Le sfide legate all'adattamento ai cambiamenti climatici delle aree urbane investono a vari livelli la comunità scientifica, i decisori pubblici, i progettisti e i pianificatori, chiamati a operare uno sforzo coordinato per l'individuazione e l'attuazione di misure di rigenerazione e di retrofit dell'ambiente costruito orientate a principi di sostenibilità e resilienza. Il volume presenta gli esiti della seconda fase del progetto di ricerca "Metropolis - Metodologie e tecnologie integrate e sostenibili per l'adattamento e la sicurezza di sistemi urbani" (PONREC 2007/2013), che definisce un quadro di strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici, utili a sviluppare gli opportuni processi metodologici e operativi necessari al controllo prestazionale degli interventi alle diverse scale, a partire dalla modellazione delle caratteristiche di vulnerabilità del sistema urbano e dalla simulazione di scenari di impatto climatico attesi.

The challenges of climate change adaptation in urban areas involve at various levels the scientific community, public decision makers, designers and planners, called to make a coordinated effort to identify and implement regeneration and retrofitting measures for the built environment oriented towards sustainability and resilience principles The book presents the final outcomes of the research project "Metropolis - Integrated and sustainable methodologies and technologies for the adaptation and safety of urban systems" (PONREC 2007/2013), defining a framework of tools and guidelines for climate risks reduction, useful to implement the appropriate methodological and operational processes needed for the performance control of the interventions at different scales, starting from the modelling of the vulnerability characteristics of the urban system and the simulation of expected climate impact scenarios.

Valeria D'Ambrosio, professore associato in Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli Federico II, svolge studi sulla progettazione ambientale e sul retrofit tecnologico alla scala edilizia e urbana. Le principali linee di ricerca riguardano i processi di riqualificazione del costruito e degli spazi aperti con l'approfondimento delle strategie ambientali e delle soluzioni progettuali per l'adattamento e la mitigazione degli impatti climatici in ambito urbano.

Mattia Federico Leone, architetto, PhD in Tecnologia dell'Architettura, svolge attività di ricerca presso il Dipartimento di Architettura e il Centro Studi Plinivs-Lupt dell'Università di Napoli Federico II sui temi della progettazione sostenibile, del retrofit energetico e tecnologico di edifici e spazi aperti, con particolare riferimento alle tecnologie per la riduzione dei rischi naturali e l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Valeria D'Ambrosio, associate professor in Architectural Technology at the Department of Architecture of the University of Naples Federico II, carries out studies on environmental design and technological retrofit at the building and urban scale. The main research topics concern the redevelopment processes of buildings and open spaces with a focus on environmental strategies and design solutions for the adaptation and mitigation of climate impacts in urban areas.

Mattia Federico Leone, architect, PhD in Architectural Technology, carries out research activities at the Department of Architecture and Plinivs-Lupt Study Centre of University of Naples Federico II in the field of sustainable design, energy and technological retrofitting of buildings and public spaces, with particular reference to the building technologies for disaster risk reduction and climate change adaptation.

ISBN 978-88-8497-641-3

27

Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change
Environmental Design for Climate Change adaptation
2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici / *2. Tools and Guidelines for Climate Risk Reduction*

Abitare il futuro / *Inhabiting the future* / 27

Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change

2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici

Environmental Design for Climate Change adaptation

2. Tools and Guidelines for Climate Risk Reduction

a cura di / edited by
Valeria D'Ambrosio
Mattia Federico Leone

Collana
Abitare il Futuro / *Inhabiting the Future*

COPIA OMAGGIO
PER LA DIFFUSIONE DELLA RICERCA

PON R&C 2007-2013 - Decreto Direttoriale n. 713/Ric. del 29 ottobre 2010 - Avviso "Distretti ad Alta Tecnologia" e Laboratori Pubblico-Privato - Titolo III.

La presente pubblicazione è stata realizzata nell'ambito del progetto Metropolis - "Metodologie e tecnologie integrate e sostenibili per l'adattamento e la sicurezza dei sistemi urbani". Codice progetto: PON03PE_00093_4. Ammesso a finanziamento con decreto di concessione prot. 791 del 06/03/2014 /
This publication was made under the Metropolis project - "Integrated and sustainable methods and technologies for resilience and safety in urban systems".

Università di Napoli Federico II
Gruppo di ricerca DiARC
DiARC Research team
Valeria D'Ambrosio (*coordinator and scientific director*), Lorenzo Boccia, Maria Cerreta, Rosa Anna Genovese, Mario Losasso, Andrea Maglio, Francesco Domenico Moccia, Maria Federica Palestino, Marina Rigillo, Salvatore Sessa, Alessandro Sgobbo, Federica Visconti; Francesco Abbamonte, Carmela Apreda, Antonia Arena, Eduardo Bassolino, Alessandra Capolupo, Barbara Cardone, Leo Conte, Antonio De Chiara, Ferdinando Di Martino, Cristian Filagrossi, Mattia Federico Leone, Roberta Mele, Giuliano Poli, Claudia Sansò, Cristina Visconti.

Con il contributo degli allievi del Progetto di Formazione Metropolis / *With the support of the Metropolis Training Program's students*
Emmanuel Castagna, Mariacaterina Castagna, Raffaele Catanese, Florestano Lace, Nicola Nappi, Simona Scandurra, Francesco Ventre.

Altri contributi / *Other contributions*
Edda Mastroianni, Vittorio Miraglia, Raffaella Ruocco.

Con il supporto di / *Supported by*
Comune di Napoli, Autorità di Bacino Campania Centrale, Protezione Civile Regione Campania.

investiamo nel vostro futuro

Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change

2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici

Environmental Design for Climate Change adaptation

2. Tools and Guidelines for Climate Risk Reduction

a cura di / edited by
Valeria D'Ambrosio
Mattia Federico Leone

Copyright © 2017 CLEAN
via Diodato Lioy 19,
80134 Napoli
tel. 0815524419
www.cleanedizioni.it
info@cleanedizioni.it
www.ebook-clean.it

Tutti i diritti riservati
È vietata ogni riproduzione / All right reserved.
No part of this publication may be reproduced in any form or by any means without permission in writing from the publisher

ISBN 978-88-8497-641-3

Finito di editare nel dicembre 2017

Editing
Anna Maria Cafiero Cosenza

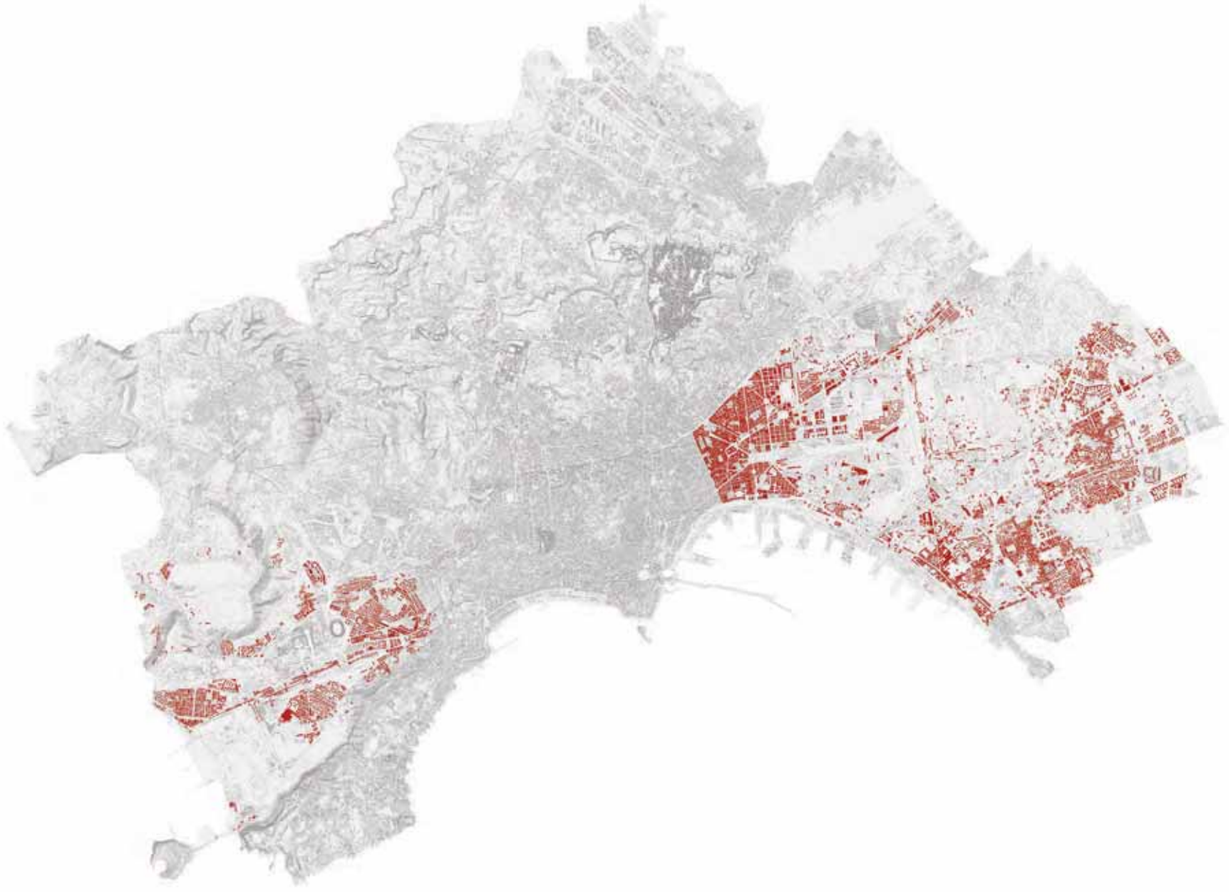
Graphic Design
Costanzo Marciano

Editing coordination
Alessandra Mennella

Copertina / Cover image
Adaptive design e rigenerazione urbana resiliente a Ponticelli, Napoli.
Adaptive design and resilient urban regeneration in Ponticelli, Napoli:
A. Lordi, W. Haolin, I. Chatzaki, C.M. Valencia.

Collana / *Book Series*
Abitare il Futuro / ***Inhabiting the Future*** / 26
diretta da / ***directed by*** Mario Losasso
Comitato scientifico / ***Scientific committee***
Petter Naess Aalborg Universitat
Fritz Neumeyer Technische Universität Berlin
Robin Nicholson Edward Cullinan Architects
Heinz Tesar Accademia di Architettura di Mendrisio
Comitato editoriale / ***Editorial board***
Agostino Bossi, Alessandro Claudi de Saint Mihiel, Valeria D'Ambrosio, Ludovico Maria Fusco, Rejana Lucci, Francesco Domenico Moccia, Maria Federica Palestino, Lia Maria Papa, Valeria Pezza, Francesco Polverino, Francesco Rispoli, Michelangelo Russo
Assistenti editoriali / ***Assistant editors***
Gilda Berruti, Mariateresa Giammetti, Enza Tersigni

Il libro è stato oggetto di *peer review*
The book has been peer-reviewed



nella pagina accanto / in the next page
Aree di studio / *Metropolis project. Study areas*, processed by Raffaella Ruocco.

Indice / *Contents*

Presentazioni / *Presentations*

8 **Progettare la città in condizioni di rischio / *Designing the city under risk conditions***
Gaetano Manfredi

10 **Approccio integrato a supporto della gestione urbana sostenibile / *Integrated approach to support sustainable urban management***
Ennio Rubino

Prefazione / *Preface*

12 Mario Losasso

Introduzione / *Introduction*

16 Valeria D'Ambrosio, Mattia Federico Leone

Strumenti e metodi per misurare la vulnerabilità e l'adattamento climatico in ambito urbano */ Tools and methods to measure climate vulnerability and adaptation in urban areas*

22 **Impatti climatici nelle aree urbane e vulnerabilità del sistema socio-fisico: Disaster Risk Reduction e Climate Change Adaptation / *Climate impacts in urban areas and vulnerabilities of the sociophysical system: Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation***
Mattia Federico Leone

32 **Processi di adattamento in ambito urbano. La Piattaforma Metropolis come strumento di supporto alle decisioni / *Adaptation processes in urban areas. Metropolis Platform as a decision support tool***
Valeria D'Ambrosio

46 **Metodologia e modello gerarchico per la valutazione della vulnerabilità climatica del sistema urbano / *Methodology and hierarchical model for the assessment of the climatic vulnerability of the urban system***
Ferdinando Di Martino, Salvatore Sessa

58 **Modelli di vulnerabilità ai fenomeni di heat wave e pluvial flooding in ambito urbano / *Heat wave and pluvial flooding vulnerability models in urban areas***
Carmela Apreda

72 **Catalogo di alternative tecniche per l'adattamento ai cambiamenti climatici / *Catalogue of technical alternatives for climate change adaptation***
Cristian Filagrossi Ambrosino, Mattia Federico Leone

Sperimentazioni applicative: il caso studio di Napoli */ Application experiments: Naples case study*

84 **Vulnerabilità e impatti climatici nei tessuti urbani: processi sperimentali / *Vulnerability and climate impacts in urban areas: experimental processes***
Valeria D'Ambrosio, Ferdinando Di Martino

106 **Soluzioni di climate-adaptive design per la riduzione degli impatti sul sistema urbano / *Climate-adaptive design solutions to reduce the impact on the urban systems***
Cristian Filagrossi Ambrosino, Carmela Apreda

126 **Soluzioni adattive condivise: un processo decisionale multi-criterio e multi-gruppo / *Shared adaptive solutions: a multi-criteria and multi-group decision-making process***
Maria Cerreta, Giuliano Poli, Roberta Mele

132 **Ponticelli Smart Lab: un ambiente ibrido per l'implementazione di approcci esperienziali al cambiamento climatico / *Ponticelli Smart Lab: a hybrid environment for the implementation of experimental approaches to climate change***
Maria Federica Palestino

140 **Cellule socio-tecniche resilienti. Sperimentazione di soluzioni tecnologiche per l'adattamento alla scala della comunità / *Socio-technical resilient cells: testing of adaptive technological solutions at community scale***
Cristina Visconti

Indirizzi per il progetto adattivo */ Adaptive design guidelines*

152 **Progettazione ambientale, rischi climatici, resilienza del costruito / *Environmental design, climate risks, resilience of the built environment***
Mario Losasso

176 **La città del Novecento: caratteri insediativi e architettonici di valore storico-documentario / *The city of the Twentieth Century: urban and architectural characters of historical and documentary value***
Andrea Maglio

186 **Impianto urbano e valori tipo-morfologici nel progetto di adattamento agli impatti del cambiamento climatico / *Urban fabric and typo-morphological values within the climate-adaptive project***
Claudia Sansò, Federica Visconti

198 **Valorizzazione della conoscenza locale nella gestione partecipata di trasformazioni sensibili agli effetti del cambiamento climatico / *Promoting knowledge in collective management of climate change-sensitive transformations***
Maria Federica Palestino

206 **Valutazioni multicriteriali interscalari: approcci e strumenti per processi decisionali adattivi / *Cross-scale multicriteria assessments: approaches and tools for adaptive decision-making processes***
Maria Cerreta, Roberta Mele, Giuliano Poli

214 **Strumenti digitali per il controllo ambientale del progetto adattivo / *Digital tools for the environmental control of the adaptive project***
Enza Tersigni

226 **Drenaggio sostenibile, infrastrutture verdi, urbanistica / *Sustainable drainage, green infrastructure, urbanism***
Francesco Domenico Moccia

236 **Dal progetto al piano: l'approccio olistico del Water Sensitive Urban Planning / *From design to planning: the holistic approach of Water Sensitive Urban Planning***
Alessandro Sgobbo

246 **Un approccio innovativo per la gestione efficace delle acque meteoriche in ambito urbano / *An innovative approach to the effective management of urban stormwater***
Francesco De Paola, Maurizio Giugni, Francesco Pugliese, Diana Fiorillo

256 **Per un "progetto di suolo" alla scala di distretto urbano / *For a "land project" at the urban district scale***
Lorenzo Boccia, Alessandra Capolupo, Marina Rigillo

266 **Patrimonio culturale, climate change e strategie per la conservazione integrata / *Cultural heritage, climate change and integrated conservation strategies***
Rosa Anna Genovese

Progettare la città in condizioni di rischio

Gaetano Manfredi
Università di Napoli Federico II - Rettore

Designing the city under risk conditions

The topic of risk in contemporary society is seen on the one hand as a condition with which we must often live with and, on the other hand, it has a particular relevance from many points of view, ranging from political to socio-economic, engineering and architectural-environmental issues. Risk occurs according to different levels and with different intensities in relation to the causes and influencing factors. In addition to the risks induced by natural and technological events, or humanitarian emergencies, environmental risks include climate change as a particularly alarming condition in contemporary reality. In the near future, the climate risk may determine peaks and extreme phenomena as well as impacts with significant duration and intensity, and it may be accompanied by the dangerous stabilization of some hazard levels, such as the increase in average temperature, the extension of periods of drought, the reduction of summer rainfall.
The management of risks and disasters is therefore a central element for the governance of the territory and of urban systems. Cities must also organize themselves to face extreme events and minimize losses, damage or reduced functionality, and serious implications for quality of life. Such complex problems affecting the urban system require the introduction of detailed knowledge and design approaches, and the joint participation of diverse scientific and operational skills alongside the activity of public decision-makers. Mitigating risks, being prepared to climate shocks and developing capacity to restore prior conditions following extreme impacts requires developing the ability to bring certain system's indicators and performance levels back to pre-impact values.
The volume Environmental Planning for Climate Change Adaptation. 2. Tools and Guidelines for Climate Risk Reduction - edited by Valeria D'Ambrosio and Mattia Federico Leone - represents a result of the research activity on the topic of natural and environmental risks developed by various Departments of the University of Naples Federico II within the Metropolis research project, implemented with OP funds in synergy with the High Technology District for Sustainable Constructions STRESS Scarl, the Municipality of Naples, the University of Sannio and several industrial partners.
The volume returns the contribution of the research group of the Department of Architecture of the University of Naples Federico II on the management of climate risk adaptation's processes in urban areas, through innovative ways of developing decision-making processes to support public administrations and operators in the built environment sector. The theme is dealt in an effective way and, returning a complex structure with multiscale and multidisciplinary guidelines, is consistently framed in the University's broader research strategies in a phase of great sensitivity for environmental issues at large.
Federico II, as a generalist University, encompasses numerous skills and expertise to deal with the complex issues of contemporaneity, in the development of both research and "third mission" activities, through which the university knowledge and activities link to the territory. In the multiplicity of risks of anthropogenic and natural origin, the specificities of the territories must be considered and, among these, the Campania Region and the Neapolitan area present particular fragility in various domains, including the vulnerability to climate risks. From this point of view, the regional context is related to the major topics in the international research agenda that identifies, among the main axes on which the scientific community operates, the topic of climate change.
In this context, the role of Architecture - and of the several disciplines that characterize it - well represents the ability to affect the territory with a civil and social commitment's value. Governing significant changes to combat climate impacts requires overcoming difficulties and acquiring the complex dimension of cities, with reference to the most degraded and most vulnerable areas. In these conditions it is not possible to separate the infrastructural and building interventions from the operational value of climate adaptation policies, since today, even more than in the past, it is important to underline the social and not only economic mission of the interventions on the territory, particularly in moments of transformation and crisis.
The management approach implemented through the adaptive design principles represents an effective support to the political, economic and social decisions, introducing innovative aspects related to the technologies for the living environments, through the acquisition and management of a large amount of data alongside with the simulation and modelling as forecasting factors for decision-making support. The role of the construction sector can be central to climate adaptation policies, and the disciplines linked to the transformation of the territory and the built environment can take on an important guiding role. Scientific-disciplinary expectations require to be directed towards plans and projects that incorporate flexible response capacities, aimed at restoring the functions of the urban system in case of damage and shock, so to improve the sustainability features of the transformations to put in place in relation to impactful events.

Il tema del rischio nella società contemporanea da un lato si configura come una condizione con cui bisogna spesso convivere, dall'altro assume particolare rilevanza da molteplici punti di vista che vanno da quello politico a quello socio-economico, ingegneristico e architettonico-ambientale. La manifestazione dei rischi avviene secondo differenti piani e con diverse intensità in relazione alle cause e ai fattori predisponenti.
Oltre ai rischi indotti da eventi naturali, tecnologici e dalle emergenze umanitarie, fra i rischi ambientali i cambiamenti climatici rappresentano una condizione particolarmente allarmante nella realtà contemporanea. Il rischio climatico potrà infatti determinare, nel prossimo futuro, picchi e fenomeni estremi nonché impatti con durata e intensità rilevanti e potrà accompagnarsi alla pericolosa stabilizzazione di alcuni livelli di impatto come per esempio l'innalzamento della temperatura media, l'estensione temporale di periodi di siccità, la riduzione delle precipitazioni estive.
La gestione dei rischi e dei disastri rappresenta quindi un elemento centrale per il governo del territorio e dei sistemi urbani. Le città devono peraltro organizzarsi per fronteggiare eventi estremi senza che questi determinino perdite, danni o funzionalità ridotte e gravi implicazioni sulla qualità della vita. Problemi così complessi che riguardano il sistema urbano richiedono di mettere in campo conoscenze e progettualità articolate e con il concorso paritetico di numerose competenze sia scientifiche che operative accanto all'attività dei decisori pubblici. Mitigare i rischi, prepararsi agli shock climatici e sviluppare capacità di ripristino delle condizioni precedenti agli impatti estremi richiede di alimentare la capacità di ricondurre alcuni indicatori e prestazioni del sistema ai valori precedenti agli impatti.
Il volume *Progettazione ambientale per l'adattamento al climate Change. 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici* - curato da Valeria D'Ambrosio e Mattia Federico Leone - rappresenta un esito dell'attività di ricerca sul tema dei rischi naturali e ambientali sviluppata da vari Dipartimenti dell'Università di Napoli Federico II all'interno del progetto di ricerca Metropolis, attuato con fondi PON in sinergia con il Distretto ad Alta Tecnologia per le Costruzioni Sostenibili STRESS Scarl, il Comune di Napoli, l'Università del Sannio e molteplici partners industriali.
Il volume restituisce l'apporto del gruppo di ricerca del Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli Federico II sulla gestione dei processi di adattamento al rischio climatico in ambito urbano attraverso innovative modalità di sviluppo dei processi decisionali di supporto a pubbliche amministrazioni e operatori del settore dell'ambiente costruito. Il tema è trattato in maniera efficace e, restituendo una struttura complessa con linee di indirizzo multiscalari e multidisciplinari, è coerentemente inquadrato nelle più ampie strategie di ricerca dell'Ateneo in un momento in cui si riscontra da più parti una grande sensibilità per i temi ambientali.
Come è noto, l'Università Federico II come Ateneo generalista possiede, al suo interno, numerose competenze e capacità per affrontare i temi complessi della contemporaneità nello sviluppo sia dell'attività di ricerca che di quella di terza missione, attraverso la quale si attua la ricaduta delle conoscenze e delle attività universitarie sul territorio.
Nella molteplicità dei rischi di carattere antropico e naturale va considerata la specificità dei territori e, tra questi, il territorio campano e quello napoletano presentano particolari fragilità in vari ambiti tra i quali quelli della vulnerabilità ai rischi climatici. Da questo punto di vista il contesto regionale si relaziona ai grandi temi della ricerca internazionale che ha individuato, fra i principali assi su cui opera la comunità scientifica, il tema del cambiamento climatico.
In questo quadro il ruolo dell'Architettura e di numerose discipline che la caratterizzano ben rappresentano la capacità di incidere sul territorio con un valore di impegno civile e sociale. Governare i cambiamenti importanti per contrastare gli impatti climatici richiede il superamento delle difficoltà e l'acquisizione della dimensione complessa delle città, con riferimento alle aree maggiormente degradate e più vulnerabili. In tali condizioni non è possibile enucleare gli interventi infrastrutturali ed edilizi da quello che è il valore operativo delle politiche di adattamento climatico, poiché oggi, ancora più che in passato, è importante sottolineare la missione sociale e non solo economica degli interventi sul territorio, particolarmente in momenti di trasformazione e di crisi.
La gestione attuata attraverso l'*adaptive design* rappresenta l'efficace supporto alle decisioni politiche, economiche e sociali introducendo aspetti innovativi legati alle tecnologie per gli ambienti di vita attraverso l'acquisizione e la gestione di una elevata quantità di dati accanto alla simulazione e modellizzazione come fattori previsionali per il governo del processo decisionale. Il ruolo del settore delle costruzioni può ritornare centrale nelle politiche di adattamento climatico e le discipline legate alle trasformazioni del territorio e dell'ambiente costruito possono assumere un importante ruolo di indirizzo.
Le aspettative scientifico-disciplinari richiedono di essere indirizzate verso piani e progetti che incorporino capacità di risposta flessibili e finalizzate al ripristino delle funzionalità del sistema urbano in caso di danni e shock, perché ciò che deve caratterizzare il sistema di trasformazioni durante e dopo gli eventi impattanti risulti più sostenibile di altre opzioni.

Approccio integrato a supporto della gestione urbana sostenibile

Ennio Rubino
Distretto Tecnologico per le Costruzioni Sostenibili Stress Scarl - Presidente

Integrated approach to support sustainable urban management

The 2030 Agenda for Sustainable Development, published by the UN and signed by the governments of 193 countries in September 2015, definitely overcomes the idea that sustainability is only an environmental issue, and reiterates that it is important to harmonize three fundamentals factors to achieve sustainable development: economic growth, social inclusion and environmental protection, with particular emphasis on increasing the resilience of urban systems.
Starting from the observation that by 2030 almost 60% of the world's population will live in urban areas and that those - even if covering only 3% of the earth's surface - are responsible for 60-80% of energy consumption and 75% of carbon emissions, the Agenda proposes, for 2030, a series of objectives and milestones that highlight the central role of cities for a sustainable development.
In particular, one of the identified objectives is to «make cities inclusive, safe, resilient and sustainable». To this objective refers one of the intermediate targets, expected for 2020, which is to «substantially increase the number of cities and human settlements adopting and implementing integrated policies and plans towards inclusion, resource efficiency, mitigation and adaptation to climate change, resilience to disasters, and develop and implement, in line with the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030».
Increasing resilience and adaptation to risks associated with climate and natural disasters is therefore a principle that can not be disregarded to ensure sustainable growth for our Natural Capital.
Starting from the same considerations, since 2013, the STRESS Technology District proposed, with the Metropolis Project, an integrated and sustainable approach aimed at managing and mitigating anthropogenic and natural risks in metropolitan areas. The project had two main objectives: the definition of methodologies for urban risk assessment and the development of innovative and sustainable technologies for the reduction of these risks.
One of the most interesting results of the project was the creation of an integrated decision support tool that allows to address the mitigation strategies of climate change effects and other natural hazards. Through a multidisciplinary approach, the developed platform suggests, based on the characteristics of the built environment or the different urban areas analysed, the possible solutions aimed at reducing the effects of climate change and, in general, increasing the resilience of urban systems by proposing, at the same time, the optimal solutions for increasing the energy efficiency of buildings.
As part of a collaboration agreement between STRESS and the Municipality of Naples, the platform developed within the Metropolis project has been validated on East and West Napoli urban areas. The continuation of this collaboration would be desirable if the Municipality or the Region wished to undertake concrete urban redevelopment interventions aimed at reducing risks.
In fact, widespread interventions on the built environment are clearly needed, since the issue of structural and technical systems' obsolescence in public and private assets can no longer be postponed. Through the support to interventions on the building stock, by implementing integrated policies for sustainable development at urban scale, the role of the High Technology District for sustainable building can be enhanced. The collaboration between academic research and industry, aimed at the innovation of an important sector such as construction, can only have positive impacts for economic growth. At the same time, the integration of the various skills of the company structure, which include, in addition to the traditional ones for the construction sector, also specific expertise related to some of the Key Enabling Technolgies (ICT, Advanced Materials and Advanced Production Systems - Industry 4.0) guarantee the safety and protection of the environment by supporting social inclusion with particular reference to vulnerable groups such as elderly and people with disabilities.
This multidisciplinary and integrated approach, currently incentivized by financial instruments such as the Eco-bonus and the Earthquake-bonus, mobilising tens of billions in the retrofitting private market, is also proposed on a European scale in the various multi-annual programs from the European Commission.
Since its inception STRESS has manifested its international vocation, successfully participating in several research projects under the 7th Framework Programme and the Horizon 2020 Programme, confirming the relevance of an integrated approach to the theme of sustainable redevelopment of built environment.

L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, pubblicata dall'ONU e sottoscritta nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi, supera definitivamente l'idea che la sostenibilità sia unicamente una questione ambientale e ribadisce che per raggiungere uno sviluppo sostenibile è importante armonizzare tre fattori fondamentali: la crescita economica, l'inclusione sociale e la tutela dell'ambiente, ponendo particolare enfasi all'incremento della resilienza dei sistemi urbani.
Partendo dalla constatazione che entro il 2030 quasi il 60% della popolazione mondiale abiterà in aree urbane e che queste ultime, pur occupando solamente il 3% della superficie terrestre, sono responsabili del 60-80% del consumo energetico e del 75% delle emissioni di carbonio, l'Agenda propone, per il 2030, una serie di obiettivi e di traguardi intermedi che evidenziano la centralità del ruolo delle città per lo sviluppo sostenibile.
In particolare, uno degli obiettivi individuati prevede di «rendere le città inclusive, sicure, durature e sostenibili», a tale obiettivo fa riferimento uno dei traguardi intermedi, previsto per il 2020, che è quello di «aumentare considerevolmente il numero di città e insediamenti umani che adottano e attuano politiche integrate e piani tesi: all'inclusione, all'efficienza delle risorse, alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici, alla resistenza ai disastri, e che promuovono e attuano una gestione olistica del rischio in linea con il Quadro di Sendai per la Riduzione del Rischio di Disastri 2015-2030».
Incrementare la resilienza e la capacità di adattamento ai rischi legati al clima e ai disastri naturali rappresenta, quindi, un principio dal quale non si può prescindere per assicurare al nostro Capitale Naturale una crescita sostenibile.
Partendo dalle stesse considerazione già dal 2013 il Distretto Tecnologico STRESS proponeva, con il Progetto Metropolis, un approccio integrato e sostenibile finalizzato alla gestione ed alla mitigazione dei rischi, antropici e naturali, per le aree metropolitane.
Il progetto si proponeva due obiettivi principali: la definizione di metodologie per la valutazione dei rischi a scala urbana e lo sviluppo di tecnologie innovative e sostenibili per la riduzione di tali rischi.
Uno dei risultati più interessanti del progetto è stata la realizzazione di uno strumento integrato di supporto alle decisioni che consente di indirizzare le strategie di mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici e degli altri rischi naturali. Attraverso un approccio multidisciplinare la piattaforma sviluppata suggerisce, in funzione delle caratteristiche del patrimonio edificato o dei diversi ambiti urbani analizzati, le possibili soluzioni volte alla riduzione degli effetti dei cambiamenti climatici e, in generale, all'incremento della resilienza dei sistemi urbani proponendo, al tempo stesso, le soluzioni ottimali per l'incremento dell'efficienza energetica del patrimonio costruito.
Nell'ambito di un accordo di collaborazione tra STRESS ed il Comune di Napoli, la piattaforma sviluppata nel progetto Metropolis è stata validata sulle aree urbane di Napoli est e Napoli ovest; sarebbe auspicabile il prosieguo di tale collaborazione qualora il Comune o la Regione volessero intraprendere interventi concreti di riqualificazione urbana volti alla riduzione dei rischi.
Risulta, infatti, quanto mai necessario intervenire sul patrimonio costruito; la questione dell'obsolescenza strutturale e impiantistica del patrimonio pubblico e privato non può più essere rinviata. Proprio attraverso il supporto ad interventi sul patrimonio edilizio, in attuazione di politiche integrate per lo sviluppo sostenibile a scala urbana, può essere valorizzato il ruolo del Distretto ad Alta Tecnologia per l'edilizia sostenibile. La collaborazione tra il mondo della ricerca e quello dell'industria, volta all'innovazione di un comparto importante come quello delle costruzioni, non può che avere impatti positivi per la crescita economica. Allo stesso tempo, l'integrazione delle diverse competenze della compagine societaria, che includono, oltre a quelle tradizionali per il settore delle costruzioni, anche specifiche competenze connesse ad alcune delle *Key Enabling Technolgies* (ICT, Materiali avanzati e Sistemi di produzione avanzata - Industria 4.0) garantiscono la sicurezza e la tutela dell'ambiente supportando l'inclusione sociale con particolare riferimento a categorie vulnerabili quali persone con invalidità ed anziani.
Tale approccio multidisciplinare ed integrato, attualmente incentivato da strumenti finanziari come l'Eco-bonus ed il Sisma-bonus che mobilitano decine di miliardi nel mercato delle ristrutturazioni private, è quello proposto anche a scala europea nei diversi programmi pluriennali comunitari.
Sin dalla sua nascita STRESS ha manifestato la propria vocazione internazionale, partecipando con successo a numerosi progetti di ricerca sia del 7° Programma Quadro che del Programma Horizon 2020, che hanno confermato la validità di un approccio integrato al tema della riqualificazione sostenibile del patrimonio costruito.

Prefazione

Mario Losasso
Università di Napoii Federico II, Dipartimento di Architettura - Direttore

Preface

The research project "Metropolis - Integrated and Sustainable Metodologies and Technologies for the Adaptation and Safety of Urban System", has been an important opportunity for the DiARC - Department of Architecture at the University of Naples Federico II, for the progress of research on the topics of risk reduction in the built environment, providing analysis and methods for a tangible impact on society and territories in relation to the University's third mission activity. The Metropolis project has also determined an effective synergy between different institutions, such as the Technological District on Construction within the STRESS Consortium, the City of Naples, DiARC, Unisannio, as well as numerous national and International partners.
As part of the Metropolis project, in turn, the research group of the Department of Architecture has worked in a cohesive manner, making use of the contribution of several disciplines, from the technological and environmental design and from urban planning to architectural design, from the history of architecture to restoration and IT. By constructing integrated approaches and developing homogeneous and innovative research outcomes, important conclusive results have been achieved, reported in the present volume. Environmental Design for Climate Change Adaptation. 2. Tools and Guidelines for Climate Risk reduction.
The volume has been effectively edited according to original scientific angles by Valeria D'Ambrosio and Mattia Federico Leone, providing a solid cognitive and design perspective on the themes of adaptation to climate impacts in urban areas. The various sections take into account the several multidisciplinary contributions: this setting not only enriched the topic with various converging scientific contributions, but represented the necessary transition to the construction of scenarios and operational models to address climate change adaptation design strategies.
The work of the book editors and contributors has the merit of identifying one of the focal points in which to place the architectural research on climate impacts in urban contexts today. The gap between information and data in a large area and those deriving from more detailed information highlights the need for planning strategies and interpretations to be accompanied by field studies, assessment indicators and knowledge elements to govern the addresses on what to do and how to intervene on buildings, open spaces, complex residential units, urban districts.
Only an advancement of the research and an in-depth multiscale analysis between design and planning choices can provide, in fact, adequate answers to many open questions: which is in fact the conforming dimension (in terms of territorial extension, of urban homogeneity, of settled population) responding to environmental performance-based criteria of an adaptation intervention so that it can be impactful and measurable through appropriate vulnerability indicators? What are the characteristics and performance of the building that must be documented and measured so to have a detailed picture of the most vulnerable points and parts that require targeted interventions? What are the areas within an urban district in which to allocate resources efficiently and to foresee interventions whose impact on climate adaptation is really verified? What are the levels of intensity and extent of interventions, such as operational scales and required interconnections in design choices, consistent with appropriate environmental design strategies? What are the building and environmental retrofit addresses to adopt so that the climate risk condition is incorporated as a preliminary aspect in the meta-design and design approaches for adaptation, with the aim of an actual reduction of climate vulnerability?
To these questions, typical of a decision-making process that takes into account aspects of disciplinary autonomy and heteronomy, Metropolis research has sought to provide adequate answers, identifying lines of investigation capable of determining innovations in the approach to the issue of reducing climate vulnerability and that are reflected in the organization of the volume. Its structure has been set by the editors starting from the scientific assumption that, in the study of the issues related to the climatic impacts on the built environment, the environmental design is, for its disciplinary tradition and for the significant advancement of the specific skills on these themes, appointed to constitute a reference field to which to attribute a capacity for cohesion of the numerous other knowledge expertise involved. The climate crisis requires thinking and acting through eco-systemic, performance-based, procedural and experimental approaches - all identifying factors of the disciplinary field - in order to overcome the existing cognitive gaps both on the topic itself, and between the various intervention scales as well as among the various actors of urban transformation processes. The design of climate change adaptation is an address for the architectural project that, already in its meta-design phase, must pose the problem of incorporating unconventional content to induce adaptation to climate impacts through the reduction of multiple vulnerabilities of exposed assets and population. In fact, the environmental design has the specific aim of protecting the environment according to multiscale methods and therefore constitutes a cultural crossroad able to dialogue with the numerous design disciplines, where environmental issues constitute the nodal point of the research.
This volume completes the topics addressed in the first

Il progetto di ricerca Metropolis - MEtodologie e Tecnologie integRate e sOstenibili Per l'adattamentO e La sIcurezza di Sistemi urbani, ha rappresentato per il DiARC - Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli Federico II, un'opportunità per l'avanzamento della ricerca sui temi della riduzione dei rischi per l'ambiente costruito, prefigurando analisi e modalità per ricadute tangibili nella società e nei territori in relazione all'attività di terza missione dell'Università. Il progetto Metropolis ha inoltre determinato una efficace sinergia tra diversi soggetti, quali il Distretto ad alta Tecnologia per le Costruzioni sostenibili (Consorzio STRESS), il Comune di Napoli, il DiARC Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli Federico II, Unisannio e numerosi partners nazionali e internazionali. Nell'ambito del progetto Metropolis, a sua volta, il gruppo di ricerca del Dipartimento di Architettura ha lavorato in maniera coesa, avvalendosi del contributo di più discipline dalla Progettazione tecnologica e ambientale e dall' Urbanistica alla Progettazione Architettonica, dalla Storia dell'Architettura al Restauro e all'Informatica. Costruendo approcci integrati e sviluppando esiti di ricerca omogenei e innovativi, sono stati raggiunti importanti risultati conclusivi, riportati nel presente volume *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici*.
Il volume è stato curato in maniera efficace e secondo originali angolazioni scientifiche da Valeria D'Ambrosio e Mattia Federico Leone, fornendo un solido impianto cognitivo e di prospettiva progettuale sui temi dell'adattamento agli impatti climatici in ambito urbano. Le diverse parti del testo tengono nel giusto rilievo i diversi contributi multidisciplinari: tale impianto non solo ha arricchito la tematica di vari apporti scientifici convergenti, ma ha rappresentato il passaggio necessario alla costruzione di scenari e modelli operativi per indirizzare le strategie progettuali di adattamento al *climate change*.
Il lavoro dei curatori e degli autori dei contributi ha il pregio di individuare uno dei punti focali in cui collocare oggi la ricerca architettonica sugli impatti climatici nei contesti urbani. Il gap esistente fra informazioni e dati di area vasta e quelli derivanti da approfondimenti di maggior dettaglio, sottolinea la necessità che le interpretazioni e le strategie di pianificazione debbano essere necessariamente affiancate da verifiche sul campo, nonché da indicatori di valutazione ed elementi di conoscenza per governare gli indirizzi su cosa fare e come intervenire su edifici, spazi aperti, unità residenziali complesse, distretti urbani. Solo un avanzamento della ricerca e un approfondimento di carattere interscalare fra le scelte di piano e quelle di progetto può fornire, infatti, adeguate risposte a molti quesiti aperti di seguito riportati. Quale è infatti la dimensione conforme (in termini di estensione territoriale, di omogeneità urbana, di popolazione insediata) rispondente ad approcci *environmental performance based* di un intervento di adattamento affinché esso possa essere incisivo e del quale si possano misurare gli esiti attraverso appropriati indicatori di vulnerabilità? Quali sono le caratteristiche e le prestazioni del costruito che bisogna documentare e misurare affinché si abbia un quadro dettagliato delle parti e dei punti più vulnerabili che richiedono interventi mirati? Quali sono i punti, all'interno di un distretto urbano nei quali allocare risorse in maniera efficiente e prevedere interventi la cui incidenza di adattamento climatico sia realmente verificata? Quali sono i livelli di intensità ed estensione degli interventi, quali le scale operative, quali le interconnessioni richieste nelle scelte progettuali, coerenti con un appropriato *environmental design*? Quali sono gli indirizzi di retrofit tecnologico da adottare affinché la condizione del rischio climatico sia incorporata in chiave preliminare negli approcci metaprogettuali e progettuali per l'adattamento, con l'obiettivo di una concreta riduzione della vulnerabilità climatica dei distretti e degli elementi urbani?
A tali interrogativi, propri di processo di tipo decisionale che tenga conto di aspetti di autonomia ed eteronomia disciplinare, la ricerca Metropolis ha cercato di restituire adeguate risposte, individuando linee di approfondimento capaci di determinare innovazioni nell'approccio alla tematica della riduzione della vulnerabilità climatica e che si rispecchiano nell'organizzazione del volume. La sua struttura è stata impostata dai curatori partendo dal presupposto scientifico che, nello studio delle tematiche legate agli impatti climatici sull'ambiente costruito, l'ambito della Progettazione ambientale è, per la sua tradizione disciplinare e per il significativo avanzamento delle specifiche competenze su tali temi, deputato a costituire un campo di riferimento al quale attribuire una capacità di coesione per i numerosi altri saperi coinvolti. La crisi climatica impone di pensare ed agire in termini eco-sistemici, esigenziali-prestazionali, processuali e sperimentali - fattori identificativi del campo disciplinare - al fine di superare i gap cognitivi esistenti sia sull'argomento, sia tra le varie scale di intervento oltre che tra i vari operatori dei processi di trasformazione urbana. La progettazione dell'adattamento al *climate change* rappresenta un indirizzo per il progetto architettonico che, già nella sua fase metaprogettuale, deve porsi il problema di incorporare contenuti non convenzionali per indurre l'adattamento agli impatti climatici attraverso la riduzione di molteplici vulnerabilità della popolazione e dei beni esposti. La progettazione ambientale ha infatti come proprio focus disciplinare la finalità della salvaguardia dell'ambiente secondo modalità interscalari e costituisce, quindi, un crocevia culturale capace di dialogare con le numerose discipline del progetto laddove le tematiche ambientali costituiscono il punto nodale della ricerca.
Il presente volume completa i temi affrontati nella prima pubblicazione dal titolo *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza*, in cui gli stessi curatori hanno affrontato una conoscenza

publication entitled Environmental Design for Climate Change Adaptation. 1. Innovative Models for the Production of Knowledge, in which the curators themselves have explored a thorough and multidisciplinary knowledge approach as a basis for investigating the phenomena in their impacts and contexts with respect to the levels of vulnerability.
Starting from the configuration of the complex knowledge system developed the first phase, the conclusion of the research provides numerous thematic and design frameworks. The need to return effective responses to climate impacts to the local scale derives from the objectives set by various technical policy documents of international organizations and the European Union, from the IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, up to the EEA - European Environment Agency. In the technical policy guidelines, the most critical issues are identified on the cognitive deficits, on the effects of climate change and on the lack of collaboration between institutional subjects and different stakeholders. The need to incorporate the issues of climate impacts into the ordinary funding policies of land transformation processes is also a priority together with the development of the necessary innovation in an age of scarce resources and multiple crisis factors. The international concern on the progress of the impacts therefore requires an incisive and rapid adaptation action in the urban contexts through appropriate interventions of retrofit of the built environment, in the certainty that the actions on the mitigation of the causes that induce climate change will have results only in the long term.
Within the framework of the possible critical issues induced by the projections, far from reassuring the evolution of climate risks to the urban scale, in the volume Environmental Design for Climate Change Adaptation. Tools and Guidelines for Climate Risk reduction the thesis on the importance of governance of the decision-making process are supported both to provide answers deriving from the knowledge-design binomial, implemented through downscaling processes with respect to the choices of large area planning, and as a component of the more general building process for climate change adaptation. The decision-making process is crucial because it is the place where various sub-processes of knowledge, meta-design and planning of urban climate adaptation converge and interact.
One of the original products of the study is the elaboration of the Operational Model of the decision-making process, aimed at configuring scenarios to reduce the vulnerability of the physical system and the population through the meta-design of adaptation interventions, consistent with the local characteristics and the wider socio-economic and territorial strategies. The hierarchical model for the assessment of vulnerability is an operational decision-making model for adaptation, and uses large databases of structured information. From their elaboration tools to support decisions are derived in the areas of knowledge, vulnerability

approfondita e multidisciplinare quale base per indagare i fenomeni climatici nei loro impatti e i contesti rispetto ai livelli di vulnerabilità. A partire dalla configurazione di un complesso sistema di conoscenze che ha interessato la prima fase, la conclusione della ricerca fornisce numerosi inquadramenti tematici e progettuali. La necessità di restituire alla scala locale efficaci risposte agli impatti climatici deriva dagli obiettivi posti da diversi documenti di politica tecnica di organismi internazionali e dell'Unione Europea, da quelli dell'IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, fino a quelli dell'EEA - European Environment Agency. Negli indirizzi di politica tecnica le maggiori criticità sono individuate nei deficit cognitivi sugli effetti del *climate change* e sulla scarsa collaborazione fra soggetti istituzionali e diversi stakeholder. La necessità di incorporare le tematiche degli impatti climatici nelle politiche di finanziamento ordinario dei processi di trasformazione del territorio costituisce inoltre una priorità al pari dello sviluppo dell'innovazione necessaria in un'epoca di risorse scarse e di molteplici fattori di crisi. La preoccupazione internazionale sul progredire degli impatti richiede dunque una incisiva e rapida azione di adattamento dei contesti urbani attraverso appropriati interventi di retrofit tecnologico dell'ambiente costruito, nella certezza che le azioni sulla mitigazione delle cause che inducono il *climate change* avranno esiti solo a lungo termine.
All'interno del quadro delle possibili criticità indotte dalle proiezioni tutt'altro che rassicuranti sull'evoluzione dei rischi climatici alla scala urbana, nel volume *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici* viene sostenuta la tesi sull'importanza della *governance* del processo decisionale sia per fornire risposte derivanti dal binomio conoscenza-progetto attuato tramite processi di *downscaling* rispetto alle scelte di planning area vasta, sia come componente del più generale processo edilizio per l'adattamento al cambiamento climatico. Il processo decisionale è cruciale perché in esso convergono e interagiscono i vari sotto-processi di conoscenza, di metaprogettazione e progettazione dell'adattamento climatico urbano. Uno dei prodotti originali dello studio è costituito dall'elaborazione del Modello operativo del processo decisionale finalizzato alla configurazione degli scenari di riduzione della vulnerabilità del sistema fisico e della popolazione attraverso la metaprogettazione di interventi di adattamento, coerenti con le caratteristiche locali e con le più ampie strategie socioeconomiche e territoriali. Il Modello di tipo gerarchico per la valutazione della vulnerabilità è un modello operativo del processo decisionale per l'adattamento e utilizza ampi data base di informazioni strutturate. Dalla loro elaborazione derivano strumenti di supporto alle decisioni negli ambiti della conoscenza, della valutazione della vulnerabilità e dell'indirizzo per gli interventi di *adaptive design*, condivisi nella Piattaforma Metropolis. La piattaforma descrive l'esito dimostratore della ricerca, in cui sono messi in condivisione dati ed elaborati su conoscenza, vulnerabilità e scenari di adattamento ai fenomeni di ondata di calore e *pluvial flooding*. Linee d'indirizzo e soluzioni-tipo costituiscono ulteriori strumenti di supporto alle decisioni per affrontare in maniera innovativa il problema dell'adattamento climatico dei sistemi urbani. Da questo punto di vista il prodotto originale della ricerca fornisce una evidente risposta ai gap cognitivi, di informazione e di progettualità richiamati nei documenti della comunità scientifica internazionale.
Il volume fornisce dunque un inquadramento della tematica degli impatti climatici e dei processi di adattamento, sviluppando l'elaborazione originale di una modellizzazione operativa del processo decisionale, attuando da un lato sperimentazioni applicative nell'area di Napoli est ed ovest, dall'altro indirizzi per la valutazione degli esiti e per le modalità operative dell'*adaptive design* rispetto agli impatti climatici, prefigurando inoltre una metodologia esportabile. L'interesse del libro rispecchia la profonda attualità della ricerca: si tratta di un tema particolarmente sensibile in campo internazionale e nazionale, che è attualmente messo a fuoco da parte di molte componenti scientifiche ma che solo recentemente si sta misurando con le ricadute alla scala distrettuale e architettonico-ambientale.
A partire da questo inquadramento, il volume lascia comprendere quanto sia necessario un passaggio concettuale e culturale nell'approccio architettonico al problema dell'adattamento climatico, che richiede di interagire con il campo dei database strategici, individuando modalità originali per la loro gestione finalizzata all'*adaptive design*.
Il supporto alle decisioni politiche, economiche, sociali e degli ordinamenti spaziali architettonici viene proposto attraverso la piattaforma, aggiornabile e interrogabile, di dati sulla vulnerabilità e sugli scenari futuri. L'immissione nel progetto urbano e architettonico del valore fondamentale costituito dalle scelte di adattamento climatico è necessaria per affrontare, in forme non convenzionali, le problematiche legate alla trasformazione del sistema urbano in relazione agli impatti climatici.
Per questo motivo le aspettative scientifico disciplinari richiedono di essere orientate a piani e progetti di adattamento che incorporino flessibilità e capacità di risposta, valorizzando la conoscenza, la partecipazione, l'innovazione tecnologica, gli strumenti di simulazione IT ed altre forme di arricchimento dei contenuti progettuali. La sfida ambientale si misurerà su quanto la progettazione in campo architettonico e urbanistico saprà accogliere all'interno dei suoi fondamenti costitutivi tali temi, mantenendo il senso di prospezione futura che è insito nel concetto stesso di progetto.

assessment and address for adaptive design interventions, shared in the Metropolis Platform. The Platform describes the demonstrative outcome of the research, in which data are shared and elaborated on knowledge, vulnerabilities and adaptation scenarios in relation to heat wave and pluvial flooding phenomena. Guidelines and standard solutions are additional decision support tools to tackle the problem of climate adaptation of urban systems in an innovative way. From this point of view, the original research product provides a clear answer to the cognitive, information and design gaps highlighted in the documents of the international community.
The volume thus provides an overview of the issue of climate impacts and adaptation processes, developing the original elaboration of an operational modelling of the decision-making process, implementing on the one hand application experiments in the area of east and west Naples, on the other the addresses for the evaluation of the outcomes, providing guidance on the operative modalities of the active design with respect to the climatic impacts, also prefiguring an exportable methodology. The interest of the book reflects the profound relevance of the research: it is a particularly sensitive issue at the international and national level, which is currently focused on by many scientific components but which is only recently being measured with the effects on the district and architectural-environmental scales. Starting from this framework, the volume allows us to understand how much a conceptual and cultural transition in the architectural approach to the climate adaptation problem is necessary, which requires interacting with the field of strategic databases, identifying original methods for their management aimed at adaptive design solutions. Support for political, economic, social and architectural spatial arrangements is proposed through the platform, fed with updatable and queriable data on vulnerability and future scenarios. The entry into the urban and architectural project of the fundamental value constituted by the choices of adaptation is necessary to face, in unconventional ways, the problems related to the transformation of the urban system in relation to the climatic impacts. For this reason, scientific disciplinary expectations require to be oriented to adaptation plans and projects that incorporate flexibility and responsiveness, enhancing knowledge, participation, technological innovation, IT simulation tools and other forms of enrichment of design contents. The environmental challenge will be measured on how much the architectural design and urban planning will be able to welcome these themes within its foundations, maintaining the sense of future prospecting that is inherent in the etymological meaning of the word "project" itself.

Introduzione

Valeria D'Ambrosio, Mattia Federico Leone

Introduction

The urban physical system, consisting of buildings and open spaces - organized according to urban districts structured mainly through the aggregations of complex urban elements and urban blocks - presents different scales of interpretation and interpretative modalities of the various levels of climatic vulnerability. In the most recent models of environmental and climate risk management, vulnerability is no longer considered a derivative of factors such as hazard and exposure, but is mainly assessed for the intrinsic factors of the characteristics and performance of the settlement, buildings and open spaces. This basic choice adheres to the position according to which it is precisely the physical and functional qualities of urban districts - and above all of the buildings and open spaces - to define in the first instance the degree of vulnerability, to which the extent of impacts due to extreme weather phenomena such as pluvial flooding and heat wave.
The growing awareness of how these complex correlations conflict with the necessarily simplifying approach that, in large area planning, relates the vulnerability to macro-characterizations and to macro-behaviors of the built environment in relation to climate impact scenarios. On the basis of an in-depth analysis which correlates physical and performance data, taking into account different geomorphological conditions, state of infrastructures and networks, as well as construction and degradation of buildings and spaces, the need to find detailed features and performances - that large-scale approaches fail to contemplate - is highlighted being the vulnerability linked above all to the constitutive and intrinsic factors of the built environment, it is essential to have a high and detailed number of data obtainable only starting from downscaling processes, in order to address the assessment of the vulnerability and its reduction through the design of adaptation measures tailored to the characteristics of the contexts and the needs of the socio-economic system.
The responses to impacting climatic phenomena are differentiated and subordinated to the characteristics of the settlement principle of the urban districts, of the traces, of the morphological and technological aspects, as well as of the building density, of the form factor of the buildings, of their height and of the treatment on the ground surfaces of open spaces, just to mention some of the main conditioning factors. This explains why in the urban context, with the same intensity and duration of a climatic phenomenon, there are different impacts depending on the districts or their parts. There are other elements that contribute to the degree of intrinsic vulnerability to pluvial flooding, heat wave and drought - among the main emerging phenomena related to climate change - such as materials with their thermal capacity and surface characteristics, technical-constructive solutions, treatment of the open spaces, the green spaces, the characteristics and the exposure of the residential units, the relationship of the buildings with the ground, the technical systems' solutions, the technological networks, the infrastructural systems.
The picture is therefore highly complex and the settlement, typological and constructive principles are decisive, since the compact urban parts, for example, are climate-responsive, being equipped with a layout that determines optimal conditions of shadings and natural ventilation of the buildings. The historical city, moreover, has been conceived with massive construction techniques and building types that contemplate buffer spaces that positively act on the internal and urban microclimate. We can understand how all premodern architecture is generally more climate-efficient than modern and contemporary architecture, which instead has an urban structure and a settlement principle not related to the environmental context, not in dialogue with environmental flows and not designed to be a microclimatic device independent of the technical systems' contributions.
Compared to the consolidated and compact city, the newly developed physical urban system is more vulnerable to climate impacts by having decoupled from the relationship with the environment both the settlement principle and the constructive characteristics of urban parts, buildings and open spaces. Modern and contemporary urban districts require a more demanding application of adaptive design processes with technological and environmental retrofit interventions in order to improve the characteristics and performance of settlements that are badly suited to "absorb" an adequate intensity of disturbance due to the effects of climate change.
The concept of adaptation is in fact defined by the IPCC as "adjustment in natural or human systems in response to actual or expected climatic stimuli or their effects, which moderates harm or exploits beneficial opportunities".
Adaptation in generally poorly resilient conditions is therefore complex, articulated and not reducible to the sum of the services offered by individual buildings or open spaces downstream of the interventions. To grant the effectiveness of a necessarily holistic adaptation approach as well as focused on the measurability of individual retrofit interventions, the conventional design approach must be modified, as the adaptation must be expected to be durable and capable of being implemented if unforeseen deficits occur, as climate events in the coming decades may have substantial margins of unpredictability.
The reduction of vulnerability requires to be coupled with adaptation goals which in turn must be combined with mitigation goals. This aspect requires the project to achive

Il sistema fisico urbano, costituito da edifici e spazi aperti - organizzati secondo distretti urbani strutturati prevalentemente attraverso le aggregazioni di elementi urbani complessi e isolati urbani - presenta differenti scale di lettura e di modalità interpretative dei vari livelli di vulnerabilità climatica. Nei modelli più recenti di *risk management* ambientale e climatico, la vulnerabilità non è più considerata una derivata di fattori quali *hazard* ed esposizione ma viene vagliata soprattutto per i fattori intrinseci delle caratteristiche e delle prestazioni dell'insediamento, degli edifici e degli spazi aperti. Questa scelta di fondo aderisce alla posizione secondo cui sono proprio le qualità fisiche e funzionali dei distretti urbani - e soprattutto del sistema edifici e spazi aperti - a definire in prima istanza il grado di vulnerabilità, al quale viene associata l'entità degli impatti dovuti a fenomeni climatici estremi come il *pluvial flooding* e l'*heat wave*.
La sempre maggiore consapevolezza di quanto queste complesse correlazioni confliggano con l'approccio necessariamente semplificante che, nella pianificazione di area vasta, rapporta la vulnerabilità a macro-caratterizzazioni e a macro-comportamenti del costruito in relazione a scenari di impatto climatico. In base ad analisi approfondite nella correlazione con dati fisici e prestazionali e tenuto conto di differenti condizioni geomorfologiche, di stato delle infrastrutture e delle reti, nonché costruttive e di degrado di edifici e spazi, si evidenzia la necessità di reperire caratteristiche e prestazioni dettagliate, che approcci di larga scala non riescono a contemplare. Per la valutazione della vulnerabilità legata soprattutto a fattori costitutivi e intrinseci dell'ambiente costruito, è essenziale disporre di un numero decisamente elevato e dettagliato di dati ottenibili solo a partire da processi di *downscaling*, al fine di indirizzare la valutazione della vulnerabilità e la sua riduzione attraverso la progettazione dell'adattamento mirata alle caratteristiche dei contesti e alle esigenze del sistema socio-economico.
Le risposte a fenomeni climatici impattanti sono differenziate e subordinate alle caratteristiche del principio insediativo dei distretti urbani, dei tracciati, degli aspetti tipo-morfologici e tecnologici, nonché della densità edilizia, del fattore di forma degli edifici, della loro altezza e del trattamento al suolo degli spazi aperti, solo per citare alcuni dei principali fattori condizionanti. Ciò spiega perché nel contesto urbano, a parità di intensità e durata di un fenomeno climatico, si hanno impatti differenti a seconda dei distretti o di loro parti. Esistono altri elementi che contribuiscono al grado di vulnerabilità intrinseca a *pluvial flooding*, *heat wave* e siccità - fra i principali fenomeni emergenti legati al *climate change* - quali i materiali con la loro capacità termica e le caratteristiche superficiali, le soluzioni tecnico-costruttive, il trattamento degli spazi aperti, gli spazi verdi, le caratteristiche e l'esposizione degli alloggi, la relazione degli edifici con il suolo, le soluzioni impiantistiche, le reti tecnologiche, i sistemi infrastrutturali.
Il quadro è quindi notevolmente complesso e i principi insediativi, tipologici e costruttivi sono determinanti, poiché le parti urbane compatte, per esempio, si rivelano *climate-responsive*, essendo dotate di un tracciato che determina ottimali condizioni di soleggiamento e di ventilazione naturale degli edifici. La città storica peraltro è stata concepita con tecniche costruttive massive e tipologie edilizie che contemplano spazi *buffer* che agiscono positivamente sul microclima interno e urbano. Si comprende come tutta l'architettura premoderna sia, generalmente, climaticamente più efficace di quella moderna e contemporanea, che ha invece un impianto urbano e un principio insediativo poco relazionati al contesto ambientale, non dialoganti con i flussi ambientali e non concepiti per essere un dispositivo microclimatico indipendente dagli apporti impiantistici. Rispetto alla città consolidata e compatta, il sistema urbano fisico di recente concezione è più vulnerabile nei confronti degli impatti climatici per aver disaccoppiato dal rapporto con l'ambiente sia il principio insediativo che le caratteristiche costruttive di parti urbane, edifici e spazi aperti. I distretti urbani moderni e contemporanei richiedono una più impegnativa applicazione di processi di *adaptive design* con interventi di retrofit tecnologico e ambientale al fine di migliorare caratteristiche e prestazioni di insediamenti poco adatti ad "assorbire" una adeguata intensità di perturbazione dovuta agli effetti del cambiamento climatico.
Il concetto di adattamento è infatti definito dall'IPCC come "un aggiustamento nei sistemi naturali o antropici in risposta agli stimoli climatici già in atto o attesi o dei loro effetti, in grado di moderare i danni e sfruttare le opportunità positive". Il principio di adattamento in condizioni generalmente poco resilienti si configura quindi complesso, articolato e non riducibile alla sommatoria delle prestazioni offerte di singoli edifici o spazi aperti a valle degli interventi. Per l'efficacia di un approccio di adattamento necessariamente olistico oltre che focalizzato sulla misurabilità dei singoli interventi di retrofit, occorre modificare l'approccio progettuale convenzionale, in quanto l'adattamento deve prevedersi duraturo e capace di essere implementabile nel caso in cui si manifestino dei deficit non previsti, poiché gli eventi climatici nei prossimi decenni potranno avere dei margini consistenti di imprevedibilità.
La riduzione della vulnerabilità richiede di essere accoppiata agli obiettivi di adattamento che a loro volta devono essere combinati con quelli di mitigazione. Questo aspetto richiede che nel progetto vi sia il raggiungimento di elevate prestazioni tecnologiche e ambientali per la riduzione delle emissioni climalteranti e per assecondare le politiche di adattamento al fine di affrontare gli impatti del

high technological and environmental performances for the reduction of climate-changing emissions and to support adaptation policies in order to face the impacts of climate change. In the design phase, these objectives can only be achieved through the use of technological innovation, whose performance, costs and environmental compatibility must be verified in relation to the architectural characteristics of the pre-existing conditions.
The "European Adaptation Strategy" of 2013 also requires, among the main actions, to direct the evaluation of the interventions considering their costs and benefits and developing, at the same time, the improvement of the knowledge on the impacts and the mapping of the vulnerability. Within such a scenario, an important research topic is the passage of scale from the territorial to the urban level, making sure that the mapping of the climate vulnerability of the urban system and the urban environmental planning and design measures aimed at its reduction are dealt with in more depth in order to be able to define adaptation actions according to reliable, measurable and comparable design approaches in order to avoid that some solutions are generalized and not controlled in the effects that they can induce.
With the 2015 Paris CoP 21 agreement, in Article 7, the relationship between vulnerability, adaptation and resilience is introduced explicitly, with a quality objective to "improve the ability to adapt, strengthen resilience and reduce vulnerability to climate change ".
The disciplinary scenarios framed according to the principles of environmental design involve the recognition of the climate-proof values of settlement principles in relations with functional-spatial, technological and environmental aspects. This recognition is developed by reducing the need for resources and their efficient use in relation to the context, as well as by improving the conditions of comfort and usability. Cultural values must be included in this process that requires a great awareness in which the conventional mode of environmental and socio-economic sustainability is directed towards the resilience of the systems.
Only through a new material culture of living in a climate change regime is it possible to connect, according to innovative strategic lines, the urban project and the relational aspects between buildings, open spaces and communities with the climatic and environmental components.
In Italy the 2017 "National Climate Change Adaptation Plan" makes explicit reference to the local specific nature of adaptation, taking into account three fundamental elements: the first concerns the need to inform and involve the population, the second to overcome and fill the knowledge gap in the field by public administrations, the urban governance in order to lead to operational guidelines that can be effectively corresponding to the planning forecasts developed for larger areas.
The book Environmental Design for Climate Change Adaptation 2. Tools and Guidelines for the Climate Risk Reduction represents the outcome of the Metropolis research phase focused on an in-depth analysis of the knowledge and vulnerability assessment models characterizing the physical and socio-economic systems (understood as subsystems of the urban system), aimed at implementing an operational model to support decision-making processes, as well as tools and guidelines for the reduction of climate risks in urban areas. The work has developed, similarly to the first phase of the research - reported in the first volume entitled "Environmental Design for Climate Change Adaptation 1. Innovative models for the production of knowledge" - a process-oriented, systemic, multi-scale and, above all, multidisciplinary approach. Numerous and interrelated are in fact the contributions of many areas of expertise aimed at contributing to the development of suitable models for simulation and scenario analysis in order to support climate adaptation processes. Furthermore, the elaboration of the Metropolis webGIS decision-support platform, has provided the collection and structuring of the several acquired data, as outcome of climate vulnerability and impact assessment models, and derived from the simulation of alternative adaptation scenarios tailored to the case study areas.
The volume is divided into three sections that represent the logical sequence of the approaches, methods and objectives of the second part of the research, aimed at defining the vulnerability framework in relation to the short, medium and long term climate projection scenarios, as well as addresses and guidelines for climate adaptation.
The first section of the volume presents the tools and methods for measuring the climate vulnerability and the possible adaptation of the urban fabrics and the socio-physical system, as well as operational methods for the development of climate-adaptive projects, explaining the role and the purpose of the Metropolis platform as a decision support tool.
The creation of a hierarchical model for the assessment of climate vulnerability is associated with the elaboration of specific models related to heat wave and pluvial flooding phenomena, able to measure the expected impact levels and the effects of possible adaptation actions, based on the application of technical alternatives reported in a catalogue that describes the relationship between technological, environmental and climatic aspects through characterizations, classifications and indicators appropriate to the geographical and climate context.
The second section of the volume concerns the case study of Naples, with reference to the east and west areas, intended as a multidisciplinary and multi-scale experimental application of the methodologies and tools developed in the research. Starting from the climate adaptive design processes and solutions, also bottom-up actions were taken into account, as in the case of the Ponticelli Smart Lab, in which a participatory design and construction experience was developed, targeting climate adaptation needs to the scale of local communities through specific technological and environmental solutions. The section closes with an in-depth analysis on the development of multi-criteria and multi-group decision-making processes for the knowledge of local contexts.

climate change. In fase progettuale tali obiettivi sono raggiungibili solo con il ricorso all'innovazione tecnologica, della quale dovranno essere verificate prestazioni, costi e compatibilità ambientali con i caratteri architettonici delle preesistenze.
La "Strategia Europea di Adattamento" del 2013 richiede inoltre, fra le principali azioni, di indirizzare la valutazione degli interventi considerandone costi e benefici e sviluppando, nel contempo, il miglioramento della conoscenza sugli impatti e la mappatura della vulnerabilità. All'interno di uno scenario così configurato, un importante tema di ricerca è il passaggio di scala dal livello territoriale a quello urbano facendo in modo che la mappatura della vulnerabilità climatica del sistema urbano e la pianificazione e la progettazione ambientale urbana volte alla sua riduzione siano affrontate in maniera più approfondita al fine di poter definire le azioni di adattamento secondo approcci progettuali affidabili, misurabili e confrontabili al fine di evitare che alcune soluzioni siano generalizzate e non controllate negli effetti che possono indurre.
Con l'accordo CoP 21 di Parigi del 2015, all'articolo 7, si introduce in maniera esplicita la relazione fra vulnerabilità, adattamento e resilienza, con un obiettivo di qualità per "migliorare la capacità di adattamento, rafforzamento della resilienza e ridurre la vulnerabilità ai cambiamenti climatici".
Gli scenari disciplinari inquadrati secondo i principi dell'*environmental design* comportano il riconoscimento dei valori *climate-proof* dei principi insediativi nelle relazioni con gli aspetti funzionali-spaziali, tecnologici e ambientali. Tale riconoscimento si sviluppa con la riduzione del fabbisogno di risorse e il loro uso efficiente in rapporto al contesto, nonché attraverso il miglioramento delle condizioni di comfort e fruibilità. I valori culturali vanno inclusi in questo processo che richiede una grande consapevolezza in cui la convenzionale modalità della sostenibilità ambientale e socio-economica è direzionata verso la resilienza dei sistemi. Soltanto attraverso una nuova cultura materiale dell'abitare in regime di cambiamento climatico è possibile connettere, secondo innovative linee strategiche, il progetto urbano e gli aspetti relazionali tra edifici, spazi aperti e comunità con le componenti climatiche e ambientali.
Il "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" del 2017 fa esplicito riferimento alla natura prettamente locale specifica dell'adattamento, prendendo in considerazione tre elementi fondamentali: il primo riguarda la necessità di informare e coinvolgere la popolazione, il secondo di superare e colmare il gap di conoscenza in materia da parte della pubblica amministrazione, il terzo quello di sviluppare la *governance* urbana in modo da condurre a indirizzi operativi che possano essere efficacemente corrispondenti alle previsioni di pianificazione sviluppate per aree più vaste.
Il volume *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici* rappresenta l'esito della fase della ricerca Metropolis incentrata sull'approfondimento dei modelli di conoscenza e valutazione della vulnerabilità del sistema fisico e della popolazione (intesi come sottosistemi del sistema urbano), finalizzata alla elaborazione di un modello di supporto ai processi decisionali, nonché di strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici in ambito urbano. Il lavoro si è sviluppato, analogamente alla prima fase della ricerca riportata nel primo volume dal titolo *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza*, in chiave processuale, sistemica, multiscalare e, soprattutto, multidisciplinare. Numerosi e interconnessi sono infatti i contributi di molti ambiti di competenza tesi a concorrere alla proposta di simulazioni di scenari e modelli di processi di adattamento climatico. Inoltre, nella elaborazione della piattaforma webGIS di supporto alle decisioni sono stati raccolti e strutturati i numerosi dati di conoscenza raccolti, esiti di modelli di valutazione della vulnerabilità agli impatti climatici e di simulazioni degli scenari di adattamento.
Il volume si articola in tre parti che rappresentano la sequenza logica delle modalità di approccio e delle finalità della seconda parte della ricerca, tesa a definire il quadro delle vulnerabilità in relazione agli scenari di proiezione climatica a breve, medio e lungo termine, oltre agli indirizzi per l'adattamento climatico.
La prima parte del volume è impostata con riferimento a strumenti e metodi per misurare la vulnerabilità e l'adattamento climatico dei tessuti urbani e del sistema socio-fisico, nonché le modalità di articolazione processuale per lo sviluppo di progetti *climate-adaptive*, esplicitando il ruolo e la finalità della piattaforma Metropolis come strumento di supporto alle decisioni.
La realizzazione di un modello gerarchico per la valutazione della vulnerabilità climatica viene associata all'elaborazione di specifici modelli relativi ai fenomeni di *heat wave* e *pluvial flooding*, in grado di misurare i livelli di impatto attesi e gli effetti delle possibili azioni di adattamento, basate sull'applicazione di alternative tecniche riportate all'interno di un catalogo che riporta la relazione fra aspetti tecnologici, ambientali e climatici attraverso caratterizzazioni, classificazioni e indicatori appropriati al contesto.
La seconda parte del volume riguarda il caso studio di Napoli, con riferimento alle aree orientale e occidentale, inteso come una sperimentazione applicativa multidisciplinare e multi-scalare delle metodologie e degli strumenti sviluppati nella ricerca. Partendo dai processi sperimentali e dalle soluzioni di *climate adaptive* design per la riduzione della vulnerabilità del sistema urbano, sono state prese in considerazione anche azioni sperimentali di tipo *bottom up* come nel caso del *Ponticelli Smart Lab*, in cui è stata sviluppata una esperienza progettuale partecipata, indirizzando gli obiettivi di adattamento climatico in rapporto alle esigenze espresse dalle comunità locali attraverso specifiche soluzioni tecnologiche e ambientali. La sezione si chiude con un approfondimento relativo allo sviluppo di processi decisionali multi-criterio e multi-gruppo per la conoscenza dei contesti locali.

The third section of the volume deals with the addresses for the climate-adaptive project, integrating the multidisciplinary components that contribute to its setting and development. The contributions concern the fields of environmental design aimed at increasing the resilience of the built environment, reporting international pilot experiences and methods for the systemic integration of adaptation interventions, as well as the relationships between the architectural features of the urban system, the settlement principles and the type-morphological aspects in the study areas being tested.
This section also highlights the evaluation aspects, through multi-criteria inter-scalar approaches related to the urban planning options related to green infrastructure, water sensitive urban planning and urban water management. The addresses for the adaptive project are completed by investigating the issues related to the "soil project" and the strategies for integrated conservation, as a contribution to the relationship that links the protection of landscape and cultural heritage with the choice of appropriate adaptation interventions. These contributions highlight the connotative aspects of the climate-adaptive holistic design and the integration between climate risks, environmental control and digital tools in the processes aimed at reducing the vulnerability of the built environment.
Overall, the volume is part of the advanced disciplinary topics and the developments of European research oriented to the definition of transformation strategies of the built environment that integrate sustainability and social cohesion approaches, falling within the strategic lines of DiARC departmental research, in particular in the consolidated system of third mission activities involving university research, local authorities and industrial partners. Compared to the climate emergency, the involvement of European countries is now substantial. On the one hand, in fact, there is the contrast to climate-changing gas emissions that require to be reduced in absolute terms in an increasingly shorter time, on the other hand the consideration that also the low emission scenarios (RCP 4.5) foresee severe climate impacts, which for the cities of southern Europe translate into an increase in the frequency of heat waves and the number of days of drought, forecasted as doubled compared to the period 1951-2000, and a strong increase in floods and pluvial flooding phenomena in the urban areas.
The volume seeks in this sense to provide a framework of knowledge, tools, simulations and models useful for the climate challenge that will affect the near future of cities which, necessarily, need to be rethought in some parts, focusing on the environmental and climate-adaptive design themes as qualifying factors of the urban project, implementing local adaptation plans with the objective of obtaining real and measurable effects, capable of effectively and deeply counteracting risk factors.

La terza parte del volume è relativa agli indirizzi per il progetto adattivo, integrando le componenti multidisciplinari che concorrono alla sua impostazione e al suo sviluppo. I contributi riguardano i campi della progettazione ambientale finalizzati all'incremento della resilienza dell'ambiente costruito, riportando esperienze pilota internazionali e modalità di integrazione sistemica degli interventi di adattamento, nonché le relazioni fra i caratteri architettonici dell'impianto urbano e i principi insediativi e gli aspetti tipo-morfologici nelle aree studio oggetto della sperimentazione.
In questa sezione sono messi in evidenza anche gli aspetti valutativi, mediante approcci multicriterio di tipo inter-scalare riferiti alle scelte di carattere prevalentemente urbanistico relative alle *green infrastructure*, al *water sensitive urban planning* e al *water management* in ambito urbano. Completano infine gli indirizzi per il progetto adattivo le tematiche relative al "progetto di suolo" e alle strategie per la conservazione integrata, come contributo alla relazione che lega la tutela dei patrimoni ambientali e culturali alla definizione di appropriati interventi di adattamento. Tali contributi evidenziano gli aspetti connotanti una progettazione adattiva di tipo olistico e l'integrazione tra rischi climatici, controllo ambientale e strumenti digitali nei processi tesi alla riduzione della vulnerabilità dell'ambiente costruito.
Complessivamente il volume si inserisce all'interno delle tematiche disciplinari avanzate e agli sviluppi della ricerca europea orientata alla definizione di strategie di trasformazione dell'ambiente costruito che integrino approcci di sostenibilità e coesione sociale, rientrando nelle linee strategiche della ricerca dipartimentale del DiARC, in particolare nel consolidato sistema delle attività di terza missione che coinvolgono ricerca universitaria, enti locali e partner industriali. Rispetto all'emergenza climatica, è oggi consistente il coinvolgimento dei paesi europei. Da un lato infatti vi è il contrasto alle emissioni di gas climalteranti che richiedono di essere ridotte in termini assoluti in un tempo ormai sempre più breve, dall'altro la considerazione che anche gli scenari a basso impatto (RCP 4.5) prevedono forti sofferenze di natura climatica, che per le città dell'Europa meridionale si traducono in un aumento della frequenza delle ondate di calore e del numero di giorni di siccità, previsionalmente raddoppiato rispetto al periodo 1951-2000, e forte incremento delle inondazioni e dei fenomeni di allagamento in ambito urbano.
Il volume cerca in questo senso di fornire un quadro di conoscenze, strumenti, simulazioni e modelli utili alla sfida climatica che riguarderà il prossimo futuro delle città le quali, necessariamente, andranno ripensate in alcune loro parti, ponendo al centro i temi della progettazione ambientale e dell'*adaptive design* come fattori qualificanti del progetto urbano, in attuazione dei piani di adattamento locale con l'obiettivo di ottenere effetti reali misurabili e capaci di contrastare con efficacia e in profondità i fattori di rischio.

Strumenti e metodi per misurare la vulnerabilità e l'adattamento climatico in ambito urbano

Tools and methods to measure climate vulnerability and adaptation in urban areas

Impatti climatici nelle aree urbane e vulnerabilità del sistema socio-fisico: Disaster Risk Reduction e Climate Change Adaptation

Mattia Federico Leone

Climate impacts in urban areas and vulnerabilities of the socio-physical system: Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation

Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation in the European and international scenario

The integration of assessment and design approaches in the fields of Disaster Risk Reduction (DRR) and Climate Change Adaptation (CCA) is emerging in recent years as a priority to promote resilient design actions aimed to reduce the impact extreme events on the built environment and communities in an adaptive perspective, which takes into account the different conditions of vulnerability of buildings, infrastructures and population to different hazard phenomena, as well as variations in terms of intensity of extreme events and seasonal patterns of temperature and precipitation due to the acceleration of climate change. The development of an integrated approach represents an opportunity to align these strategic areas from a methodological and operational point of view, allowing to obtain significant benefits in terms of economic, environmental and social sustainability of governance and regeneration actions deriving from the possible synergies in terms of objectives and priorities for action. Numerous studies, outlining a variety of approaches to risk management, underline how facing only emergency situations is becoming an increasingly ineffective and economically unsustainable strategy (UN-Habitat, 2011; OECD, 2012; Mullan et al., 2013 Turnbull et al., 2013; IPCC, 2014). The mitigation and adaptation actions, on the contrary, prove to be economically effective when compared to the enormous costs of restoring "normal" conditions following a disaster (Hof et al., 2014).

In urban areas - where more than 50% of the world's population currently resides, with an increase of up to 66% expected by 2050 (UNISDR, 2017) - the complex physical and spatial characteristics, the socio-economic vulnerability of the population, the often inadequate institutional capacity and the critical nature of environmental challenges are key aspects that characterize the strategic perspective of integrating risk reduction and climate adaptation (Gencer et al., 2018). The global scale of the challenge emerges from the recent OECD data (OECD, 2017), which estimate an expenditure of about 6.3 trillion dollars a year until 2030 to adapt the infrastructures to the growing problems related to urbanization and population growth, and to implement the definitive transition to a low-carbon economy (assuming scenarios for reducing carbon emissions in line with the Paris agreement and excluding additional costs related to climate mitigation during the reference period). These estimates are also paradoxically optimistic, since they do not take into account some specific aspects related to the reduction of the vulnerability of built enviroment, such as the significant presence of buildings below the regulatory standards both from a structural and energetic point of view.

Despite the dangers to which they are exposed, however, cities offer the greatest opportunities for a transition towards more sustainable and resilient settlement models. If it is true that the most critical issues in terms of vulnerability and expected impacts are concentrated in urban areas, cities are today the place where economic and cultural resources are concentrated, which can favour the consolidation of governance actions in support of mitigation and adaptation policies. With regard to climate risk, mitigation actions - which address the reduction of climate change emissions from the various strategic sectors of industry, transport and civil construction - can be based on a consolidated regulatory framework developed in recent decades, especially in the EU and in the United States, composed of specific building regulations and incentives for public and private investments able to support national programs for the reduction of pollution in urban areas and for the energy retrofit of buildings and infrastructures. Adaptation actions, aimed at reducing the vulnerability of the built environment and the exposed communities, can now benefit from huge global efforts in terms of funding and policy addresses aimed at supporting the large investments required, often initiated on a reactive basis through pilot projects following the occurrence of extreme events or the recognition of possible variations in their return periods. The Paris agreement and the establishment of the Green Climate Fund should consolidate the stability of climate actions on a global scale in the coming years.

A complete integration of DRR and CCA approaches, starting from a full and non-sectoral understanding of the concept of resilience requires to extend the research areas beyond the individual risks, aiming at the development of a so-called "all-hazards" approach that, starting from the identification of the different types of risk to which a given area is subject, is able to identify the appropriate mitigation and adaptation strategies with a view to optimizing the resources available for regeneration actions at different scales (regional, metropolitan, urban). In Italy, the rapid and uncontrolled urbanization of the second half of the 20th century, implemented without keeping in consideration of the delicate balances related to infrastructural quality and land use has in fact created conditions of widespread vulnerability, in particular for settlments and populations located in areas with high seismic, hydrogeological and volcanic risk. The recent inclusion of previously independent

Disaster Risk Reduction e Climate Change Adaptation nello scenario europeo e internazionale

L'integrazione degli approcci valutativi e progettuali legati agli ambiti della riduzione dei rischi naturali (Disaster Risk Reduction - DRR) e dell'adattamento ai cambiamenti climatici (Climate Change Adaptation - CCA) sta emergendo in anni recenti come una priorità per promuovere azioni di design resiliente orientato a ridurre gli impatti sull'ambiente costruito e sulle comunità in un'ottica di trasformazione adattiva, che tenga in conto le diverse condizioni di vulnerabilità di edifici, infrastrutture e popolazione a diversi fenomeni di *hazard*, nonché le variazioni in termini di intensità degli eventi climatici estremi e dei pattern stagionali di temperature e precipitazioni dovute all'accelerazione dei cambiamenti climatici.

Lo sviluppo di un approccio integrato rappresenta un'opportunità per allineare dal punto di vista metodologico e operativo tali ambiti strategici, consentendo di ottenere benefici significativi in termini di sostenibilità economica, ambientale e sociale delle azioni di governance e rigenerazione derivanti dalle possibili sinergie in termini di obiettivi e priorità di azione. Numerosi studi, nel delineare una varietà di approcci alla gestione dei rischi, sottolineano come il fronteggiare solo le situazioni di emergenza stia diventando una strategia sempre più inefficace ed economicamente insostenibile (UN-Habitat, 2011; OECD, 2012; Mullan et al., 2013; Turnbull et al., 2013; IPCC, 2014). Le azioni di mitigazione e adattamento, al contrario, si rivelano economicamente efficaci se paragonate agli enormi costi per ripristinare condizioni di "normalità" dopo un disastro (Hof et al., 2014).

Nelle aree urbane - dove attualmente risiede più del 50% della popolazione mondiale, con un incremento fino al 66% previsto entro il 2050 (UNISDR, 2017) - le complesse caratteristiche fisiche e spaziali, la vulnerabilità socio-economica della popolazione, l'inadeguatezza delle capacità istituzionali e la criticità delle sfide ambientali rappresentano aspetti chiave che vanno a connotare la prospettiva strategica di un'azione integrata di riduzione del rischio e adattamento climatico (Gencer et al., 2018). La portata globale della sfida emerge dai recenti dati dell'OECD (OECD, 2017), che stimano una spesa di circa 6.300 miliardi di dollari all'anno fino al 2030 per adeguare le infrastrutture alle crescenti criticità legate all'urbanizzazione e alla crescita della popolazione, attuando la definitiva transizione verso un'economia *low-carbon*, assumendo scenari di riduzione delle emissioni climalteranti in linea con gli accordi di Parigi ed escludendo ulteriori costi relativi alla mitigazione climatica nel periodo di riferimento. Si tratta di stime inoltre paradossalmente ottimistiche, che non tengono conto di alcuni aspetti specifici relativi alla riduzione della vulnerabilità del costruito diffuso, quali la rilevante presenza di costruzioni al di sotto degli standard normativi sia dal punto di vista strutturale che energetico.

Nonostante i pericoli a cui sono esposti, le città offrono tuttavia le maggiori opportunità di transizione verso modelli di insediamento sostenibili e resilienti. Se è vero infatti che le maggiori criticità in termini di vulnerabilità e impatti attesi sono concentrate nelle aree urbane, le città sono oggi il luogo in cui si concentrano le risorse economiche e culturali che possono favorire il consolidarsi di azioni di governance a sostegno delle politiche di mitigazione e adattamento. Con riferimento al rischio climatico, le azioni di mitigazione - che affrontano la riduzione delle emissioni climalteranti dei diversi comparti strategici dell'industria, dei trasporti e dell'edilizia civile - possono basarsi su un quadro normativo consolidato sviluppato negli ultimi decenni specialmente nell'UE e negli Stati Uniti, composto da specifici regolamenti edilizi e incentivi per investimenti pubblici e privati in grado di sostenere i programmi nazionali per la riduzione dell'inquinamento nelle aree urbane e per il retrofit energetico di edifici e infrastrutture. Le azioni di adattamento, volte a ridurre la vulnerabilità dell'ambiente costruito e delle comunità esposte, possono oggi beneficiare degli enormi sforzi globali in termini di finanziamenti e indirizzi di politica tecnica finalizzati a sostenere i grandi investimenti necessari, spesso avviati su base reattiva attraverso progetti pilota in seguito al verificarsi di eventi o al riconoscimento delle possibili variazioni nei loro periodi di ritorno. L'accordo di Parigi e l'istituzione del Green Climate Fund dovrebbero consolidare nei prossimi anni la stabilità delle azioni climatiche su scala globale.

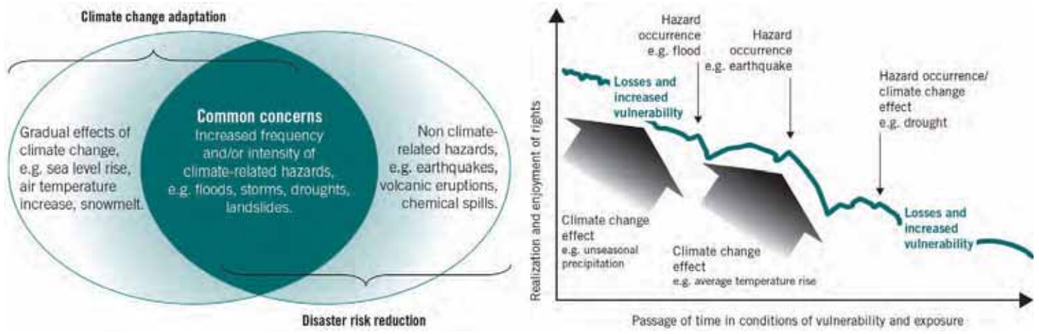
Una completa integrazione degli approcci DRR e CCA, a partire da una piena comprensione non settoriale del concetto di resilienza richiede tuttavia di estendere gli ambiti di ricerca al di là dei singoli rischi, puntando allo sviluppo di un approccio "*all-hazards*" che, a partire dall'individuazione delle diverse tipologie di rischio cui è soggetta una determinata area, sia in grado di individuare le opportune strategie di mitigazione e adattamento in un'ottica di ottimizzazione delle risorse disponibili per le azioni di rigenerazione alle diverse scale (regionale, metropolitana, urbana).

In Italia, la rapida e incontrollata urbanizzazione della seconda metà del '900, attuata senza tenere in considerazione i delicati equilibri legati alla qualità infrastrutturale e all'uso del suolo ha infatti creato condizioni di vulnerabilità diffusa, in particolare per le popolazioni insediate in aree ad alto rischio sismico, idrogeologico e vulcanico. La recente inclusione di entità amministrative e politiche precedentemente indipendenti all'interno delle città metropolitane, crea ulteriori problematiche di governance urbana legate alla condizione "periferica" di determinate aree in rapporto alle priorità dell'agenda politica e tecnica (Gencer, 2013). Tale condizione è ulteriormente aggravata da condizioni di vulnerabilità socio-economica di intere fasce di popolazione, spesso concentrate nelle periferie urbane, già maggiormente caratterizzate dalla presenza di edifici e infrastrutture particolarmente vulnerabili, anche a causa di dinamiche speculative di sviluppo.

Problematiche comuni tra DRR e CCA (a sinistra) e rapporto tra gli impatti dei rischi naturali e gli effetti dei cambiamenti climatici (a destra) / *Common concerns of climate change adaptation and disaster risk reduction (left) and similarity of impacts of disasters and other effects of climate change (right) (source: Turnbull, M., Sterrett, C. and Hilleboe, A. (2013) Toward Resilience. A Guide to Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation. Practical Action Publishing Ltd, UK).*

Riduzione del rischio e adattamenento: prospettive di ricerca multidisciplinari

I diversi ambiti disciplinari di provenienza dei settori Disaster Risk e Climate Change - il primo nato nell'ambito delle scienze del rischio e della gestione delle emergenze, il secondo dalle scienze della terra e del clima - hanno limitato finora lo sviluppo di un approccio metodologico multidisciplinare e integrato alla modellazione della vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e alla quantificazione degli impatti attesi, orientato al supporto alle decisioni e allo sviluppo di idonee soluzioni progettuali e tecniche di adattamento.
L'Europa, attraverso le sue iniziative di regolamentazione e di finanziamento a livello comunitario, nonché nell'ambito delle azioni di governance e policy su scala globale promosse dall'ONU, sta attuando uno sforzo promettente nel superare la dicotomia tra le due prospettive, sottolineando le sinergie tra DRR e CCA in tutte le principali strategie e accordi a livello europeo (ad esempio la "EU Adaptation Strategy", la "EU Cohesion policy", l'"EU Action Plan on the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030", le strategie macro-regionali del Danubio, del Baltico, dell'Adriatico-Ionico e delle Alpi). Tali sinergie riflettono un obiettivo comune: ridurre gli impatti degli eventi estremi e aumentare la resilienza ai disastri, in particolare tra le popolazioni vulnerabili. In questa prospettiva emergono chiari vantaggi dal collegamento e integrazione della base di conoscenza, nonché delle politiche e delle pratiche di attuazione. Allo stesso tempo DRR e CCA sono considerate campi trasversali nelle strutture di governance dell'UE dedicate alla cooperazione e allo sviluppo (DG-DEVCO), all'ambiente (DG-ENV), al clima (DG- CLIMA) alla protezione civile e all'aiuto umanitario (DG-ECHO). Ciò implica la necessità di identificare sinergie e opportunità di integrazione in relazione all'uso del suolo, allo sviluppo urbano, ai problemi sociali, alla protezione dell'ambiente, alla pianificazione e alla risposta delle emergenze.



Le linee di indirizzo promosse dalle Nazioni Unite attraverso l'UNISDR riflettono infatti la rilevanza a scala globale della necessità di rafforzare l'integrazione di DRR e CCA, attraverso misure multi-rischio, multi-scalari e multifunzionali, da progettare e attuare attraverso approcci *bottom-up* e inclusivi in rapporto alle comunità locali, privilegiando azioni di condivisione delle conoscenze (*knowledge-sharing*) e co-progettazione (*co-design*), puntando a superare il "gap di attuazione" osservabile dal punto di vista dell'implementazione di modelli integrati di simulazione e dello sviluppo di azioni di mitigazione e adattamento (Appulo et al., 2017), in parte imputabile al fatto che ad una buona base di conoscenze non si accompagna un adeguato sforzo attuativo da parte delle autorità locali, spesso anche a causa delle incertezze relative agli scenari di cambiamento climatico attesi, all'incapacità di tradurre le conoscenze scientifiche in efficaci strumenti operativi e alla mancanza di coordinamento tra diversi livelli di governance e fonti di finanziamento a livello nazionale e internazionale.
Al fine di sostenere il grande potenziale operativo di una simile prospettiva strategica, la comunità scientifica è chiamata a uno sforzo multi-disciplinare coordinato, da orientare in rapporto ad alcuni temi prioritari:

- sviluppo di metodi e strumenti innovativi per una simulazione affidabile delle condizioni di rischio e impatto;
- sviluppo di sistemi di supporto alle decisioni basati su analisi costi-benefici e multicriterio adattabili alle condizioni locali di contesto;
- individuazione di specifiche soluzioni tecnologiche e progettuali multi-scalari, sostenibili e resilienti per l'ambiente costruito.

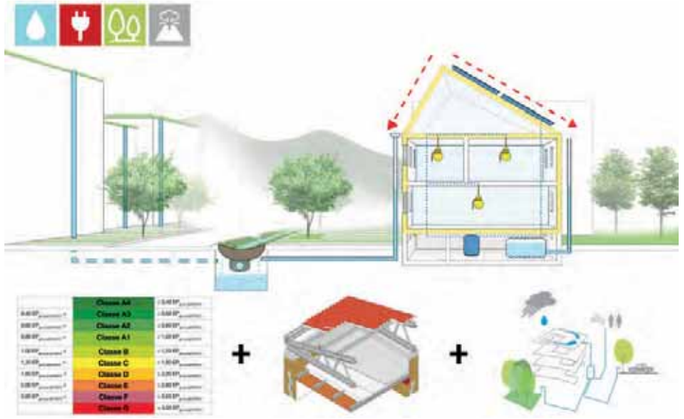
Tali temi prioritari definiscono una filiera logica che individua nei modelli di conoscenza e di simulazione una risorsa chiave per il progetto architettonico e urbano resiliente, che può misurare la propria efficacia in rapporto alla sua capacità di riduzione delle vulnerabilità e degli impatti, nonché di offrire benefici congiunti legati all'incremento della qualità ambientale, della vivibilità delle aree urbane, delle opportunità sociali ed economiche per le comunità locali. Al fine di garantire un processo di attuazione efficace e sostenibile, il trasferimento delle conoscenze e degli scenari progettuali ai decisori deve pertanto includere modalità di valutazione delle possibili opzioni di intervento, che consentano di comprendere al tempo stesso gli impatti fisici ed economici dovuti ai diversi *hazard* e di orientare le scelte con riferimento alle diverse alternative tecniche e progettuali.
A supporto dell'opportunità di sviluppare approcci di modellazione "all-*hazards*" e "multi-rischio" comuni agli ambiti DRR e CCA, vi è la condivisione di una comune comprensione concettuale delle componenti del rischio. A partire da un approccio consolidato legato alla teoria del rischio (UNDRO, 1980), esso è considerato come prodotto (in termini di convoluzione probabilistica) di pericolosità (H), esposizione (E) e vulnerabilità (V), secondo la nota relazione R=HxExV. Il "Fifth Assessment Report" dell'IPCC (IPCC, 2014) approfondisce ulteriormente il senso di questa equazione: "Gli effetti dei cambiamenti climatici derivano dall'interazione tra il pericolo (innescato da un evento o una tendenza

administrative and political entities within metropolitan cities, creates further problems of urban governance related to the "peripheral" condition of certain areas in relation to the political and technical agenda priorities (Gencer, 2013). This condition is further exacerbated by conditions of socio-economic vulnerability of entire population groups, often concentrated in urban suburbs, already characterized by the presence of particularly vulnerable buildings and infrastructures, also due to speculative development dynamics.

Risk reduction and adaptation: multidisciplinary research perspectives

The different disciplinary fields linked to the Disaster Risk and Climate Change sectors - the first born in the field of risk and emergency management, the second from the earth and climate sciences - have so far limited the development of an integrated multidisciplinary methodological approach to the modelling of the vulnerability of the elements exposed to risk and the quantification of expected impacts, oriented to support decisions and the development of suitable design solutions and adaptation techniques. Europe, through its regulatory and funding initiatives at Community level, as well as within the global governance and policy actions promoted by the UN, is implementing a promising effort to overcome the dichotomy between the two perspectives, emphasizing the synergies between DRR and CCA in all major European strategies and agreements (such as the "EU Adaptation Strategy", the "EU Cohesion Policy", the "EU Action Plan on the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030", the macro-regional strategies of the Danube, the Baltic and the Alps, etc.). These synergies reflect a common goal: reducing the impact of extreme events and increasing disaster resilience, particularly among vulnerable populations. In this perspective, clear advantages emerge from the connection and integration of the knowledge base, as well as implementation policies and practices. At the same time, DRR and CCA are considered transversal fields in the EU governance structures dedicated to cooperation and development (DG-DEVCO), environment (DG-ENV), climate (DG-CLIMA) civil protection and humanitarian aid (DG-ECHO). This implies the need to identify synergies and opportunities for integration in relation to land use, urban development, social issues, environmental protection, emergency planning and response. The guidelines promoted by the UN through the UNISDR reflect the global relevance of the need to strengthen the integration of DRR and CCA, through multi-risk, multi-scalar and multifunctional measures, to be designed and implemented through bottom-up and inclusive approaches in relation to local communities, favoring knowledge sharing and co-design actions, aiming to overcome the widely recognized "implementation gap" in terms of development of integrated simulation models and decision support tool, as well as to the actual experimentation of mitigation and adaptation actions in urban systems (Appulo et al., 2017). This is partly due to

Approccio integrato alla mitigazione del rischio climatico e vulcanico a Poggiomarino (NA): sovrapposizione di copertura inclinata con premio volumetrico, retrofit energetico dell'involucro, integrazione di fotovoltaico in copertura, sistema di raccolta delle acque piovane, drenaggio e verde urbano / *Integrated approach to climate and volcanic hazards in Poggiomarino (NA): pitched roof overlapping with volumetric bonys, building envelope energy retrofitting, PV system on new roof, rain water harvesting, urban drainage and greening (source: Technical support for Poggiomarino RUEC, D'Ambrosio V., Leone M., Bassolino E., 2015).*



the fact that a good knowledge base is not adequately accompanied by local authorities in terms of implementation effort, often due to the uncertainties related to the expected climate change scenarios, the inability to translate scientific knowledge into effective operational tools and the lack of coordination between different levels of governance and sources of funding at national and international level. In order to support the great operational potential of such a strategic perspective, the scientific community is called to a coordinated multi-disciplinary effort, to be oriented towards some priority themes:
- development of innovative methods and tools for a reliable simulation of risk and impact conditions;
- development of decision support systems based on cost-benefit and multicriteria analyses customizable to local context conditions
- identification of specific multi-scale, sustainable and resilient technological and design solutions for the built environment.
These priority themes define a logical supply chain that identifies in the knowledge and simulation models a key resource for the resilient architectural and urban project, which can measure its effectiveness in relation to its capacity to reduce vulnerabilities and impacts, as well as to offer joint benefits linked to the increase in environmental quality, the liveability of urban areas, social and economic opportunities for local communities. In order to ensure an effective and sustainable implementation process, the transfer of knowledge and design scenarios to decision-makers must therefore include ways of assessing possible intervention options, which allow to understand at the same time the physical and economic impacts in a multi-hazard perspective and to orient the choices with reference to the various technical and design alternatives. In order to support the opportunity of developing "all-hazards" modelling approaches bridging DRR and CCA fields, the sharing of a common conceptual understanding of the components of risk is essential. Relying on a consolidated approach in risk theory (UNDRO, 1980) this is considered as a product (in terms of probabilistic convolution) of hazard (H), exposure (E) and vulnerability (V), according to the known relation R = HxExV. The "IPCC Fifth Assessment Report" (IPCC, 2014) further explores the meaning of this equation: "Risks from climate change impacts arise from the interaction between hazard (triggered by an event or trend related to climate change), vulnerability (susceptibility to harm) and exposure (people, assets or ecosystems at risk)". The integration of DRR and CCA strategies can in this sense represent a paradigm shift from a risk assessment focused on single hazards to a systemic approach that points to the increase in the resilience of the different physical, social and functional components that characterize urban systems. To comply with an "all-hazards" and multi-risk perspective, this needs to take into account at the same time the expected climate scenarios and different time and space scales, in order to define adequate mitigation and adaptation strategies in the short, medium and long term. A quantitative multi-risk analysis presents many challenges, to the point that emergency planning has often been based on qualitative assessments, related to a reference event, rarely taking into account the relative uncertainties. Moreover, the risks associated with different types of events (earthquakes, landslides, floods, volcanic eruptions, etc.) are often estimated using different procedures that do not allow the

correlata ai cambiamenti climatici), la vulnerabilità (suscettibilità al danneggiamento) e l'esposizione (persone, beni o ecosistemi a rischio)".
L'integrazione delle strategie per DRR e CCA può in questo senso rappresentare un passaggio paradigmatico da una valutazione del rischio incentrato su singoli *hazard* ad un approccio sistemico che punti all'incremento della resilienza delle diverse componenti fisiche, sociali e funzionali che caratterizzano i sistemi urbani in un'ottica "*all-hazards*" e "multi-rischio", tenendo conto al tempo stesso degli scenari climatici attesi e prendendo in considerazione diverse scale temporali e spaziali, in modo da definire adeguate strategie di mitigazione e adattamento nel breve, medio e lungo periodo.
Effettuare un'analisi multi-rischio di tipo quantitativo presenta non poche sfide, al punto che la pianificazione dell'emergenza si è spesso basata su valutazioni qualitative, correlate a un evento di riferimento, raramente tenendo conto delle relative incertezze. Inoltre, i rischi associati a diverse tipologie di evento (terremoti, frane, inondazioni, eruzioni vulcaniche, ecc.) sono spesso stimati utilizzando procedure diverse che non consentono la comparazione dei risultati ottenuti. Gli eventi stessi possono essere tra loro correlati (quali eventi idrogeologici collegati a precipitazioni estreme) oppure esito di effetti a cascata (quali frane o valanghe innescate da terremoti). Occorre pertanto individuare le specifiche caratteristiche di vulnerabilità degli elementi a rischio in rapporto a specifici *hazard*, valutandone di conseguenza la propensione al danneggiamento tenendo anche conto di possibili vulnerabilità condizionate ed effetti cumulati. Un simile approccio olistico alla modellazione (Zuccaro e Leone, 2018; Zuccaro et al., 2018a,b) rappresenta una metodologia innovativa ed efficiente per raccogliere, organizzare, valutare e comunicare a progettisti e pianificatori i dati di vulnerabilità e di esposizione, nonché gli scenari di rischio e di impatto in base ai quali definire opportune strategie di mitigazione e adattamento, supportate da adeguate valutazioni economiche e multicriteriali per definire le scelte di progetto in rapporto alle diverse alternative tecniche.
A valle dello sviluppo di opportuni modelli di simulazione e valutazione degli impatti, emergono alcuni ambiti chiave di ricerca che possono guidare l'evoluzione delle politiche tecniche e delle strategie progettuali in un'ottica *knowledge-based*, mirate alla realizzazione azioni di rigenerazione urbana e di retrofit tecnologico secondo principi di "mitigazione adattiva"[1] (Stone, 2012; Leone, 2016) e azioni di ricostruzione post-evento guidate dall'approccio *building back better*[2] (UNISDR, 2017).
Entrambi i principi condividono la medesima impostazione metodologica, orientata ad un approccio olistico alla progettazione resiliente, teso a coniugare i benefici derivanti dall'integrazione degli ambiti DRR e CCA.
Tali benefici sono declinabili sia in termini di risposta "*multi-hazard*" in rapporto alla riduzione della vulnerabilità e degli impatti dei rischi naturali, sia in termini di incremento della qualità funzionale-spaziale, tecnologica e ambientale del sistema edifici-spazi aperti, fino ad incidere sul miglioramento della gestione delle emergenze.
Un approccio combinato ai rischi geofisici e climatici consente di migliorare l'efficacia dei costi delle azioni di retrofit e di riqualificazione, introducendo nuove prospettive per l'innovazione tecnologica di prodotto e di processo nel settore delle costruzioni finalizzate

Key research and implementation areas	Priority topics
Hazard/Impact Modelling and simulation	• Produce multi-risk models for a quantitative assessment of losses (physical, functional and economic) and their propagation among different geographical areas, infrastructure networks and economic sectors. • Define appropriate metrics and indicators to measure the vulnerability of elements at risk exposed in relation to the different hazards considered. • Exploit big data and satellite/remote sensing information to improve high level assessment and identify priorities at international and regional scales. • Enable distributed networks of cloud- and web-based services (data sharing and custom-fit applications).
Decision Making and Decision-Support Systems	• Identify high/low-impact areas for development planning (limit urban growth; manage densification patterns; identify mid- to long-term resilience pathways). • Allocate resources for emergency planning and management (through an accurate knowledge of the diverse potential losses in relation to the multi-hazard proneness of a given area).
Planning and Design	• Prioritize mitigation and adaptation actions in a multi-scale perspective (regional to local; city to neighbourhood; building to technical component). • Identify co-benefits of multi-hazard mitigation and adaptation solutions. • Involvement of local stakeholders and communities within knowledge-sharing and co-design processes.

Temi prioritari individuati nelle aree chiave di ricerca e sviluppo per DRR e CCA / *Priority topics in the key DRR and CCA research and implementation areas identified (diverse sources).*

I *Ten Essentials for Making Cities Disaster Resilient* dell'UNISDR in rapporto alle principali aree ricerca e sviluppo individuate / *UNISDR's Ten Essentials for Making Cities Disaster Resilient in relation to the key research and implementation areas identified (source: UNISDR, 2017).*

Key research and implementation areas	Priority topics
Hazard/Impact Modelling and simulation	• Produce multi-risk models for a quantitative assessment of losses (physical, functional and economic) and their propagation among different geographical areas, infrastructure networks and economic sectors. • Define appropriate metrics and indicators to measure the vulnerability of elements at risk exposed in relation to the different hazards considered. • Exploit big data and satellite/remote sensing information to improve high level assessment and identify priorities at international and regional scales. • Enable distributed networks of cloud- and web-based services (data sharing and custom-fit applications).
Decision Making and Decision-Support Systems	• Identify high/low-impact areas for development planning (limit urban growth; manage densification patterns; identify mid- to long-term resilience pathways). • Allocate resources for emergency planning and management (through an accurate knowledge of the diverse potential losses in relation to the multi-hazard proneness of a given area).
Planning and Design	• Prioritize mitigation and adaptation actions in a multi-scale perspective (regional to local; city to neighbourhood; building to technical component). • Identify co-benefits of multi-hazard mitigation and adaptation solutions. • Involvement of local stakeholders and communities within knowledge-sharing and co-design processes.

comparison of the obtained results. The events themselves can be correlated (such as hydrogeological events connected to extreme rainfall) or interconnected as cascading effects (such as landslides or avalanches triggered by earthquakes). It is therefore necessary to identify the specific vulnerability characteristics of the elements at risk in relation to specific hazards, consequently evaluating their propensity to damage taking into account possible conditional vulnerabilities and cumulative effects. A similar holistic modelling approach (Zuccaro and Leone, 2018; Zuccaro et al., 2018a, b) represents an innovative and efficient methodology for collecting, organizing, evaluating and communicating to planners and designers the relevant vulnerability and exposure data, as well as the risk and impact scenarios on the basis of which to define appropriate mitigation and adaptation strategies. Downstream the development of appropriate simulation and evaluation models of the impacts, some emerging key research areas can guide the evolution of technical policies and design strategies in a knowledge-based perspective, aimed at carrying out actions of urban regeneration and technological retrofit according to principles of "adaptive mitigation"[1] (Stone, 2012; Leone, 2016) and post-event reconstruction actions led by the "building back better"[2] approach (UNISDR, 2017). Both principles share the same methodological principle, oriented towards a holistic approach to resilient design, aimed at combining the benefits deriving from the integration of the DRR and CCA fields. These benefits can be declined both in terms of "multi-hazard" response, in relation to the reduction of vulnerability and of the impacts of natural hazards on the built environment, both in terms of increasing the functional-spatial, technological and environmental quality of the buildings-open spaces system, up to affect the improvement of emergency management. A combined approach to geophysical and climate risk analyses makes it possible to improve the cost effectiveness of retrofitting and refurbishment actions, introducing new perspectives for product and process technological innovation in the construction sector, aimed at developing integrated technical solutions for climate adaptation and multi-risk mitigation in a resilient and sustainable urban regeneration perspective. The actions aimed at improving the energy efficiency of buildings and the production of energy from renewable sources through innovative technical solutions for the retrofit of casing and plant systems - able to contribute to the mitigation of climate change if implemented on a large scale - are in fact characterized by a growing increase in the cost-benefit ratio and a reduction in the amortization of investments. At the same time, the attractiveness of adaptation measures is certainly not limited to opportunities for reducing climate vulnerability, but it is increasingly linked to the socio-economic co-benefits deriving from their implementation, such as the increase in liveability and environmental quality of urban areas conveyed by the redevelopment of public spaces and the implementation of ecosystem-based and nature-based solutions (EEA, 2015). Lastly, emergency planning - an area often underestimated by architectural and urban research, but also of great importance in Italy for the degree of superordination, introduced by law 100/2012, of the Emergency Plans compared to all the other territorial and urban plans - can benefit from the integration of urban regeneration applications with direct effects on emergency management activities, such as the structural improvement of buildings facing the escape routes identified by the plans, the technological retrofitting of public buildings (schools, hospitals, sport facilities, military buildings, railway stations, etc.) that play a strategic role in the emergency management phase, up to the design of squares and green areas also as a function of their use as staging and first aid areas. A similar approach to technological and environmental planning at the neighborhood scale and to single buildings or open spaces aims to combine traditional risk mitigation strategies (such as the seismic upgrading of buildings and transport networks, the protection of roofs against volcanic ash fall, environmental engineering solutions to combat hydrogeological instability, the functional-spatial reorganization of the ground floors of buildings and open spaces in flood-prone areas) with measures aimed at carbon emissions reduction (energy retrofits and new zero-energy neighbourhoods) and climate adaptation (blue / green infrastructure and sustainable urban drainage systems in response to the heat waves and extreme precipitation phenomena). The technical solutions must be oriented in relation to the expected risk scenarios, identifying the required performance levels according to the types of hazard, their spatial location and the type of intervention. From a structural point of view, the priority is to develop solutions

allo sviluppo di soluzioni tecniche integrate di adattamento climatico e mitigazione multi-rischio in un'ottica di rigenerazione urbana resiliente e sostenibile. Le azioni volte a migliorare l'efficienza energetica degli edifici e la produzione di energia da fonti rinnovabili attraverso soluzioni tecniche innovative per il retrofit dei sistemi di involucro e impiantistici - in grado di contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici se attuate su larga scala - sono infatti caratterizzate da un crescente aumento del rapporto costi-benefici e riduzione dei tempi di ammortamento degli investimenti. Allo stesso tempo, l'attrattiva delle misure di adattamento non è certamente limitata alle opportunità di riduzione della vulnerabilità climatica, ma è sempre più legata ai co-benefici socio-economici derivanti dalla loro attuazione, come l'aumento della vivibilità e della qualità ambientale delle aree urbane veicolata dalla riqualificazione degli spazi pubblici e dalla realizzazione di soluzioni *ecosystem-based* e *nature-based* (EEA, 2015).
La pianificazione dell'emergenza infine - area spesso sottovalutata dalla ricerca architettonica e urbana ma di enorme rilievo in Italia anche per il grado di sovraordinazione dei Piani di Emergenza rispetto a tutti gli altri piani territoriali e urbanistici introdotto dalla legge 100/2012 - può trarre vantaggio dall'integrazione di misure di mitigazione e adattamento, quali ad esempio l'adeguamento strutturale di edifici prospicienti vie di fuga individuate dai piani, il retrofit tecnologico di edifici pubblici (scuole, ospedali, stadi, caserme, stazioni ferroviarie, ecc.) che rivestono un ruolo strategico in fase di gestione dell'emergenza, fino alla progettazione di piazze e aree verdi anche in funzione del loro impiego come aree di ammassamento e primo soccorso.
Un simile approccio alla progettazione tecnologica e ambientale alla scala di quartiere e del singolo edificio o spazio aperto punta a combinare strategie tradizionali di mitigazione dei rischi (quali l'adeguamento sismico degli edifici e delle reti di trasporto, la protezione dei tetti contro la caduta di cenere vulcanica, soluzioni di ingegneria ambientale per il contrasto al dissesto idrogeologico, la riorganizzazione funzionale-spaziale dei piani terra degli edifici e degli spazi aperti in aree soggette a inondazioni) con misure per la riduzione delle emissioni climalteranti (retrofit energetico e nuovi quartieri a energia zero per ridurre le emissioni di CO_2) e l'adattamento climatico (infrastrutture blu / verdi e sistemi di drenaggio urbano sostenibile in risposta ai fenomeni di ondate di calore e precipitazioni estreme).
Le soluzioni tecniche vanno orientate in rapporto agli scenari di rischio attesi, individuando i livelli prestazionali richiesti a seconda dei tipi di *hazard*, della localizzazione spaziale e della tipologia di intervento. Dal punto di vista strutturale, la priorità è sviluppare soluzioni in grado di resistere alle specifiche condizioni di stress, quali ad esempio sovraccarichi dinamici indotti da terremoti, eruzioni vulcaniche, frane e inondazioni.
Allo stesso tempo, devono essere prese in considerazione soluzioni tecnologiche specifiche per la riduzione della vulnerabilità di elementi non strutturali, come aperture, elementi di delimitazione e di involucro, impianti elettrici e meccanici, ecc., che in alcuni casi rappresentano oltre il 70% del valore di un edificio. Specifici indicatori in grado di esprimere la risposta del sistema edifici-spazi aperti alle condizioni di rischio climatico, quali i parametri prestazionali energetici e termici (trasmittanza, sfasamento e attenuazione di involucri edilizi e albedo di superfici orizzontali e verticali), le condizioni di soleggiamento/ombreggiatura (*Sky View Factor*, *Hillshade*, etc.), di drenaggio e deflusso superficiale (coefficienti di rugosità e run-off) consentono di guidare le scelte tecnologiche e progettuali degli interventi di retrofit e nuova costruzione a scala di edificio e di quartiere. Le opportunità di riqualificazione e i vincoli alla trasformazione esistenti vanno bilanciati in rapporto alle condizioni di contesto, individuando opportune soluzioni per interventi in aree sensibili, quali centri storici o aree naturali protette. In questo senso, regolamenti edilizi, codici, protocolli, standard, requisiti tecnici, indicatori di performance e cataloghi di best practices rappresentano ambiti di lavoro di enorme rilievo, in grado di supportare il graduale passaggio da una fase di sperimentazione e di progetti pilota a un'applicazione sistematica al costruito diffuso.
Lo sviluppo di efficaci azioni di governance e politica tecnica a livello locale è essenziale per attuare con successo misure di adattamento e di mitigazione su larga scala, ma occorre al tempo stesso valutare l'opportunità di una "de-regolamentazione controllata" che consenta di superare alcuni vincoli normativi (ad esempio relativi a superfici, volumi o funzioni ammissibili) qualora vengano raggiunti determinati *benchmark* prestazionali in rapporto alle esigenze di mitigazione e adattamento.
La dimensione locale di una progettazione resiliente che integra riduzione dei rischi naturali e adattamento ai cambiamenti climatici non può infine prescindere da un adeguato coinvolgimento dei diversi *stakeholders* locali, a cominciare dalle comunità residenti, spesso portatrici di istanze di rigenerazione urbana e retrofit di edifici e spazi

able to withstand specific stress conditions, such as for example dynamic overloads caused by earthquakes, volcanic eruptions, landslides and floods. At the same time, specific building technologies for reducing the vulnerability of non-structural elements, such as openings, delimitation and cladding components, electrical and mechanical systems, etc. - which in some cases represent more than 70% of the value of a building - must be taken into account.
Specific indicators able to express the response of the building-open space system to the climate risk conditions, such as energy and thermal performance parameters (transmittance, lag time and attenuation of building envelopes; albedo of horizontal and vertical surfaces), orientation and shading conditions (Sky View Factor, Hillshade), drainage and surface runoff (imperviousness and roughness coefficients) allow to guide the technological and design choices within retrofit and new construction interventions at building and neighborhood scale. The regeneration opportunities and the existing constraints to transformation must be balanced in relation to the context conditions, identifying suitable solutions for interventions in sensitive areas, such as historical centers or protected natural areas. In this sense, building codes, regulations, protocols, standards, technical requirements, performance indicators and catalogues of best practices represent areas of work of great importance, able to support the gradual transition from a phase of experimentation and pilot projects to a systematic and widespread application. The necessary governance and technical policy actions at the local scale are one of the the keys to a successful implementation of large scale adaptation and mitigation measures, but at the same time it is necessary to evaluate the possibility of a "controlled de-regulation" that allows overcoming some regulatory constraints (for example related to allowed surfaces, volumes or functions modification) if certain performance benchmarks are achieved in relation to mitigation and adaptation needs. The local dimension of a resilient design that integrates Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation should finally not disregard the proper involvement of the various local stakeholders, starting from the resident communities, often bearers of instances of urban regeneration and buildings and open spaces retrofitting linked to a general increase in the quality of housing and public services, to the liveability of the neighbourhood, to sustainable mobility and social inclusion, rather than to the mere risk reduction. In this sense it is necessary to expand participatory approaches, particularly in the planning phase, breaking the traditional pyramidal administrative structures in favour of a network and social innovation logic. The architectural and urban project, in its prefigurative and dialogical dimension, still appears the place where the convergent perspectives linked to reduce the impact of disaster risk and climate change can find an adequate synthesis in an inclusive, multi-disciplinary and participatory dimension.
Treating these issues in a vision oriented towards resilient design implies the clear need to strengthen collaboration

aperti legate a un incremento generale della qualità degli alloggi e dei servizi pubblici, alla vivibilità del quartiere, alla mobilità sostenibile e all'inclusione sociale, prima ancora che alla riduzione dei rischi. In tal senso occorre ampliare gli approcci partecipativi, in particolare in fase di progettazione, rompendo le tradizionali strutture amministrative piramidali in favore di una logica di rete e di innovazione sociale.
Il progetto architettonico e urbano, nella sua dimensione prefigurativa e dialogica, appare ancora una volta il luogo in cui le prospettive convergenti legate al Disaster Risk Reduction e al Climate Change Adaptation possono trovare un'adeguata sintesi in un'ottica inclusiva, multi-disciplinare e partecipativa. Trattare tali tematiche in una prospettiva orientata al design resiliente implica la chiara necessità di rafforzare la collaborazione tra aree caratterizzate da diversi background di ricerca, ma tutte complementari per contribuire efficacemente all'individuazione di risposte e soluzioni adeguate alla complessità sistemica della sfida, laddove le città possono essere concepite come sistemi complessi risultanti dall'interazione di diversi sottosistemi: sistema fisico, sistema funzionale e sistema socio-economico. I rischi naturali e i cambiamenti climatici stanno producendo crescenti crisi in ciascuno di questi sottosistemi, con conseguenze per la società nel suo insieme. La sfida di riallineare la ricerca scientifica, l'innovazione tecnologica e la rigenerazione delle aree urbane alla luce delle politiche e pratiche operative transnazionali richiede di essere supportata da un approccio altrettanto sistemico e multidisciplinare alla trasformazione dell'ambiente costruito, dove le discipline architettoniche e urbane, gli studi sociali, le scienze della terra e del clima, l'ingegneria dei sistemi, le tecniche di modellazione probabilistica e analisi di scenario, le tecnologie di informazione e comunicazione, sono chiamate a concentrarsi sull'individuazione e il trasferimento di soluzioni efficaci e adattive per raccogliere la sfida di una crescita sostenibile e resiliente in un mondo globalmente connesso e in costante mutamento.

1. Sintesi come azioni in rigenerazione urbana e retrofit tecnologico in grado di incidere sulla riduzione delle emissioni climalteranti producendo al contempo benefici adattivi. Alcuni esempi riguardano l'introduzione di sistemi passivi per il risparmio energetico degli edifici e soluzioni di building e urban greening.
2. Letteralmente: L'uso delle fasi di recupero, riabilitazione e ricostruzione dopo un disastro per aumentare la resilienza di nazioni e comunità attraverso l'integrazione delle misure di Disaster Risk Reduction nel ripristino delle infrastrutture fisiche e dei sistemi sociali con il miglioramento della qualità della vita, delle economie e dell'ambiente.

References

Appulo L., Paszkowski J., Rossi L., Alarslan E., Attolico A., Ezgi Baksi E., Guarino G., Hearn M., Karantanellis E., Leone M., Zuccaro G., (2017), *Technical Session 2: Land-use planning and management practices at the local level, 2017 EFDRR Open Forum Istanbul, Turkey 26-28 March 2017*, accessed at: http://efdrrturkey.org/upload/files/Documents/2017EFDRR-TS2-ConceptNote.pdf.

EEA (2015), *Technical Report n. 2. Exploring nature-based solutions. The role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather- and climate change-related natural hazards*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

European Commission (2017), *Commission Staff Working Document.Overview of Natural and Man-made Disaster Risks the European Union may face*, accessed at: http://ec.europa.eu/echo/sites/echo-site/files/swd_2017_176_overview_of_risks_2.pdf.

European Commission (2016), *Commission Staff Working Document. Action Plan on the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. A disaster risk-informed approach for all EU policies*, accessed at: http://ec.europa.eu/echo/sites/echo-site/files/1_en_document_travail_service_part1_v2.pdf.

Gencer E., (2013), *The Interplay between Urban Development, Vulnerability, and Risk: A Case Study of the Istanbul Metropolitan Area*, Springer, New York.

Gencer E., Folorunsho R., Linkin M., Wang X., Natenzon C.E., Wajih S., Mani N., Esquivel M., Ali Ibrahim S., Tsuneki H., Castro R., Leone M., Panjwani D. (2018), "Disasters and risk in cities", in Rosenweig C., Solecki W., Romero-Lankao P., Mehotra S., Dhakal S., Ali Ibrahim S. (Eds.), *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network (ARC3.2)*, Cambridge University Press, pp. 61-98.

Hof A., Boot P., van Vuuren D., van Minnen J. (2014), *Costs and benefits of climate change adaptation and mitigation: An assessment on different regional scales*, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.

IPCC (2014), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.

Leone M.F. (2016), "Cambiamenti climatici, progettazione resiliente, scenari internazionali della ricerca / Climate change, resilient design, international research scenario", in D'Ambrosio V., Leone M.F. (Eds.), *Environmental design for climate change adaptation. Innovative models for the production of knowledge*, CLEAN, Napoli.

Mullan M., Kingsmill N., Matus Kramer A., Agrawala S. (2013), "National Adaptation Planning: Lessons from OECD Countries", *OECD Environment Working Papers*, N. 54, OECD Publishing, Paris.

OECD (2012), *Disaster Risk Assessment and Risk Financing A G20 / OECD Methodological Framework*, OECD Publishing, Paris.

OECD (2017), I*nvesting in Climate, Investing in Growth*, OECD Publishing, Paris.

Turnbull M., Sterrett C., Hilleboe A. (2013), *Toward Resilience .A Guide to Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation*, Practical Action Publishing Ltd, London.

Stone B. (2012), *The City and the Coming Climate: Climate Change in the Places We Live*, Cambridge University Press, New York.

UN-Habitat (2011), *Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements 2011*, Gutenberg Press, Malta.

UNDRO (1980), *Natural Disasters and Vulnerability Analysis: Report of Expert Group Meeting, 9-12 July 1979. Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator*, United Nations Disaster Relief Organization (UNDRO), Geneva.

UNISDR (2017), *How To Make Cities More Resilient. A Handbook For Local Government Leaders. A contribution to the Global Campaign 2010-2020 Making Cities Resilient - "My City is Getting Ready!"*, UNISDR, Geneva.

UNISDR (2017), *Build Back Better in recovery, rehabilitation and reconstruction*, UNISDR, Geneva.

Zuccaro G., Leone M.F., De Gregorio D. (2018a). "All-hazards impact scenario assessment methodology as decision support tool in the field of resilience-based planning and emergency management". *RESILIENCE - The 2nd International Workshop on Modelling of Physical, Economic and Social Systems for Resilience Assessment*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Zuccaro G., De Gregorio D., Leone. M.F. (2018b) "Theoretical model for cascading effects analyses", *International Journal of Disaster Risk Reduction. Special Issue: Understanding and mitigating cascading crises in the global interconnected system*, 2018.

Zuccaro G., Leone M.F. (2018) "Building Resilient Cities: A Simulation-Based Scenario Assessment Methodology for the Integration of DRR and CCA in a Multi-Scale Design Perspective", *Procedia Engineering*, 209, Elsevier.

between areas characterized by different research backgrounds, but all complementary to effectively contribute to the identification of responses and solutions appropriate to the systemic complexity of the challenge. Cities can be conceived as complex systems resulting from the interaction of different subsystems: physical, functional and socio-economic system. Natural hazards and climate change are producing increasing crises in each of these subsystems, with consequences for society as a whole. The challenge of realigning scientific research, technological innovation and the regeneration of urban areas in the light of transnational operational policies and practices requires to be supported by an equally systemic and multidisciplinary approach to the transformation of the built environment, where architectural and urban disciplines, social studies, earth and climate sciences, systems' engineering, probabilistic modelling and scenario analysis techniques, information and communication technologies, are called to focus on identifying and transferring effective and adaptive solutions to respond to the challenge of a sustainable and resilient growth in a globally connected and constantly changing world.

1. *Intended as urban regeneration and technological retrofitting actions able to reduce carbon emissions while delivering at the same time adaptive benefits. Some examples concern the introduction of passive solutions for energy savings in civil buildings and building/urban greening solutions.*
2. *Intended as the use of the recovery, rehabilitation and reconstruction phases after a disaster to increase the resilience of nations and communities through integrating disaster risk reduction measures into the restoration of physical infrastructure and societal systems, and into the revitalization of livelihoods, economies and the environment.*

Processi di adattamento in ambito urbano. La Piattaforma Metropolis come strumento di supporto alle decisioni

Valeria D'Ambrosio

Adaptation processes in urban areas. Metropolis Platform as a decision support tool

Technical policy, climate adaptation, decision-making processes

In the recent document of the European Environment Agency (2017), "Preparing Europe for climate change: coordination is key to reduce risks posed by extreme weather", the need to improve the alignment of Community policies in order to improve the coherence of the interventions and the use of innovative methodologies for the management of climate impacts is highlighted. Increasing frequency and impacts of climate events require a strengthening of the systematization of knowledge, policies and practices at EU level. This request also takes into consideration the state of technical knowledge and innovative tools to tackle the constantly increasing climate risks. In fact, the impacts related to heat waves, heavy rains, droughts and windstorms in the last decade have resulted in 450 billion euros of estimated economic losses, in the period from 1980 to 2016, for the 33 member states of the European Union (EEA, 2017).

The transition to a phase of greater awareness of impacts on economy and human health requires the search for new models of climate risks governance, encouraging cooperation between multiple actors, from the governmental and administrative levels to city networks. The EEA document stresses the importance of acquiring more data to populate web platforms or improve coordination between stakeholders in order to strengthen communication and information sharing among multiple subjects. The purposes include monitoring, measurement, reporting and final evaluation of the policies and actions undertaken. These objectives can be achieved by integrating the fight against climate change within other European policies on cities, on social cohesion, on land protection.

The outlined framework determines the new scenarios for the research, demanding innovative approaches that link universities, local authorities and industrial partners, through a collaboration based on integrated multidisciplinary contributions that can provide an appropriate response to the local scale with respect to the needs identified by the European Union. With reference to the policies to contain and contrast the effects of climate change, the first significant actions by the EU concerned both pilot interventions and technical policy guidelines. In many European cities, the implementation of pilot projects and strategic processes has defined the modalities of overall governance of urban and building transformations to reduce climate risk. The main projects implemented in Europe in the last decade are well known and represent the declination at the local scale of the community guidelines to combat the effects of climate change. From the San Kjeld district in Copenhagen to Benthemplein square in Rotterdam, urban projects are taking place where the approach of environmental design is at the basis of the architectural concept. However, the significance of such pilot projects should be considered within a widespread system of adaptive interventions and measured on the scenarios of future climate projections to evaluate their impact on the achievable level of adaptation. Among the procedural measures, the Rotterdam Climate Initiative (2007) is one of the most important plans in Europe, aimed at the prefiguration of a complex process in which adaptation and mitigation actions are linked with communication strategies and decision making.

Among the European policy documents, the EU Strategy on Adaptation to Climate Change (2013) represented the beginning of a more structured approach to the problem, setting the goal of promoting global adaptation strategies through funding for the development of action plans and more informed decision-making processes. As part of the knowledge and information processes, the European Strategy has acted on the implementation of the European Climate Adaptation Platform (Climate - ADAPT), the information platform established by the European Union on climate change, current and future vulnerabilities, adaptation, on the tools to support processes and plans.

The Italian government established in 2015 the "National Climate Change Adaptation Strategy" which was followed in 2017 by the "National Plan for Adaptation to Climate Change" (PNACC) in the final drafting phase after consultations with stakeholders. The plan is integrated in a manner which is consistent with the other strategies put in place by the Ministry for the Environment, Land and Sea Protection (MATTM), from sustainable development to circular economy and the climate-energy plan.

Confronted with national and European Union guidelines, the role of University research can be coherent with the objectives of its "third mission", i.e. with the ability to formulate proposals that support public actors in their decision processes (Schiaffonati et al., 2011). The presence of long-term strategic objectives defines a clear research question on which the multidisciplinary work developed by the Department of Architecture of the University of Naples Federico II within the Metropolis project represents a proposal of methodologies and knowledge models for the simulation of vulnerability and adaptation levels at the supra-municipal strategic level, providing urban and building environmental design solutions developed at the local scale. The research focused on the measurability of adaptation in specific contexts, mainly related to the physical components

Politica tecnica, adattamento climatico, processi decisionali

Nel recente documento "Preparare l'Europa ai cambiamenti climatici: il coordinamento è essenziale per ridurre i rischi causati dagli eventi atmosferici estremi", elaborato dall'agenzia Europea dell'ambiente EEA - European Environmental Agency (2017), viene evidenziata la necessità di migliorare l'allineamento delle politiche comunitarie al fine del miglioramento della coerenza degli interventi e dell'utilizzo di metodologie innovative per la gestione degli impatti climatici. L'incremento della frequenza e degli impatti degli eventi climatici impone un rafforzamento della sistematizzazione delle conoscenze, delle politiche e delle prassi operative a livello comunitario. Questa richiesta prende in considerazione anche lo stato delle conoscenze tecniche e degli strumenti innovativi per affrontare i rischi climatici in costante incremento. Infatti, gli impatti relativi a ondate di calore, piogge intense, siccità e tempeste di vento nell'ultimo decennio hanno determinato perdite economiche stimabili, nel periodo dal 1980 al 2016, in 450 miliardi di euro per i 33 stati membri dell'Unione Europea (EEA, 2017).

Il passaggio a una fase di maggiore consapevolezza dei danni economici e sulla salute umana impone la ricerca di nuovi modelli di governance dei rischi climatici, favorendo la cooperazione tra molteplici attori che operano dal livello governativo e amministrativo fino alle reti di città. Nel documento della EEA si sottolinea l'importanza di acquisire un numero maggiore di dati che popolano piattaforme web o di coordinamento tra soggetti e *stakeholder* al fine di rafforzare la comunicazione e la condivisione di informazioni tra più soggetti. La finalità è individuata nel mettere in campo attività di monitoraggio, misurazione, rendicontazione e valutazione finale delle politiche e delle azioni intraprese. Tali obiettivi possono essere raggiunti integrando la lotta ai cambiamenti climatici all'interno delle altre politiche europee sulle città, sulla coesione sociale, sulla protezione del territorio.

Il quadro delineato determina i nuovi scenari per la domanda di ricerca all'interno di approcci innovativi che collegano università, enti locali e partners industriali, attraverso una collaborazione basata su contributi multidisciplinari integrati che può fornire una risposta appropriata alla scala locale rispetto alle esigenze individuate dall'Unione Europea. In riferimento alle politiche di contenimento e contrasto degli effetti del *climate change*, le prime azioni significative da parte dell'UE hanno riguardato sia interventi pilota sia documenti di indirizzo di politica tecnica. In numerose città europee l'attuazione di progetti pilota e processi strategici ha definito le modalità di governo complessivo delle trasformazioni urbane ed edilizie per ridurre il rischio climatico. Il panorama dei principali progetti europei attuati a ridosso dell'ultimo decennio è noto e rappresenta la declinazione alla scala locale degli indirizzi comunitari per il contrasto degli effetti del cambiamento climatico. Dal quartiere San Kjeld di Copenaghen fino alla piazza di Benthemplein a Rotterdam si è in presenza di progetti urbani in cui l'approccio proprio dell'*environmental design* è alla base della concezione architettonica. Tuttavia la significatività di tali progetti pilota andrebbe considerata all'interno di un sistema diffuso di interventi adattivi e misurata sugli scenari delle future proiezioni climatiche per valutarne l'incidenza sul livello di adattamento raggiungibile. Fra le modalità di approccio di tipo processuale, fra i numerosi piani in Europa riveste una particolare rilevanza il Rotterdam Climate Initiative (2007) teso alla prefigurazione di un processo complesso in cui sono messe in relazione le azioni di adattamento e mitigazione con strategie di comunicazione e di *decision making*.

Fra i documenti di indirizzo di politica tecnica europea, la *EU Strategy on Adaptation to climate change* (2013) ha rappresentato l'inizio di un approccio più strutturato al problema, fissando l'obiettivo di promuovere strategie globali di adattamento attraverso finanziamenti per lo sviluppo di piani di azione e processi decisionali più consapevoli.

Nell'ambito dei processi di conoscenza e informazione la strategia europea ha agito sulla implementazione della European Climate Adaptation Platform (Climate - ADAPT), la piattaforma informativa istituita dall'Unione Europea sulle variazioni climatiche in Europa, sulle vulnerabilità correnti e future, sulle strategie di adattamento, sui tools di supporto ai Piani di adattamento.

Il governo italiano ha istituito nel 2015 la "Strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici" a cui è seguito nel 2017 il "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" (PNACC) in fase di stesura definitiva a valle delle consultazioni con i portatori di interesse. Il piano si integra in maniera coerente con le altre strategie messe in campo dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), da quella per lo sviluppo sostenibile a quella sull'economia circolare e al piano clima-energia.

A fronte degli indirizzi nazionali e dell'Unione Europea, il ruolo della ricerca universitaria può collocarsi coerentemente con gli obiettivi della sua "terza missione", ovvero con la capacità di formulare proposte che affianchino i soggetti pubblici nel supporto alle decisioni (Schiaffonati et al., 2011). La presenza di obiettivi strategici di lungo periodo definisce una chiara domanda di ricerca sulla quale il lavoro di tipo multidisciplinare sviluppato dal Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli Federico II nell'ambito del progetto Metropolis rappresenta una proposta di metodologie e modelli di conoscenza e per la simulazione dei livelli di vulnerabilità e di adattamento intermedi tra il livello strategico sovracomunale e le soluzioni di progetto ambientale urbano ed edilizio sviluppate alla scala locale. La ricerca si è concentrata sulla misurabilità dell'adattamento in specifici contesti correlati prevalentemente alle componenti fisiche del sistema urbano, ritenendo cruciali il passaggio di scala dall'area vasta ad ambiti più circoscritti per poter

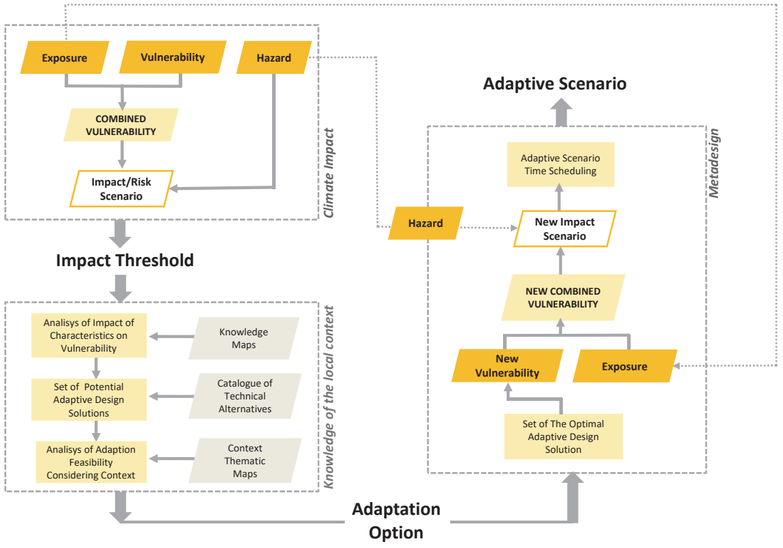
definire le tipologie degli interventi di riqualificazione appropriati agli obiettivi di riduzione della vulnerabilità climatica e di incremento dell'adattamento (Losasso, 2016).
La ricerca Metropolis si è focalizzata su una parte per ora poco approfondita negli scenari europei e nazionali che riguarda gli effetti di tipo adattivo degli interventi diffusi di progettazione ambientale nei contesti locali. Nel passaggio di scala tra la pianificazione di area vasta e il livello progettuale locale fino alla scala edilizia, emergono altre problematiche e modalità di definizione di sotto-processi legati all'acquisizione e alla gestione di dati, alla loro elaborazione e alla individuazione degli interventi di retrofit urbano e ambientale necessari per ridurre la vulnerabilità climatica del sistema fisico della città. Nel passaggio circoscritto alla scala distrettuale urbana emerge, inoltre, la necessità di misurare gli effetti dei processi di adattamento. I valori riscontrati consentono di sviluppare livelli decisionali e di supporto agli indirizzi strategici per l'allocazione delle risorse.
Gli interventi di *adaptive design* per la riduzione della vulnerabilità del sistema fisico agli effetti del *climate change* sono inquadrati in un processo decisionale che parte dalla programmazione degli interventi in base a specifiche esigenze ed è finalizzato alla simulazione della realizzazione e della gestione di interventi di retrofit tecnologico capaci di contrastare gli impatti climatici. All'interno del processo decisionale di *adaptive design*, la ricerca ha individuato come elemento strategico il processo di metaprogettazione degli interventi in cui viene definito il momento di transizione tra una fase istruttoria di progetto - in cui sono raccolti i dati e sono sviluppate le analisi - e una sua fase di formalizzazione e sintesi. Nei processi decisionali la metaprogettazione, a partire dalla sua accezione consolidata (Magnaghi, 1973), va interpretata come il momento in cui prevalgono le informazioni e i dati, le opzioni e le connessioni all'interno dei sistemi complessi, determinando le corrispondenze tra un quadro di requisiti del sistema ambientale e le prestazioni del sistema tecnologico (Giovenale, 2012). Se il processo decisionale rappresenta la fase di gestione ed elaborazione delle informazioni, prefigurando appropriate scelte in termini di obiettivi, strategie e soluzioni progettuali, la metaprogettazione degli interventi di *adaptive design* è riferita a uno specifico modello operativo di cui viene definita la struttura del processo decisionale che attraverso attività, nodi decisionali e fasi di input e output, inquadra le modalità secondo cui sono elaborate le informazioni, definite le sequenze, stabilite le scelte e gli esiti. Questo concetto di metaprogettazione rappresenta un indirizzo per la progettazione, in cui prevalgono riferimenti a indicatori di natura esigenziale e logiche di intervento attuate attraverso categorie tecniche che, nel definire scenari operativi, pongono l'accento sugli aspetti problematici e sulle alternative di intervento come premessa alle successive scelte di tipo progettuale.
Nel corso della ricerca è stato elaborato il Modello operativo del processo decisionale di *adaptive design* realizzando un sistema geo-computazionale di supporto alle decisioni per la riduzione dei rischi climatici che consente di stimare i contributi delle azioni di adattamento alla riduzione degli impatti sul sistema urbano. L'obiettivo del processo è la

of the urban system, considering the passage of scale from the vast area to more circumscribed areas to be able to define the types of redevelopment interventions appropriate to the climate vulnerability reduction targets (Losasso, 2016). Metropolis research has focused on a part that is so far not very detailed in the European and national scenarios, concerning the adaptive effects of widespread environmental design interventions in local contexts. In the change of scale between large scale planning and the local actions up to the building scale, other problems and methods of definition of sub-processes emerge, related to the acquisition and management of data, their elaboration and the identification of urban and environmental retrofitting necessary to reduce the climatic vulnerability of the city's physical system. Furthermore, in the passage to the urban district scale, the need to measure the effects of adaptation processes emerges. The values found allow to develop decision-support actions for the strategic allocation of resources.
Adaptive design interventions to reduce the vulnerability of the physical system to the effects of climate change are framed in a decision-making process that starts from the planning of interventions according to specific needs and is aimed at simulating the implementation and management of technological retrofit interventions capable of reducing climate impacts. Within the decision-making process of adaptive design, the research has identified as a strategic element the meta-design of interventions, in which the transition moment is defined between a preliminary project phase - in which data are collected and analyses are developed - and a phase of formalization and synthesis. In the decision-making processes, meta-design, starting from its consolidated meaning (Magnaghi, 1973), must be interpreted as the moment in which information and data, options and connections within complex systems prevail, determining the correspondences between a framework of environmental system's requirements and technological system's performance (Giovenale, 2012). If the decision-making process represents the management and processing phase of the information, prefiguring appropriate choices in terms of objectives, strategies and design solutions, the meta-design of the interventions of adaptive design refers to a specific operating model in which the decision-making structure is defined through activities, decisional nodes and input and output phases, framing the ways in which information is processed, the sequences defined, and the choices and outcomes established. This concept of meta-design represents a direction for design, in which the reference to performance indicators and intervention logics structured through technical categories prevail, defining operational scenarios, emphasizing the problematic aspects and the intervention alternatives as a premise to the subsequent design choices.
During the course of the research, the operational Model of the decision-making process of adaptive design was developed, creating a geo-computational system to support decisions to reduce climate risks, which allows estimating

valutazione dell'incidenza di alternative tecniche di adattamento applicate ai sottosistemi urbani di edifici e spazi aperti e finalizzate alla riduzione degli impatti climatici.
L'elaborazione di una strategia di adattamento è partita dalla stima della vulnerabilità climatica dei sottosistemi urbani relazionati al bene esposto e al fenomeno indagato. Il *decision maker*, definendo una soglia di indice di impatto, può valutare quali soluzioni di *adaptive design* siano possibili per accrescere la capacità adattiva di un elemento urbano o di un intero distretto urbano per i quali sia stato valutato un indice di impatto inferiore alla soglia. Il sistema geo-computazionale individuato permette di valutare quali caratteristiche dei sottosistemi urbani incidono maggiormente sull'indice di impatto. Ciò consente di definire un set di azioni di retrofit tecnologico per il miglioramento della capacità adattiva. Lo scenario di impatto è elaborato prendendo in considerazione uno scenario di *hazard* del fenomeno e il valore di *vulnerabilità integrata* che esprime la combinazione del valore esposto al rischio climatico (*esposizione*) e delle *vulnerabilità intrinseca* dei sottosistemi urbani.
Il processo prevede la selezione di un valore di soglia per l'indicatore di scenario di impatto, al di sotto del quale il decisore ritiene possano presentarsi rischi consistenti che procurerebbero danni al valore esposto. Per quegli elementi del sistema urbano per i quali il valore dell'indicatore di impatto risulta inferiore alla soglia predefinita, è valutata l'incidenza di alternative tecniche di adattamento, prendendo in considerazione le specifiche caratteristiche tipo-morfologiche e costruttive principali. Successivamente, a partire dalla valutazione degli aspetti correlati al contesto urbano, quali, ad esempio, condizioni di rischio idrogeologico o sismico, vincoli normativi, ambientali, ecc., sono selezionate le azioni di adattamento compatibili con i contesti fino a quelle ottimali. Le carte tematiche di contesto riportano zone di vincolo o rischio, aree di particolare interesse storico-architettonico, ecc. L'integrazione delle singole carte di contesto, mediante processi di intersezione spaziale, restituisce perimetrazioni di aree omogenee relative ai contesti locali considerati. Il processo di analisi di fattibilità degli interventi prende in considerazione tutte le caratteristiche dell'area omogenea di contesto in cui il sistema oggetto dell'intervento ricade e ne verifica la fattibilità in base alla compatibilità con le caratteristiche locali di tipo ambientale, edilizio e urbano.
Al termine di questa fase vengono rielaborate le carte di vulnerabilità intrinseca dei sottosistemi, quella di vulnerabilità integrata e il nuovo scenario di impatto a partire dal quale è possibile pianificare un *time scheduling* degli interventi al fine di definirne una sequenza temporale. Integrando la schedulazione degli interventi con lo scenario di impatto si definiscono carte di scenari adattivi che permettono di valutare i benefici ottenuti di volta in volta con l'attuazione dei vari interventi.
Il flusso dei dati e delle decisioni è schematizzato nella *flowchart* del processo in cui sono individuate sia le relazioni che i nodi problematici. Il decisore può valutare l'effettivo beneficio prodotto dagli interventi comparando lo scenario di impatto con quello di adattamento. Analizzando le variazioni tra i due scenari, si possono individuare le aree

the contributions of adaptation actions to the reduction of impacts on the urban system. The objective of the process is the evaluation of the impact of alternative technical adaptation applied to urban subsystems of buildings and open spaces. The elaboration of an adaptation strategy started from the estimation of the climatic vulnerability of the urban subsystems in relation to the exposed assets and the phenomenon investigated. The decision maker, by defining an impact index threshold, can evaluate which adaptive design solutions are possible to increase the adaptive capacity of an urban element or of an entire urban district for which an impact index lower than the threshold has been evaluated. The geo-computational system makes it possible to assess which characteristics of the urban subsystems have the greatest impact on the impact index. This allows to define a set of technological retrofit actions for the improvement of adaptive capacity. The impact scenario is elaborated taking into consideration a hazard scenario and the value of integrated vulnerability that expresses the combination of the value exposed to the climate risk (exposure) and the intrinsic vulnerability of the urban subsystems.
The process involves the selection of a threshold value for the impact scenario indicator, below which the decision maker believes that substantial risks could arise that would cause damage to the subsystem. For those elements of the urban system for which the value of the impact indicator is lower than the predefined threshold, the incidence of alternative adaptation techniques is evaluated, taking into account the specific main type-morphological and constructive characteristics. Subsequently, starting from the evaluation of the aspects related to the urban context, such as, for example, hydrogeological or seismic risk conditions, regulatory, environmental constraints, etc., adaptation actions compatible with the contexts up to the optimal ones are selected. Thematic "context maps" highlight areas characterized by specific constraints or risks (such as seismic, volcanic or hydrogeological), and by particular historical-architectural interest. The integration of the individual context maps, by means of spatial intersection processes, returns perimeters of homogeneous areas relative to the local contexts considered. The process of feasibility analysis of the interventions takes into consideration all the characteristics of the homogeneous areas in which the system object of the intervention is included, and verifies its feasibility based on compatibility with the local environmental, building and urban characteristics.
At the end of this phase, the intrinsic vulnerability of the subsystems, the integrated vulnerability and the new impact scenario maps are reprocessed, thus allowing to plan a time scheduling of the interventions in order to define a temporal sequence. By integrating the scheduling of the interventions with the impact scenario, adaptive scenarios maps - that allow to evaluate the benefits obtained from time to time with the implementation of the various interventions - are defined. The flow of data and decisions is summarized in the

Modello operativo del processo decisionale per la metaprogettazione di interventi di *adaptive design* / *Operational model of the decision-making process for the meta-design of adaptive interventions.*



meno resilienti del sistema urbano e verificare quali aspetti di carattere tipo-morfologico, tecnologico o di contesto ne limitano i benefici. Tali valutazioni consentono di identificare le aree in cui emerge la necessità di attuare strategie di intervento differenziate in relazione a specifici obiettivi da perseguire.
Durante le attività di ricerca l'intero processo decisionale è stato sperimentato in aree di studio relative alle zone orientale e occidentale di Napoli.

La Piattaforma Metropolis e l'azione di supporto alle decisioni

Un esito del programma di ricerca ha riguardato la progettazione e la realizzazione di un sistema informativo integrato che permettesse di raccogliere, elaborare, rappresentare e divulgare le informazioni e i dati qualitativi e quantitativi elaborati con le metodologie di analisi e i modelli sperimentali prodotti nelle varie fasi della ricerca, mettendoli in relazione con la loro localizzazione geografica e temporale in modo da favorire sia la loro interrogazione che la loro analisi in supporto ai processi decisionali.
Il progetto Metropolis ha così prodotto una piattaforma webGIS con l'obiettivo di restituire a decisori, pubbliche amministrazioni e progettisti conoscenze e strumenti orientati a fornire consapevolezza dei livelli di vulnerabilità e delle azioni progettuali per contenere gli impatti legati ai fenomeni naturali di carattere sismico, idrogeologico e climatico.

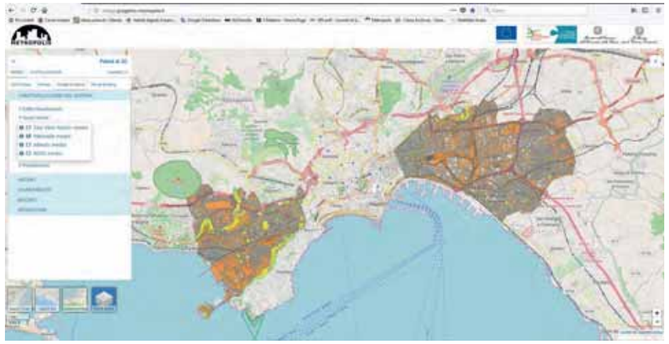
Si tratta di una piattaforma di supporto alla gestione del territorio urbano completa e flessibile in relazione alle specificità locali, costituita da moduli aventi una propria autonomia funzionale. La piattaforma si articola su un insieme di innovazioni organizzative standardizzate per la gestione del territorio e per l'attuazione dei principi di interoperabilità applicativa, in un'ottica di cooperazione tra i vari enti e soggetti interessati alle problematiche legate all'adattamento ed alla sicurezza dei sistemi urbani.
Il sistema rappresenta uno strumento di visualizzazione, interrogazione, sviluppo e condivisione di carte tematiche attraverso il web. La modalità di lavoro attuata all'interno del gruppo di ricerca ha teso a favorire un approccio condiviso tra tutti i componenti al fine di scambiare dati sulla piattaforma prevedendo un processo ricorsivo di perfezionamento progressivo degli elaborati utilizzando meccanismi di profilatura differenziati con canali di accesso personalizzabili ai dati. Con successive implementazioni della piattaforma sarà possibile mostrare e permettere di analizzare dati GIS sulla rete, rendendoli visibili e condividendoli in tempo reale, in modo da ipotizzare un network condiviso di ricerca e sviluppo, che permetta di collegare e rendere disponibili in tempo reale i dati anche con differenti livelli di accesso nonché di realizzare un canale di fruizione stabile ed efficace attraverso profili di accesso dedicati.
Attualmente, tra le diverse operazioni che il sistema web mette a disposizione degli utenti vi sono:
- possibilità di effettuare misurazioni planimetriche e lineari;
- sovrapposizione ed intersezione con altri elaborati (ad esempio piani urbanistici, cartografia;
regionale, immagini telerilevate, mappe catastali, piano regolatore generale, cartografie tecniche e tematiche, ecc.);
- tutte le operazioni di base proprie dell'analisi spaziale e dell'uso di cartografia digitale utilizzabili via web (impostare la scala di visualizzazione, navigare all'interno della mappa mediante operazioni di ingrandimento e riduzione, eseguire delle interrogazioni sulle banche dati collegate agli elementi geometrici, inserire in sfondo mappe raster e di cartografia di base, ecc.);
- possibilità di estrapolare delle stampe in formato raster per stralci planimetrici;
- possibilità di consultazione del database informativo, con modalità di interrogazione sia interattive che tabellari e spaziali.
L'accesso alla banca dati centralizzata avviene mediante un'interfaccia grafica strutturata in modo intuitivo, tale da poter essere utilizzato anche da personale non esclusivamente tecnico o addetto ai lavori. In particolare, l'interfaccia prevede un menù di selezione per attuare la ricerca dei dati in base alle due aree di studio delle città di Napoli e di Castellammare (quest'ultima per quanto attiene il solo rischio idrogeologico). Per ognuna delle aree di studio è possibile interrogare il database rispetto ai "dati di base" e allo specifico rischio naturale: sismico, idrogeologico, climatico - ondata di calore e *pluvial flooding*.

flowchart of the process in which both the relationships and problematic nodes are identified. The decision maker can evaluate the actual benefit produced by the interventions by comparing the impact scenario with the adaptation scenario. By analyzing the variations between the two scenarios, we can identify the less resilient areas of the urban system and verify which aspects of a morphological, technological or context type limit the benefits. These assessments make it possible to identify the areas in which the need arises to implement differentiated intervention strategies in relation to specific objectives to be pursued.
During the research activities the entire decision-making process was experimented in the study areas of east and west Naples.

The Metropolis Platform and the decision support action

An outcome of the research program concerned the design and implementation of an integrated information system that allowed to collect, process, represent and disseminate the qualitative and quantitative information and data processed through the analysis methodologies and the experimental models produced in the various research phases. These are related to the geographical and temporal location in order to favor both their query and their analysis in support of decision-making processes.
The Metropolis project thus produced a webGIS platform with the aim of providing decision makers, public administrations and designers with knowledge and tools aimed at raising the awareness of the levels of vulnerability and of suitable project actions to contain the impacts linked to natural hazards (including climate, seismic and hydrogeological risks).
This is a complete and flexible urban area management support platform in relation to local specificities, consisting of modules with their own functional autonomy. The platform is based on a set of standardized organizational innovations for the management of the territory and for the implementation of the principles of application interoperability, in a perspective of cooperation between the various bodies and stakeholders interested in the problems related to adaptation and safety of urban systems.
The system is a tool for viewing, querying, developing and sharing thematic maps through the web. The working method implemented within the research group has tended to favor a shared approach between all the components in order to exchange data on the platform, providing a recursive process of progressive refinement of the documents using differentiated profiling mechanisms with customizable access to the data. With a further implementation of the platform it will be possible to show and analyze GIS data on the web, making them visible and sharing them in real time, so as to hypothesize a shared research and development network, which allows to connect and make data available in real time also with different levels of access.
Currently, among the various operations that the web system

Piattaforma Metropolis sezione Caratterizzazione del sistema. Hillshade medio del sottosistema edifici in relazione al fenomeno di ondata di calore nelle aree orientali e occidentali di Napoli / *Metropolis platform section System characterization. Hillshade average of the buildings subsystem in relation to the heat wave phenomenon in the eastern and western areas of Naples.*

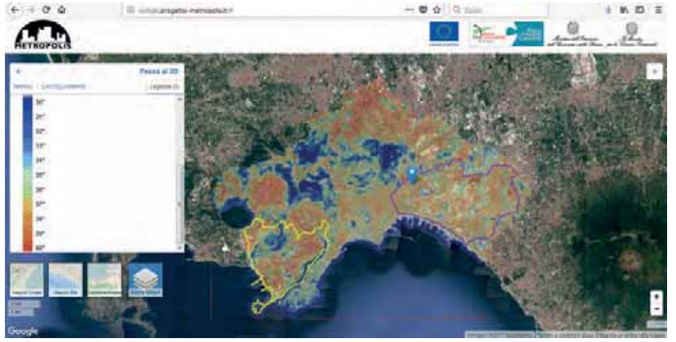


Per quanto attiene l'attività del gruppo di ricerca del Dipartimento di Architettura i dati e i risultati riportati nella piattaforma sono l'esito dell'applicazione delle metodologie innovative per la produzione di conoscenza sviluppate nella prima fase della ricerca (D'Ambrosio e Leone, 2016) e del modello di vulnerabilità, di simulazione degli impatti e di scenari di adattamento alle ondate di calore e al *pluvial flooding* applicato nei distretti urbani di Napoli est ed ovest.
Per ogni fenomeno climatico la strutturazione del database informativo attiene a differenti livelli di informazione analizzati rispetto alla scomposizione sistemica della città nei sottosistemi *Edifici*, *Spazi aperti* e *Popolazione*. La piattaforma contiene carte tematiche che fanno riferimento a specifici aspetti conoscitivi e alla elaborazione dei dati che costituiscono una componente importante dei risultati di ricerca. Le carte sono accompagnate da un breve testo nel quale sono specificati i differenti tematismi, i criteri di classificazione, gli eventuali processi di elaborazione dei dati e il grado di risoluzione degli stessi. La banca dati riporta in prevalenza gli esiti di elaborazione di informazioni e rilevamenti di carattere tecnologico e ambientale, sintetizzati e successivamente iterati su edifici, spazi aperti ed elementi urbani dalle caratteristiche analoghe. Sono stati effettuati test di verifica tra elementi omogenei e, nel caso in cui si sono riscontrate differenze di caratteristiche e prestazioni nell'attuale condizione di esercizio, sono state effettuate delle tarature di interpolazione tra valori non corrispondenti a range prefissati.
La componente informativa della piattaforma relativa alla vulnerabilità, agli impatti e all'adattamento climatico è impostata a partire dai caratteri sistemici, processuali, multidisciplinari e interscalari propri di un approccio ambientalmente consapevole. La possibilità di riportare dati puntuali relativi alle caratteristiche e alle prestazioni di edifici e spazi interfacciandoli con i dati relativi alla popolazione ha consentito di affrontare lo studio di sistemi complessi con l'utilizzo di strumenti di *information technology* indirizzati a processi di *simulation* e *modeling*. L'approccio ambientale esprime una intrinseca capacità di correlare molteplici componenti di diversa provenienza disciplinare, che si esplicitano nella complessità delle carte tematiche e alla interscalarità secondo processi di *upscaling* e *downscaling*. «Le modalità di lettura del sistema urbano e, in particolare, del sottosistema fisico, richiedono la comprensione di complesse interazioni tra i vari sottosistemi ma anche fra le diverse categorie interpretative, al fine di poter indirizzare linee di sviluppo» appropriate all'attuale dibattito sui temi della sostenibilità della città contemporanea, tenendo conto della centralità delle sfide ambientali ed energetiche che sono alla base di una visione in prospettiva dello Spazio Europeo della Ricerca (Losasso, 2017). La centralità della conoscenza, della lettura interpretativa della città e dei suoi sottosistemi è infatti alla base delle ricadute dei processi di adattamento alla scala locale partendo dalla comprensione dei fenomeni climatici e degli scenari di rischio alla scala territoriale. Tale passaggio di scala favorisce la comprensione dell'incidenza dei fattori funzionali-spaziali, tipo-morfologici, ambientali e tecnologici come contributo alla conoscenza del microclima dei distretti urbani e al suo miglioramento attraverso appropriati interventi di retrofit edilizio e urbano come apporto ai processi di adattamento climatico.
All'interno della piattaforma sono presenti, quale esito della intensa elaborazione multidisciplinare, numerose sezioni tematiche. Nella prima sezione denominata *Caratterizzazione del sistema* sono raccolte le carte tematiche che si riferiscono alla conoscenza degli elementi urbani ritenuti connotanti rispetto ai due fenomeni climatici considerati. Per ogni tematismo, l'area di studio può essere interrogata in ogni punto geografico per ottenere, attraverso una specifica finestra di dialogo, informazioni con risoluzioni molto dettagliate sui dati rilevati e non ancora oggetto di classificazione in termini di intervalli o di *benchmark*.
Le carte tematiche sull'ondata di calore e sul *pluvial flooding* attengono prevalentemente, nel primo caso, alle caratteristiche tecnologiche e ambientali degli involucri edilizi e delle superfici degli spazi aperti mentre, nel secondo, agli aspetti relativi alle caratteristiche delle superfici esposte e dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche. Inoltre, per la popolazione sono state prese in considerazione le fasce d'età, le attività e la densità sul territorio.
Nella seconda sezione relativa all'*Hazard*, è possibile consultare i dati provenienti dalla simulazione di scenari di pericolosità a diversi intervalli temporali elaborati in relazione ai modelli di previsione di emissioni e concentrazioni di gas serra, aerosol, gas chimicamente attivi e variazioni di uso del suolo (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change). Le proiezioni nel tempo delle caratteristiche che connotano gli *hazard* climatici indagati (temperature massima e minima, umidità relativa giornaliera, altezza di precipitazione giornaliera in mm) sono state ottenute a partire dai risultati di una ricerca del Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) (Bucchignani et al., 2015; Mercogliano et al., 2016; Zollo et al., 2015) in cui sono stati considerati due dei quattro scenari

makes available to users are the following:
- possibility of carrying out surface and linear measurements;
- overlap and intersection with other layers (e.g. urban plans, regional cartography, remote sensing images, cadastral maps, general urban plan, technical and thematic maps, etc.);
- perform all the basic operations of spatial analysis and use the digital cartography via the web (set the display scale, navigate the map through enlargement and reduction operations, perform queries on the databases linked to the geometrical elements, insert in the background raster maps and basic cartography, etc.);
- extrapolate prints in raster format for plan excerpts;
- consult the information database, with interactive, tabular and spatial querying methods.
The access to the centralized database takes place through an intuitively structured graphic interface, which can also be used by a non technical or skilled user. In particular, the interface provides a selection menu to implement the data search based on the two areas of study of the cities of Naples and Castellammare (the latter with regard to hydrogeological risk only). For each of the study areas it is possible to query the database with respect to the "basic data" and to the specific natural hazard: seismic, hydrogeological, climatic (heat wave and pluvial flooding).
As regards the activity of the research group of the Department of Architecture, the data and results reported in the platform are the outcome of the application of innovative methodologies for the production of knowledge developed in the first phase of research (D'Ambrosio and Leone, 2016) and the vulnerability model, impact simulation and heat wave / pluvial flooding adaptation scenarios applied in the urban districts of east and west Naples.
For each climatic phenomenon the structuring of the information database concerns different levels of information analyzed with respect to the systemic decomposition of the city in the Building, Open Space and Population subsystems. The platform contains thematic maps that refer to specific knowledge aspects and to the processing of data that constitute an important component of the research results. The maps are accompanied by a short text which specifies the different themes, classification criteria, possible data processing and their degree of resolution. The database mainly reports the results of processing information and surveys of a technological and environmental nature, summarized and subsequently iterated on buildings, open spaces and urban elements with similar characteristics. Verification tests were carried out between homogeneous elements and, in the case in which there were differences in characteristics and performances in the current operating condition, interpolation calibrations were made between values not corresponding to pre-established ranges.
The information component of the platform related to vulnerability, impacts and climate adaptation is based on the systemic, procedural, multidisciplinary and multi-scale characteristics framing an environmentally conscious approach. The possibility of reporting precise data on the characteristics and performances of buildings and spaces, interfacing them with population data, has allowed to tackle the study of complex systems with the use of information technology tools for simulation and modeling.
The environmental approach expresses an intrinsic ability to correlate multiple components of different disciplinary fields, which are expressed in the complexity of the thematic maps and their multi-scale nature. «The modalities of reading the urban system and, in particular, the physical subsystem, require the understanding of complex interactions between the various subsystems but also between the different interpretative categories, in order to be able to orient development pathways» appropriate to the current debate on sustainability of the contemporary city, taking into account the centrality of the environmental and energy challenges in perspective of the European Research Area (Losasso, 2017). The centrality of knowledge and interpretative reading of the city and its subsystems is in fact the basis of effective adaptation processes at the local scale, starting from the understanding of climate phenomena and risk scenarios at the territorial scale. This shift in scale favors the understanding of the role of functional-spatial, morphological, environmental and technological factors in the urban district's microclimate and its improvement through appropriate building and urban retrofit interventions as a contribution to the climate adaptation processes.
Within the platform there are numerous thematic sections as a result of the intense multidisciplinary elaboration. The System Characterization section refers to the knowledge of key urban elements with respect to the two climatic phenomena considered. For each of them, the study area can be interrogated in every geographical point to obtain, through a specific dialogue window, information with a very detailed resolution on the data collected, not yet classified in terms of intervals or benchmarks.

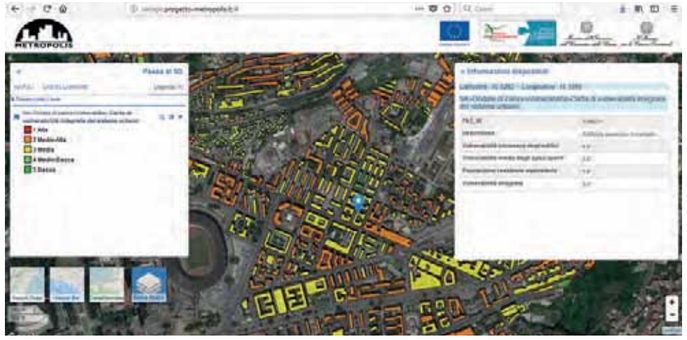
The thematic maps on the heat wave and on the pluvial flooding mainly concern, in the first case, the technological and environmental characteristics of the building envelopes and the surfaces of the open spaces while, in the second, the aspects related to the characteristics of the exposed surfaces and the sewage system. Furthermore, the age groups, population activities and density on the territory were taken into account.
In the section related to Hazard it is possible to consult the data coming from the simulation of hazard scenarios at different time intervals elaborated in relation to the forecast models of emissions and concentrations of greenhouse gases, aerosols, chemically active gases and variations in land use (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change).
The projections over time of the factors that characterize the investigated climate hazards (maximum and minimum temperatures, daily relative humidity, daily precipitation height in mm) have been obtained starting from the results of a research conducted by the Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC) (Bucchignani et al., 2015; Mercogliano et al., 2016; Zollo et al., 2015), in which two of the four emissions and GHG concentrations scenarios to 2100 were considered (IPCC 2013, IPCC 2014):
- RCP4.5 scenario, in which emissions stabilization is expected;
- RCP8.5 scenario, in which a constant increase in emissions up to 2100 is expected.
The thematic maps can be interrogated with regard to the increase in the heat wave phenomenon in relation to the scenarios referred to short- (2010-2040), medium- (2041-2070) and long-term (2071-2100). In this last condition and with the worst case scenario (RCP 8.5) the simulation shows that up to 90 consecutive days of heat waves can occur. The levels of danger on buildings and open spaces are classified according to 5 classes that express the achievement and the overcoming for three consecutive days of the thresholds of $T_{max} \geq 30$ °C, of $T_{min} \leq 20$ °C, of the Heat Index ≥ 32 °C, of the thermal gradient ΔT <10 ° C (D'Ambrosio, Di Martino 2016).
The spatialization of the effects of the phenomenon on the study area was possible through the processing of satellite data, acquired during a heatwave event, with which the difference in night / day temperature could be measured and the variations emerged in those districts that accumulate a greater thermal load returning it during the night hours.
For the phenomenon of pluvial flooding, the hazard was assessed, first of all, in relation to the Flood Hazard Rating (FHR), an index related to the height and speed of the water as well as a factor related to the quantity of rain. This index was not very significant for the area of east Naples and therefore reference was made to the concentration of calls received to the Civil Protection in 2014 or where the intense rain event was on average more dangerous.
The Vulnerability section takes into account both the intrinsic vulnerabilities of the physical subsystems and their contribution to the integrated vulnerability that summarizes in a single index the overall vulnerability of the physical system with the exposed value, differentiated in relation to the investigated phenomena. For each climate phenomenon there are three types of thematic maps: the first concerns the integrated vulnerability of the urban system, the second concerns the intrinsic vulnerability of the subsystem (buildings, open spaces and population), the third is related to each individual indicator of vulnerability. For the heat wave phenomenon, the thematic map of the integrated vulnerability of the urban system refers, as an exposed value, to the resident population and is realized taking into consideration the intrinsic vulnerability of residential buildings, the average vulnerability of the surrounding open space (with radius of 100 m) and the equivalent resident population on a volumetric basis with respect to each building. For the phenomenon of pluvial flooding, on the other hand, the integrated vulnerability map of the urban system shows the exposed value relative to the quantity of surface of the ground floors. It is made considering the intrinsic vulnerability of the buildings, the average vulnerability of the surrounding open space (with a radius of 100 m) and the extent of the surfaces on the ground floor. In the section, for each phenomenon, there are also three thematic maps related to the intrinsic vulnerability of the different subsystems obtained through a weighted average of the values of each of the indicators, as well as all the vulnerability indicators maps. These are 11 thematic maps of indicators related to the heat wave, of which 4 for the building subsystem (shading, phase shift, attenuation and volume), 4 for open spaces (Sky View Factor, shading, albedo, Normalized Difference Vegetation Index) and 3 for the population (resident population density, weak age groups

sull'andamento di emissioni e concentrazioni di gas serra (GHG) al 2100 (IPCC 2013, IPCC 2014) relativi allo:
- scenario RCP4.5 in cui è prevista una stabilizzazione delle emissioni;
- scenario RCP8.5 in cui è previsto un incremento costante delle emissioni fino al 2100.
Le carte tematiche possono essere interrogate rispetto all'incremento della persistenza del fenomeno ondata di calore in relazione agli scenari precedentemente richiamati a breve (2010-2040), a medio (2041-2070) e a lungo termine (2071-2100). In quest'ultima condizione e con lo scenario peggiore (RCP 8.5) la simulazione evidenzia che potranno verificarsi fino a 90 giorni consecutivi di ondata di calore. I livelli di pericolosità su edifici e spazi aperti sono classificati in base a 5 classi che esprimono il raggiungimento e il superamento per tre giorni consecutivi delle soglie della $T_{max} \geq 30$°C, della $T_{min} \leq 20$°C, dell'Heat Index ≥ 32 °C, del gradiente termico ΔT < 10 °C (D'Ambrosio, Di Martino 2016) . La spazializzazione degli effetti del fenomeno sull'area di studio è stata possibile attraverso l'elaborazione di dati satellitari, acquisiti durante un evento di ondata di calore, con i quali si è potuta misurare la differenza di temperatura notte/giorno e far emergere le variazioni in quei distretti che accumulano un maggiore carico termico restituendolo durante le ore notturne.
Per il fenomeno di *pluvial flooding* la pericolosità è stata valutata, in prima battuta, in relazione al *Flood Hazard Rating* (FHR), un indice di pericolo alluvionale correlato all'altezza e alla velocità dell'acqua oltre che ad un fattore connesso alla quantità di pioggia. Tale indice è risultato poco significativo per l'area di Napoli est e pertanto si è fatto riferimento alla concentrazione di chiamate pervenute alla Protezione Civile nel 2014 ovvero dove l'evento di pioggia intensa è risultato in media più pericoloso.
Nella sezione relativa alla *Vulnerabilità* si è tenuto conto sia delle vulnerabilità intrinseche dei sottosistemi fisici sia del loro concorso alla vulnerabilità integrata che sintetizza in un unico indice la complessiva vulnerabilità del sistema fisico con il valore esposto, differenziato in relazione ai fenomeni indagati. Per ogni fenomeno climatico sono presenti tre tipi di carte tematiche: il primo riguarda la vulnerabilità integrata del sistema urbano, il secondo attiene alla vulnerabilità intrinseca del sottosistema (edifici, spazi aperti e popolazione), il terzo è relativo ad ogni singolo indicatore di vulnerabilità. Per il fenomeno dell'ondata di calore la carta tematica della vulnerabilità integrata del sistema urbano si riferisce, come valore esposto, alla popolazione residente ed è realizzata prendendo in considerazione la vulnerabilità intrinseca degli edifici residenziali, la vulnerabilità media dello spazio aperto circostante (con raggio di 100 m) e la popolazione residente equivalente su base volumetrica rispetto ad ogni edificio. Per il fenomeno del *pluvial flooding*, invece, la carta di vulnerabilità integrata del sistema urbano attiene al valore esposto relativo alla quantità di superficie dei piani terra. Essa è realizzata considerando la vulnerabilità intrinseca degli edifici, la vulnerabilità media dello spazio aperto circostante (con raggio di 100 m) e l'entità delle superfici al piano terra. Nella sezione, per ogni fenomeno, sono presenti inoltre tre carte tematiche relative alla vulnerabilità intrinseca dei differenti sottosistemi ottenute attraverso una media pesata dei valori degli indicatori di ognuno di essi, nonché tutte le carte degli indicatori di vulnerabilità. Si tratta di 11 carte tematiche degli indicatori relativi all'ondata di calore, di cui 4 per il sottosistema degli edifici (soleggiamento, sfasamento, attenuazione e volume), 4 per quello degli spazi aperti (*Sky View Factor*, soleggiamento, albedo, *Normalized Difference Vegetation Index*) e 3 per la popolazione (densità di popolazione residente, fasce deboli e *fuel poverty*). Altre 11 carte tematiche di indicatori di vulnerabilità sono riferite al fenomeno di *pluvial flooding* e, in particolare, 4 per il sottosistema degli edifici (percentuale di edifici su marciapiede, rapporto di copertura, tipologia di copertura, uso dei piani terra), 4 per quello degli spazi aperti (superficie degli spazi aperti, permeabilità dei suoli, grado di manutenzione del sistema fognario, capacità di smaltimento del sistema fognario) e 3 per la popolazione (densità di popolazione, fasce deboli e capacità attrattiva).
Attraverso le carte tematiche è possibile individuare le maggiori criticità attuali all'interno dei distretti urbani oggetto della sperimentazione. I fattori che incidono nel determinare tali classi di vulnerabilità sono relativi prevalentemente alle tecniche costruttive, alle prestazioni e ad altre caratteristiche fisiche dell'involucro edilizio, tenendo conto parallelamente della densità edilizia abitativa. Per il fenomeno ondata di calore si raggiungono livelli medi pari alla classe 3 nell'area orientale, mentre tale valore risulta peggiore, cioè pari alla classe 2, nell'area occidentale. In generale si evidenzia la maggiore vulnerabilità delle parti urbane di impianto moderno o contemporaneo in cui sono presenti edifici meno performanti per effetto delle loro caratteristiche costruttive.
Rispetto al fenomeno del *pluvial flooding* il 24% degli edifici dell'area est ricade in una classe di vulnerabilità medio-alta e il 41% in quella media. La prevalenza degli edifici con classe di vulnerabilità più critica ricade nelle aree della città storica e di quella consolidata



Carta di temperatura superficiale estratta da dati satellitari Landsat_8 (banda11) corretti atmosfericamente (elaborazione Geoslab, partner industriale della ricerca) / *Surface temperature map extract from Landsat_8 satellite data (band 11) atmospheric corrections (Geoslab processing, industrial research partner).*

Piattaforma Metropolis. Vulnerabilità integrata all'ondata di calore nel quartiere di Fuorigrotta nell'area occidentali di Napoli / *Metropolis platform. Integrated Vulnerability to heat wave in Fuorigrotta neighborhood in West Naples.*



and fuel poverty). Another 11 thematic maps of vulnerability indicators refer to the phenomenon of pluvial flooding and, in particular, 4 for the building subsystem (percentage of buildings on the sidewalk, coverage ratio, type of coverage, use of the ground floors), 4 for open spaces (surface of open spaces, permeability of soils, degree of maintenance of the sewage system, capacity of the sewage system) and 3 for the population (population density, weak age groups and attractiveness).
Through the thematic maps it is possible to identify the most current critical issues within the urban districts involved in the experimentation. The factors that affect the determination of these vulnerability classes are mainly related to construction techniques, performance and other physical characteristics of the building envelope, also taking into account the housing density. For the heatwave phenomenon, average levels of class 3 are reached in the eastern area, while this value is worse, i.e. equal to class 2, in the western area. In general, the greater vulnerability of urban parts with a modern or contemporary layout is highlighted, in which buildings are less performing due to their construction characteristics.
Compared to the phenomenon of pluvial flooding, 24% of the buildings in the east area fall into a medium-high vulnerability class and 41% in the medium class. The prevalence of buildings with the most critical class of vulnerability falls in the areas of the historic and consolidated city, while the modern and contemporary urban fabrics are less vulnerable.
The last two sections of the webGIS platform are related to Risk and Mitigation, and are configured as an important support tool for decision-makers, by simulating different scenarios of climate impact on the city as well as possible

mentre i tessuti di impianto moderno e contemporaneo risultano meno vulnerabili.
La piattaforma webGIS nelle ultime due sezioni relative al *Rischio* e alla *Mitigazione* si configura come un importante strumento di supporto per i *decision-maker* simulando differenti scenari di impatto climatico sulla città nonché possibili livelli di adattamento, attuando azioni di progettazione adattiva e utilizzando efficaci alternative tecniche. La valutazione del rischio fornisce un collegamento diretto tra la diagnosi dello stato del sistema urbano, rispetto ad un fenomeno, e le possibili azioni da intraprendere per ridurre gli impatti sulla sicurezza e sul benessere della popolazione. Le carte di rischio sono state elaborate mediante processi e metodi basati su operatori di *spatial analysis* e approcci di *decision support analysis* per produrre la stima della distribuzione spaziale della mappatura di rischio.
Nella sezione *Rischio* per il fenomeno di ondata di calore sono presenti 6 scenari di impatto sulla popolazione residente a breve (2010-2040), a medio (2041-2070) e a lungo termine (2071-2100), elaborati prendendo in considerazione la pericolosità (valutata secondo i modelli di emissione futura RCP 4.5 e RCP 8.5) e la vulnerabilità integrata del sistema urbano. Gli scenari di impatto mettono in evidenza una condizione di forte criticità già a medio termine con classi di impatto 1 e 2 (alto e medio-alto) sull'intero sistema urbano analizzato.
Pur partendo da una discreta condizione attuale di vulnerabilità integrata, con valori medi di classe 3, la sperimentazione dimostra che, con le condizioni di stress termico sempre più intense e prolungate, sarà difficile contrastare gli effetti sull'intero sistema determinando inevitabili danni all'economia, alla salute e alla sicurezza della popolazione.
Per il fenomeno del *pluvial flooding* la carta di scenario di impatto prende in considerazione come valore esposto il piano terra degli edifici piuttosto che la popolazione.

Tale scelta è stata effettuata in quanto le condizioni di pericolosità nell'area di Napoli est (per specifiche caratteristiche morfologiche e tecnologiche) non segnalano livelli preoccupanti. Pertanto, la carta tematica ha come obiettivo la quantificazione dell'impatto (su una scala da 1, più grave, a 5, meno grave) provocato dai fenomeni di allagamento superficiale sulla totalità degli edifici localizzati nell'area orientale di Napoli e in particolare sui piani terra degli stessi.
La carta dello scenario di impatto mostra una presenza di edifici con classe di impatto alta, soprattutto nell'area del Centro Storico, correlata all'elevata concentrazione di segnalazioni fornite dall'ufficio della Protezione Civile del Comune di Napoli (2014), mentre edifici con classi di impatto prevalentemente medio-alta e media sono presenti nell'area di impianto industriale particolarmente esposta per la elevata estensione d'uso dei piani terra.
Infine nella sezione *Mitigazione* sono presenti carte tematiche di scenario di adattamento nonché di mitigazione dei consumi energetici e di emissione di CO_2 realizzate a Napoli est simulando l'applicazione di soluzioni di *adaptive design* su edifici e spazi aperti, selezionate in base alla compatibilità con il contesto (sia rispetto al sistema dei vincoli di tipo normativo e/o tecnico, capacità di estensione dell'intervento in relazione al tessuto urbano), all'efficacia prestazionale e alla complessità dell'intervento.
Per il fenomeno dell'*heat wave* negli scenari a breve termine (fino al 2040) rispetto al totale di 4426 edifici residenziali solo 307 edifici presentano un valore di impatto minore di 3 e quindi critico ma, per oltre il 70% di questi ultimi, gli interventi di adattamento riescono a raggiungere un valore di impatto almeno pari a 3, in linea con gli obiettivi preliminari della sperimentazione che ha posto il raggiungimento della soglia di 3 come *benchmark* minimo per l'adattamento climatico. Per gli altri scenari, a partire da quelli a medio termine circa 1928 edifici presentano un valore critico di impatto minore di 3 (cioè circa il 43% di tutti gli edifici residenziali) e solo per il 3% di essi (ovvero circa 144 edifici) le azioni di adattamento riescono a portare il valore degli impatti maggiore o uguale a 3.
Le soluzioni adattive per contrastare l'*heat wave* applicate in contesti edificati con bassi valori di vulnerabilità integrata come quelli del Centro storico hanno ridotti margini di applicabilità sia perché alcuni *benchmark* degli indicatori risultano già soddisfatti (per esempio lo sfasamento e l'attenuazione), sia perché interventi di adattamento più performanti non sono compatibili con i vincoli culturali e di tutela dei contesti di valore storico-documentario. Conseguentemente la possibilità di ottenere valori di impatto uguali o superiori a 3 negli scenari climatici futuri e quindi particolarmente efficaci rispetto all'adattamento climatico, rimanda necessariamente ad un ulteriore livello di approfondimento progettuale.
Per il fenomeno del *pluvial flooding* gli effetti degli interventi di adattamento risultano più efficaci seppur concentrati prevalentemente nella zone di impianto industriale e in quelle di impianto moderno e contemporaneo. Su un totale di 4760 edifici, 1281 esprimono un valore di impatto inferiore a 3 dei quali circa l'85% raggiunge valori di impatto uguali o

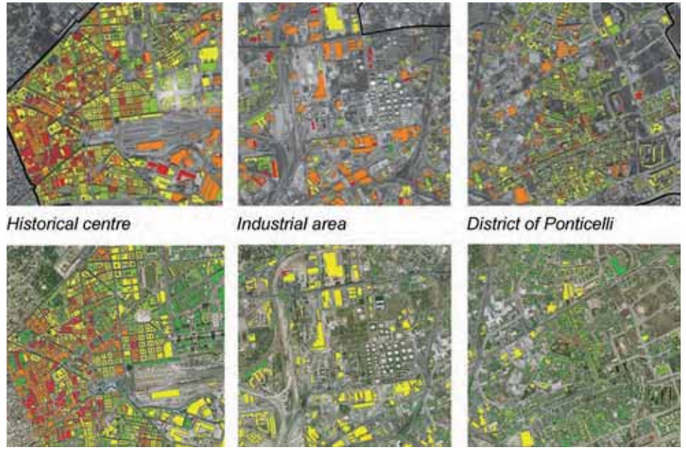
levels of adaptation, obtainable by implementing adaptive design actions and using effective technical alternatives. The risk assessment provides a direct link between the diagnosis of the state of the urban system, compared to a phenomenon, and the possible actions to be taken to reduce the impact on the safety and welfare of the population. The risk charts have been elaborated through processes and methods based on spatial analysis operators and decision support approaches, so to produce the estimate of the spatial distribution of the risk mapping.
In the Risk section for the heatwave phenomenon, there are 6 impact scenarios on the resident population: short-term (2010-2040), medium-term (2041-2070) and long-term (2071-2100). These are elaborated taking into consideration the hazard (assessed according to the future emission models RCP 4.5 and RCP 8.5) and the integrated vulnerability of the urban system. The impact scenarios highlight a critical condition already in the medium term with impact classes 1 and 2 (high and medium-high) on the entire urban system analyzed.
Although starting from a good condition of integrated vulnerability, with average class 3 values, experimentation shows that, with increasingly intense and prolonged thermal stress conditions, it will be difficult to counteract the effects on the entire system, causing unavoidable damage to the economy, to the health and safety of the population.
For the pluvial flooding phenomenon, the impact scenario map takes into consideration the value of the ground floor of buildings rather than the population. This choice was made because the dangerous conditions in the area of east Naples (due to specific morphological and technological characteristics) do not indicate extreme alarming levels. Therefore, the thematic map has as its objective the quantification of the impact (on a scale of 1, more serious, to 5, less serious) caused by the phenomenon of superficial flooding on the buildings and in particular on their ground floors.
The impact scenario map shows a presence of buildings with high impact class, especially in the Old Town area, showing the high concentration of reports provided by the Civil Protection Office of the Municipality of Naples (2014), while buildings with predominantly medium-high and medium impact classes are present in the east former industrial area, particularly exposed for the high extension of use of the ground floors.
Finally, in the Mitigation section there are thematic maps of adaptation scenario as well as mitigation of energy consumption and CO_2 emissions in east Naples, simulating the application of adaptive design solutions on buildings and open spaces, selected on the basis of their compatibility with the context (both with respect to the system of regulatory and/or technical constraints, both the ability to extend the intervention in relation to the urban fabric), to the performance efficiency and to the complexity of the intervention.
For the phenomenon of the heat wave, in short-term

scenarios (up to 2040), on a total of 4,426 residential buildings, only 307 buildings have an impact value lower than 3 and therefore considered ads critical but, for more than 70% of the latter, the adaptation measures are able to reach an impact value of at least 3, in line with the preliminary objectives of the experimentation which has led to the achievement of this threshold as a minimum benchmark for climate adaptation. For the other scenarios, starting from the medium-term ones, around 1,928 buildings have a critical impact value of less than 3 (i.e. about 43% of all residential buildings) and only for 3% of them (or about 144 buildings). adaptation actions are able to bring the value of impacts greater than or equal to 3.
Adaptive solutions to heat wave applied in contexts built with low values of integrated vulnerability such as those of the historical center have reduced margins of applicability, both because some indicators benchmarks are already satisfied (for example the phase shift and the attenuation of building envelope), both because more performing adaptation interventions are not compatible with cultural constraints and conservation of historical contexts. Consequently, the possibility of obtaining impact values equal to or greater than 3 in the future climate scenarios and therefore particularly effective with respect to climate adaptation, necessarily refers to a further in-depth level of

in alto / up
Scenario di impatto al *pluvial flooding* nell'area orientale di Napoli / *Impact scenario at pluvial flooding in the eastern area of Naples.*

in basso / down
Scenario di adattamento nell'area orientale di Napoli elaborato attraverso l'utilizzo di soluzioni di retrofit tecnologico su edifici e spazi aperti / *Adaptation scenario in the eastern area of Naples elaborated through the use of technological retrofit solutions on buildings and open spaces.*

maggiori a tale soglia dopo gli interventi adattivi.
La ricerca ha prodotto simulazioni previsionali partendo dalla gestione di alternative tecniche in base a un processo decisionale di metaprogettazione. Laddove tali simulazioni evidenzino criticità a breve e medio termine - come nel caso degli edifici di valore storico documentario e per gli ambiti urbani omogenei in cui essi sono inseriti - è necessario attuare approfondimenti strategici e propri della scala progettuale per interventi sistemici secondo le logiche del progetto urbano applicate alla scala minima dei distretti urbani. Tale approccio consente una misurabilità degli effetti dell'*adaptive design* per la verifica del contrasto a condizioni future di impatto particolarmente sfavorevoli. All'interno di questo quadro di conoscenza e simulazione i *decision maker* sono chiamati ad azioni di *climate responsive design* per valutare l'ottimizzazione delle strategie e le priorità degli interventi e definire, in termini programmatici, le risorse e le politiche da attuare per incrementare la resilienza climatica.
I risultati della ricerca indicano quindi che in alcuni casi è necessario prevedere riconfigurazioni dello spazio urbano con approfondimenti alla scala del progetto urbano che privilegino in maniera non eludibile la componente della progettazione ambientale. Infatti nuove consapevolezze progettuali devono prevedere un progetto urbano ambientalmente consapevole attraverso concezioni insediative e innovazioni tecnologiche per interventi di retrofit che introducano prestazioni non previste o integrative di prestazioni convenzionali e quindi non più sufficienti per perseguire gli obiettivi di adattamento. Il progetto urbano deve aprirsi a scelte progettuali che sono



in fase di sperimentazione nei più importanti contesti europei e del Nord America. Per adattare le città al clima che cambia è necessario fare riferimento, per esempio, a soluzioni quali *water square*, superfici drenanti, de-impermeabilizzazioni dei suoli, corridoi verdi, parchi e micro parchi di quartire, *greening* delle corti urbane, densificazione edilizia, infrastrutturazione sostenibile, concepite in modo da costituire sistemi integrati per superare la fase dei progetti pilota e dare attuazione ai piani di adattamento locale. I principi di simulazione e modellazione devono quindi aprirsi da un lato alla misurazione climatica delle scelte progettuali effettuate, dall'altro indirizzarsi al controllo delle alterative di progetto attraverso processi di *computational design* e *design* parametrico, nonché alla possibilità di gestione di elevate quantità di dati al fine di ottenere *feedback* nel controllo e nel monitoraggio in progress degli interventi.

References

Bucchignani E., Montesarchio M., Zollo A. L., Mercogliano P. (2015), "High-resolution climate simulations with COSMO-CLM over Italy: Performance evaluation and climate projections for the 21st century", *International Journal of Climatology*.
EEA (2017), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*, EEA Report n° 1/2017, European Environment Agency, Copenhagen.
D'Ambrosio V., Di Martino F. (2016), "The Metropolis research. Experimental models and decision-making processes for the adaptive *environmental design* in climate change", *UPLanD - Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, n.1, available at: www.upland.it.
D'Ambrosio V., Leone M.F. (Eds.) (2016), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental Design for Climate Change adaptation. Innovative models for the production of knowledge*, Clean, Napoli.
Giovenale A., (2012) "Processo Edilizio", *Wikitecnica*, available at: www.wikitecnica.com.
Magnaghi A. (1973), *L' organizzazione del metaprogetto*, FrancoAngeli, Milano.
Losasso M. (2017), "Progettazione ambientale e progetto urbano", *Eco Web Town. Journal of sustainable design*, n°16 Vol. II.
Mercogliano P., Rianna G., Zollo N. C. (2016), "Scenari di cambiamento climatico su aree urbane: problematiche di *downscaling* / Climate change scenarios at urban scale: the *downscaling* issue", in D'Ambrosio V., Leone M.F. (Eds.), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental Design for Climate Change adaptation. Innovative models for the production of knowledge*, CLEAN, Napoli.
Schiaffonati F., Mussinelli E., Gambaro M. (2011) "Tecnologia dell'architettura per la progettazione ambientale", *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environmental*, n.1 Oltre la crisi/Beyond the crisis, pp.48-53.
Zollo A.L., Rillo V., Bucchignani E., Montesarchio M., Mercogliano P. (2015), "Extreme temperature and precipitation events over Italy: assessment of high resolution simulations with COSMO-CLM and future scenarios", *International Journal of Climatology*, 36(2): 987-1004.

design.
For the phenomenon of pluvial flooding, the effects of the adaptation interventions are more effective even though they are mainly concentrated in the former industrial areas and in the modern and contemporary urban fabric. Out of a total of 4,760 buildings, 1,281 have an impact value of less than 3 of which approximately 85% achieve equal or greater impact values following adaptive interventions.
The research produced predictive simulations starting from the management of technical alternatives based on a meta-design decision making process. Where such simulations show short and medium-term criticalities - as in the case of historical buildings and for the homogeneous urban areas in which they are inserted - it is necessary to implement strategic and specific analyses for systemic interventions according to the logic of the urban design applied to the minimum scale of urban districts. This approach allows a measurability of the effects of the adaptive design and their ability to contrast particularly unfavorable future impact conditions. Within this framework of knowledge and simulation the decision makers are called to actions of climate responsive design to evaluate the optimization of the strategies and the priorities of the interventions and to define, in programmatic terms, the resources and policies to be implemented to increase the climate resilience.
The results of the research therefore indicate that in some cases it is necessary to provide for reconfiguration of the urban space with solutions that privilege the component of environmental design. In fact, new design awareness must provide for an environmentally conscious urban project through settlement concepts and technological innovations for retrofit interventions that introduce unforeseen or complementary performances to conventional conditions that are no longer sufficient to pursue the objectives of adaptation. The urban project must open up to design choices that are being tested in the most important European and North American contexts. To adapt cities to the changing climate it is necessary to refer, for example, to solutions such as water squares, draining surfaces, soil de-sealing, green corridors, neighbourhood parks and micro-parks, greening of urban courts, building densification, sustainable infrastructures, designed so as to build integrated systems able to overcome the pilot project phase and implement local adaptation plans. The principles of simulation and modeling must therefore be based on the one hand to the measurement of the microclimate effect of the design choices made, and on the other hand to address the control of design alternatives through computational and parametric design processes, as well as the possibility of managing large amounts of data in order to obtain feedback in the phase of control and in-progress monitoring of the interventions.

Metodologia e modello gerarchico per la valutazione della vulnerabilità climatica del sistema urbano

Ferdinando Di Martino, Salvatore Sessa

Methodology and hierarchical model for the assessment of the climatic vulnerability of the urban system

The largest number of contributions in the scientific literature on the assessment of the vulnerability of an urban system to a specific phenomenon refer to a summary study of the characteristics of the urban system investigated and to the application of methods and statistical approaches such as Principal Component Analysis (PCA) (Jolliffe,1986), a consolidated multivariate statistic method that belongs to the category of statistical analysis techniques, whose purpose is to reduce the number of variables that make up a major phenomenon. This simplification approach by reducing variables is called the feature reduction. The PCA technique has been applied to carry out a simplification and aggregation of urban system characteristics for the purpose of assessing the vulnerability indicator and its spatial distribution within the study area. Basically, the synthetic characteristics generally considered in these research works are mainly related to the presence of green areas, which are usually determined with the help of summary information on the classification of study areas for cover and soil type, such as the papers produced in 'within the framework of the Corine Land Cover (CLC) project, and the distribution of ISTAT census in the study area of the total population and of different age groups per census area. This approach has been used in various studies in which an assessment of the vulnerability of urban systems to climate phenomena is elaborated (for example, see Macnee et al., 2016 and Wolf et al., 2013 on Vulnerability Analysis of Urban Systems All 'heat wave'). In particular, in Lemonsu et al. (2015), a study was proposed of the impact of the heat wave on the urban area of Paris, taking into account five scenarios of urban expansion over time, varying in climatic conditions. The results of this study show that the impact of the phenomenon is greater in urban areas with high concentration of inhabitants.

In Wolf et al., (2013), a heat wave vulnerability index is calculated over an area extending to Greater London. The indicator is calculated by census area by applying the PCA method to represent a set of significant indicators such as: high population density, weak population bands, and poverty bands.

In Madrigano et al. (2013), an analysis of the relationship between vulnerability to heat wave and mortality is presented. The experimentation is carried out in the New York City study area. The results show that mortality during periods of heat waves is higher in areas with higher average values of surface temperatures and less in areas with greater density of green spaces.

In Macnee et al. (2016) the PCA algorithm is applied on eight variables that affect the vulnerability of the urban system to the heat wave. The experimentation is carried out on a study area that includes the city of Osaka, Japan. The eight variables are extracted from censorship population data and land use data. The most vulnerable variables are population age, education and social status of the population, and the density or presence of green areas.

Bao et al. (2015) present a study conducted in 15 urban centers in Europe and the United States on the heat wave vulnerability of urban areas. This study highlights that the vulnerability indices produced in the different urban centers are different, showing that different areas are related to different local situations. It is therefore necessary to carry out a larger-scale study that allows to evaluate the specific characteristics that characterize the analyzed urban system. The results of the study conducted in Bao et al. (2015) demonstrate that an analysis of urban fabric vulnerability to a phenomenon, because of the complexity of the urban system and its typological features, requires the knowledge of the characteristics of the urban fabric deeper than that which can be inferred to a geographical scale of synthesis, such as the knowledge of the land use derived from Corine Land Cover with a scale 1:25,000. The characteristics of buildings and open spaces that make up the urban system cannot be statistically synthesized in census areas as a census area could include urban areas completely different from each other in which buildings and open spaces characteristics are very different.

In relation to the pluvial flood phenomena, the models used in the researches referred to above are mainly aimed at assessing the vulnerability of the urbanized population, often referred to as social vulnerability. The adopted indicators used measure the ability of people, both individuals and communities, to face a flood phenomenon. Their construction is based on quantitative, statistical, and/or qualitative data obtained from interviews and questionnaires based on statistical territorial subdivisions, similar to the ISTAT census sections. The large amount of variables considered by some studies necessitated simplification, implemented through the use of the PCA approach described above. Thus, the main components of the analysis are identified, with respect to which to associate the variables of interest in the calculation of the vulnerability.

In the case of the Greater Manchester area of study, the vulnerability of the population and the community is assessed in relation to four aspects: access to information, ability to prepare, react and recover from a flood event. Evaluation is carried out through four main components (poverty, diversity, children, the elderly) to which 26 indicators are associated, some of which are related to more

I maggiori contributi in letteratura scientifica relativi alla valutazione della vulnerabilità di un sistema urbano a uno specifico fenomeno fanno riferimento ad uno studio sintetico delle caratteristiche del sistema urbano indagato e ad applicazioni di metodi e approcci di statistica, quali la Principal Component Analysis (PCA) (Jolliffe,1986), un metodo consolidato di statistica multivariata che appartiene alla categoria delle tecniche statistiche di analisi fattoriale il cui scopo è la riduzione del numero di variabili che compongono un principale fenomeno. Questo approccio di semplificazione del problema mediante la riduzione delle variabili è detto feature reduction. La tecnica PCA è stata applicata per la semplificazione e l'aggregazione di caratteristiche del sistema urbano, ai fini di una valutazione dell'indicatore di vulnerabilità e della sua distribuzione spaziale all'interno dell'area di studio. Fondamentalmente, le caratteristiche sintetiche generalmente considerate in questi lavori sono correlate principalmente alla presenza di aree verdi, che sono generalmente determinate con l'ausilio d'informazioni di sintesi relative alla classificazione delle aree di studio per copertura e tipologia suoli, quali le carte prodotte nell'ambito del progetto Corine Land Cover (CLC), e alla distribuzione di censimento ISTAT nell'area di studio della popolazione totale e di varie fasce d'età per zona di censimento. Questo approccio è adoperato in vari studi in cui è elaborata la stima della vulnerabilità di sistemi urbani a fenomeni climatici (ad esempio, si vedano Macnee et al., 2016 e Wolf et al., 2013 relativamente all'analisi della vulnerabilità di sistemi urbani all'ondata di calore). In particolare, in Lemonsu et al. (2015) è stato proposto uno studio dell'impatto dell'ondata di calore sull'area urbana di Parigi, prendendo in considerazione cinque scenari di espansione urbana nel tempo, al variare delle condizioni climatiche. I risultati dello studio dimostrano che in aree urbane con alta concentrazione di abitanti l'impatto del fenomeno è maggiore.

In Wolf et al., (2013) è calcolato un indice di vulnerabilità all'ondata di calore su un'area che si estende sulla Greater London. L'indicatore è calcolato per area di censimento applicando il metodo PCA per rappresentare un insieme di indicatori significativi quali: alta densità abitativa, fasce deboli di popolazione e fasce di povertà.

In Madrigano et al. (2013) è presentata un'analisi della relazione tra vulnerabilità all'ondata di calore e la mortalità. La sperimentazione è effettuata nell'area di studio di New York City. I risultati mostrano che la mortalità durante periodi di ondate di calore è più elevata in aree con valori medi maggiori di temperature superficiali e meno elevata in aree con una maggiore densità di spazi verdi.

In Macnee et al. (2016) è applicato l'algoritmo PCA su otto variabili che influenzano la vulnerabilità del sistema urbano all'ondata di calore. La sperimentazione è compiuta su un'area di studio che comprende la città di Osaka, in Giappone. Le otto variabili sono estratte dai dati relativi alla popolazione per zona censuaria e dai dati sull'uso del suolo. Le variabili che impattano maggiormente sulla vulnerabilità sono: l'età della popolazione, l'istruzione e la condizione sociale della popolazione, e la densità o presenza di aree verdi.

In Bao et al. (2015) è presentato uno studio condotto in 15 centri urbani in Europa e negli Stati Uniti relativo alla vulnerabilità all'ondata di calore dell'area urbana. Lo studio ha evidenziato che gli indici di vulnerabilità prodotti nei diversi centri urbani sono differenti tra loro, mostrando che aree differenti sono correlate a situazioni locali differenti. É necessario, quindi, un'analisi a scala maggiore che permetta di valutare le caratteristiche specifiche che connotano il sistema urbano analizzato.

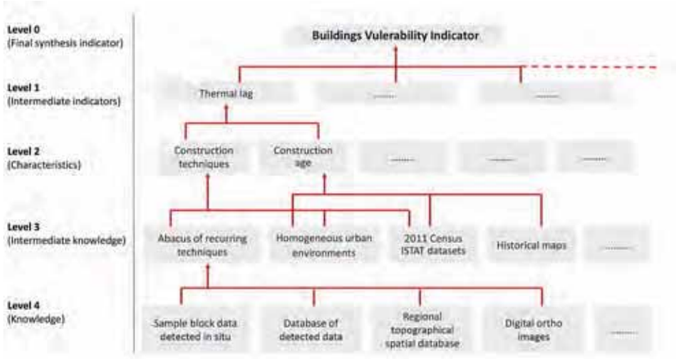
I risultati dello studio condotto in Bao et al. (2015) dimostrano che un'analisi della vulnerabilità di tessuti urbani a un fenomeno climatico per la complessità del sistema urbano e la sua tipizzazione richiede una conoscenza delle caratteristiche del tessuto urbano più profonda di quella desumibile a una scala geografica di sintesi, quale, ad esempio la conoscenza dell'uso del suolo dedotta mediante la carta dell'uso del suolo Corine Land Cover in scala 1:25.000. Le caratteristiche degli edifici e degli spazi aperti che compongono il sistema urbano non possono essere sintetizzate statisticamente in zone di censimento in quanto una zona di censimento potrebbe includere aree urbane caratterizzate in modo del tutto differente con caratteristiche degli edifici e degli spazi aperti molto diverse tra loro.

In relazione ai fenomeni di *pluvial flooding*, i modelli adottati dalle ricerche indicate in seguito sono finalizzati prevalentemente a valutare la vulnerabilità della popolazione urbanizzata, spesso definita *social vulnerability*. Gli indicatori utilizzati misurano la capacità delle persone, intese sia come singoli individui sia come comunità, di fronteggiare un fenomeno di flood. La loro costruzione avviene attraverso dati quantitativi, di tipo statistico, e/o qualitativi, desunti da interviste e questionari, sulla base di suddivisioni territoriali di tipo statistico, simili alle sezioni di censimento ISTAT. La grande quantità di variabili considerate da alcuni studi ha reso necessaria una semplificazione, attuata attraverso l'utilizzo dell'approccio PCA descritto precedentemente. Si individuano quindi delle componenti principali di analisi, rispetto alle quali associare le variabili di interesse ai fini del calcolo della vulnerabilità.

Nel caso dello studio condotto sull'area della Greater Manchester, la vulnerabilità della popolazione e della comunità è valutata in relazione a quattro aspetti: accesso alle informazioni, abilità di prepararsi, reagire e recuperare rispetto ad un evento di *flood*. La valutazione avviene attraverso quattro componenti principali (povertà, diversità, bambini, anziani) cui sono associati 26 indicatori, alcuni relativi a più di una componente rispetto alle quali assumono un peso caratteristico (Kazmierczak e Cavan, 2011). Obiettivo dello studio è valutare la capacità delle persone di rispondere a fenomeni di *flood* in relazione

than one component over which they have a characteristic weight (Kazmierczak e Cavan, 2011). Aim of this study is to assess the ability of people to respond to flood phenomena in relation to physical abilities and understanding of the phenomenon, economic possibilities and access to information. These characteristics, calculated by Census Areas (LSOAs), are subsequently linked to the exposure, considered as a component dependent on the presence of green areas. Through the Urban Morphology Type (UMT), the percentage of green areas in each LSOA was determined, highlighting the relationship between them and the four components of vulnerability. The results show that it is possible to correlate the increase in the poverty-related vulnerability with a decrease in green areas and an increase in urban areas (Kazmierczak e Cavan, 2011).
In the study conducted by Koks et al. (2015) on the Greater Rotterdam area the small number of indicators did not require the use of PCA. The social vulnerability index (SVI) used is derived from 8 indicators related to socio-demographic characteristics such as age, ethnicity, family composition, income. Among them, the main determinant of social vulnerability is the socio-economic state of the families, which greatly influences the possibilities of preparation and recovery from flood phenomena. In addition, the year of construction of buildings is also considered in order to characterize the physical vulnerability level.
The aforementioned studies represent only a few examples from extensive scientific literature focused on assessing the social aspects of vulnerability to heat wave and pluvial flooding. Despite some attempts to correlate socio-economic characteristics with physical characteristics, it is necessary to conduct a larger-scale vulnerability assessment that, bypassing the territorial limits of an administrative or statistical nature, may also return the physical complexity of the system urban.
According to the framework described above, the need to analyze the urban context in detail with respect to the characteristics that make it more sensitive to the phenomenon emerges in assessing the vulnerability to the climatic phenomenon. In particular, it is proposed to decompose the whole urban system into subsystems in order to more efficiently model the complexity of the urban survey area and separately analyze the vulnerability of each subsystem to the phenomenon.
We assess separately the intrinsic vulnerability of each subsystem, by considering the knowledge of the characteristics of the elements that compose it.
The approach adopted to construct the Vulnerability Assessment Model is the hierarchical approach considered for modeling complex indicators where the vulnerability subsystem indicator to the investigated phenomenon represents the root of the hierarchy. In this approach each node in a specific level represents an information synthesis built from more detail information associated with nodes in the hierarchically inferior level.
The following figure shows, for exemplification, the hierarchical approach used.
Tree leaves (Level 4 - Knowledge) are made up of the knowledge of the subsystem, consisting of a set of non-homogeneous and non-standardized knowledge layers. They are reconciled to a more synthetic and homogeneous set of information in Level 3 - Intermediate Knowledge. In the example in figure, starting from a heterogeneous set of specific information layers consisting of sample data, embossed building blocks, regional Technical Map scale 1:5,000 and digital ortho-photos on the same scale, built in the upper level of an abacus of the constructive technologies of recurrent buildings in the study area.
The top level (level 2 - Features) consists of subsystem characteristics that affect the vulnerability assessment. They represent a more synthetic level of knowledge related to the determination of subsystem characteristics that help assess its vulnerability to the phenomenon. To extract the characteristics at Level 2 it is necessary to build, from the knowledge base of the urban system, a set of pre-processing activities consisting of unstructures data reconstruction processes, data analysis activities and spatial analysis activities in the GIS environment.
The top level (level 1) consists of distinctive indicators of the subsystem (level 2 indicators) that affect the evaluation of the vulnerability indicator (final level indicator at level 0).
The arrows indicate that the entity at the bottom level was used to extract the entity at the top level.
The example in the previous figure refers to the heat wave vulnerability modeling of the building subsystem, where the urban fabric is subdivided into three subsystems: buildings, open spaces and the population. This separation of the

alle abilità fisiche e di comprensione del fenomeno, alle possibilità economiche e di accesso alle informazioni. Tali caratteristiche, calcolate per zone di censimento (LSOAs), sono successivamente messe in relazione con l'esposizione, considerata come una componente dipendente dalla presenza di aree verdi. Attraverso l'individuazione degli usi del suolo (Urban Morphology Type - UMT), è stata determinata la percentuale di aree verdi in ogni LSOA, mettendo in evidenza la relazione tra esse e le quattro componenti di vulnerabilità. I risultati ottenuti mostrano che è possibile correlare l'incremento della vulnerabilità associato alla povertà con un decremento di aree verdi e un aumento di aree urbanizzate (Kazmierczak e Cavan, 2011).
Nello studio condotto da Koks et al. (2015) sull'area della greater Rotterdam il numero esiguo di indicatori non ha reso necessario l'utilizzo della PCA. Il *Social Vulnerability Index* (SVI) utilizzato è desunto da 8 indicatori relativi a caratteristiche socio-demografiche quali età, etnia, composizione familiare, reddito. Tra queste, la principale determinante della vulnerabilità sociale risulta essere lo stato socio-economico delle famiglie, che influenza notevolmente le possibilità di preparazione e recupero da fenomeni di *flood*. In aggiunta, si considera anche l'anno di costruzione degli edifici al fine di caratterizzarne il livello di vulnerabilità fisica.
Gli studi citati rappresentano solo alcuni esempi tratti dall'ampia letteratura scientifica centrata sulla valutazione degli aspetti sociali della vulnerabilità ai fenomeni di ondata di calore e di *pluvial flooding*. Nonostante alcuni tentativi di mettere in relazione le caratteristiche socio-economiche con le caratteristiche fisiche, si evidenzia la necessità di condurre una valutazione della vulnerabilità a scala maggiore che, oltrepassando i limiti territoriali di natura amministrativa o statistica, possa restituire anche la complessità fisica del sistema urbano.
In base al quadro prima descritto, per la valutazione della vulnerabilità al fenomeno climatico emerge la necessità di analizzare il contesto urbano nel dettaglio rispetto alle caratteristiche che lo rendono più sensibile al fenomeno. In particolare, si propone di scomporre l'intero sistema urbano in sottosistemi, al fine di modellare più efficientemente la complessità dell'area urbana di indagine e analizzare separatamente la vulnerabilità di ogni sottosistema al fenomeno.
Di ogni sottosistema è valutata separatamente la sua vulnerabilità intrinseca partendo dalla conoscenza delle caratteristiche degli elementi che lo compongono. L'approccio adottato per la costruzione del modello di valutazione della vulnerabilità è l'approccio gerarchico considerato per la modellazione di indicatori complessi di sintesi in cui l'indicatore di vulnerabilità del sottosistema al fenomeno indagato rappresenta la radice della gerarchia. In tale approccio ogni nodo in uno specifico livello rappresenta una sintesi informativa costruita a partire da informazioni di maggior dettaglio associate a nodi nel livello gerarchicamente inferiore.
La figura mostra a titolo esemplificativo l'approccio gerarchico utilizzato. Le foglie dell'albero (livello 4 - Conoscenza) sono costituite dalla conoscenza del sottosistema,



Approccio gerarchico (struttura ad albero) adottato per la modellazione di un indicatore di vulnerabilità climatica / *Hierarchical approach (tree structure) adopted for modeling a climatic vulnerability indicator.*

composta da un insieme di strati conoscitivi disomogenei e non normalizzati. Essi sono riconciliati in un insieme di informazioni più sintetico ed omogeneo nel livello 3 - Conoscenza intermedia. Nell'esempio in figura, partendo da un insieme disomogeneo di strati informativi specifici composti di dati di rilievo su isolati campione, da schede di rilievo di edifici, dal Database Topografico Regionale in scala 1:5000 e dall'ortofoto digitale alla stessa scala, è costruito nel livello superiore un Abaco delle tecnologie costruttive degli edifici ricorrenti nell'area di studio.
Il livello superiore (livello 2 - Caratteristiche) è costituito dalle caratteristiche del sottosistema che incidono sulla valutazione della vulnerabilità. Esse rappresentano un livello più sintetico di conoscenza correlata alla determinazione delle caratteristiche del sottosistema che contribuiscono a valutare la sua vulnerabilità al fenomeno. Per la determinazione delle caratteristiche che compongono il livello 2 è necessario costruire, a partire dalla base di conoscenza del sistea urbano, un insieme di attività di pre-processing costituite da processi di riconciliazione dei dati destrutturati, attività di data analysis e attività di analisi spaziale in ambiente GIS.
Il livello superiore (livello 1) è costituito da indicatori comportamentali del sottosistema (indicatori intermedi) che incidono sulla valutazione dell'indicatore di vulnerabilità (indicatore di vulnerabilità climatica).
Le frecce stanno ad indicare che l'entità posta al livello inferiore è stata utilizzata per l'estrazione dell'entità posta al livello superiore.
L'esempio della figura precedente fa riferimento alla modellazione della vulnerabilità all'ondata di calore del sottosistema edifici, in cui il tessuto urbano è suddiviso in tre

urban system in the three subsystems mentioned above has been considered in the experiments carried out for model verification during the research activities; in fact it represents an acceptable separation of the urban fabric to a minimum 1:5,000 urban scale, which is the detail scale of the Regional Topographic Database, a source of basic data considered in the experiments. In general, on the national territory, it is always available, albeit with several dating, at the regional body of reference for the urban tissue subjected to study, this allows to replicate to this scale the model that was experienced during the research. By providing a knowledge of the urban investigation area to more fine-tuned detail scales, it is possible to further partition the urban fabric and further explode the hierarchical model of vulnerability assessment to the phenomenon.

Vulnerability Model building steps

The process to build the vulnerability model is given by the following phases:
A. Subdivision of the urban system subject to investigation into subsystems.
B. Identification of the characteristics that influence the response of each subsystem to the phenomenon.
C. Selection of a core set of synthesis indicators that group one or more features of each suitably normalized and classified subsystem.
D. Attribution of each subsystem's vulnerability indicator to decision-making and knowledge management objectives (use of knowledge and literature knowledge, calibration processes, etc.).
Phase A concerns the partitioning of urban faric into subsystems. Partitioning is the finer the greater the detail scale of the survey. The choice of the partition size is related to the detail scale for the analysis; at a minimal scale of representation of an urban system, typically 1:5,000, the urban system can be subdivided into the physical subsystems of buildings, open spaces and in the social subsystem, in a larger urban scale an urban system can be partitioned into a more numerous set of subsystems related to each other.
In the Phase B all those characteristics of the subsystem are identified that are relevant for the vulnerability assessment of the investigated climatic phenomenon. They make up the tree level 2 nodes and represent the distinct features of the subsystem elements that help evaluate the vulnerability to the phenomenon.
In the Phase C the core set of indicators affecting the vulnerability of the subsystem constituting the node level 1 of the tree is selected. Each indicator summarizes the contribution of one or more features to level 2 of the tree; it is obtained by means of appropriate computational processes consisting of spatial analysis and calibration activities. In the following paragraphs for each subsystem indicator modeled in the experimentation, the calculation process is described from the related features.
In order to correctly evaluate use the contribution of the

sottosistemi: edifici, spazi aperti e popolazione. Questa scomposizione del tessuto urbano nei tre sottosistemi suddetti è stata presa in considerazione nelle sperimentazioni effettuate per la verifica del Modello durante le attività di ricerca; essa, infatti, rappresenta una scomposizione accettabile del tessuto urbano ad una scala urbana di dettaglio minima 1:5000, che è la scala di dettaglio del Database Topografico Regionale, fonte dati di base considerata nelle sperimentazioni. In generale, sul territorio nazionale, essa è sempre disponibile, pur se con diverse datazioni, presso l'Ente Regionale di riferimento per il tessuto urbano oggetto di studio, ciò permette di replicare a questa scala il modello che è stato sperimentato durante la ricerca. Avendo a disposizione una conoscenza dell'area urbana di indagine a scale di dettaglio più fini è possibile partizionare ulteriormente il tessuto urbano ed esplodere ulteriormente il modello gerarchico di valutazione della vulnerabilità al fenomeno.

Fasi per la costruzione del Modello di Vulnerabilità

Il processo di costruzione del Modello gerarchico di Vulnerabilità si compone delle seguenti fasi:

A. Suddivisione del sistema urbano oggetto di indagine in sottosistemi.
B. Individuazione delle caratteristiche che influenzano la risposta di ogni sottosistema al fenomeno.
C. Selezione di un *core set* di indicatori di sintesi che raggruppano una o più caratteristiche di ogni sottosistema opportunamente normalizzati e classificati.
D. Attribuzione dell'incidenza di ogni indicatore sulla vulnerabilità dei sottosistemi in rapporto agli obiettivi di *decision making* e *knowledge management* (utilizzo di conoscenza esperta e conoscenza da letteratura, processi di taratura, ecc.).

La fase A fa riferimento al partizionamento del tessuto urbano in sottosistemi. Il partizionamento è tanto più fine quanto maggiore è la scala di dettaglio di indagine.
La scelta della dimensione della partizione è correlata alla scala di dettaglio per l'analisi; a una scala minimale di rappresentazione di un sistema urbano, tipicamente 1:5000, il sistema urbano è scomponibile nei sottosistemi fisici edifici e spazi aperti e nel sottosistema sociale, a grandi scale un sistema urbano può essere partizionato in un insieme elevato di sottosistemi tra loro in relazione.
Nella fase B sono individuate tutte quelle caratteristiche del sottosistema che sono rilevanti per la valutazione delle vulnerabilità al fenomeno climatico indagato. Esse compongono i nodi del livello 2 dell'albero e rappresentano quelle caratteristiche distinte degli elementi del sottosistema che contribuiscono a valutarne la vulnerabilità al fenomeno.
Nella fase C è selezionato il *core set* di indicatori che incidono sulla vulnerabilità del sottosistema che costituiscono i nodi del livello 1 dell'albero. Ogni indicatore sintetizza il contributo di una o più caratteristiche nel livello 2 dell'albero; esso è ottenuto mediante opportuni processi di calcolo composti da attività di analisi spaziale e di taratura. Nei paragrafi successivi per ogni indicatore del sottosistema modellato nella sperimentazione è descritto il processo di calcolo a partire dalle caratteristiche ad esso correlate.
Al fine di utilizzare efficacemente il contributo degli indicatori nel calcolo della vulnerabilità del sottosistema ogni indicatore è normalizzato compiendo un partizionamento in n classi mediante un opportuno metodo di classificazione tematica per intervalli di valori. Una classificazione tematica per intervalli di valori è un partizionamento in n classi di equivalenza di un insieme di elementi tematici (ad esempio poligoni edifici del tematismo Edifici) prendendo in considerazione uno specifico attributo o campo numerico del tematismo. Ogni classe è identificata dagli estremi inferiore e superiore dell'intervallo di valori dell'attributo, detti *break*. Ad ogni classe è poi assegnata una etichetta e un simbolo di visualizzazione su mappa. Un metodo di classificazione tematica per intervalli di valori è un metodo che determina in maniera opportuna i break di ogni classe. La tabella successiva riporta i metodi principali di classificazione tematica per intervalli di valori.
Al termine del processo di calcolo ad ogni indicatore è assegnato un particolare valore numerico. Il dominio di valori dell'indicatore è partizionato in n classi nella fase di normalizzazione. Ogni indicatore è normalizzato quindi compiendo un partizionamento in n classi tematiche degli elementi del sottosistema in base al valore numerico dell'indicatore. Nella ricerca si è scelto di compiere un partizionamento in 5 classi,

indicators in the calculation of the vulnerability of the subsystem, each indicator is normalized by performing partitioning in n classes by means of a suitable thematic grading method for value ranges. A thematic classification by value ranges is a partitioning in n equivalence classes of a set of thematic elements (eg building polygons of Building themes) by considering a specific attribute or numeric field of the thematic. Each class is identified by the lower and upper ends of the range of attribute values, called breaks. Each class is then assigned a label and a map display symbol. A thematic grading method for value ranges is a method that calculates the breaks of each class in an appropriate manner. The following table lists the main thematic classification methods for value ranges.
At the end of the calculation process, a particular numeric value is assigned to each indicator. The value domain of the indicator is partitioned into n classes in the normalization phase. Each indicator is normalized by performing a partitioning in n thematic classes of the subsystem elements

Metodi principali di classificazione tematica per intervalli di valori / *Major thematic classification methods by numerical value ranges of an attribute.*

METHOD	DESCRIPTION	REASON FOR CHOICE
Manual	The breaks of each class are specified by the user	This method is adopted when the breaks of each class are already set in scientific literature, in legal norms or by appropriate calibration processes
Quantile	The breaks of each class are determined so that each class has approximately the same number of elements	This method is adopted if the number of elements belonging to each thematic class is required to be approximately the same
Natural breaks	The breaks of each class are determined so that the sum of the standard deviations values calculated for all the classes is as low as possible	This method is adopted when we require that the elements belonging to a thematic class have values as similar as possible to each other and as dissimilar as possible from the ones of elements belonging to other classes. This method is the for default thematic classification method; it provides the best semantic distinction between the classes
Standard Deviation	The amplitude of the value intervals in each class is given by a sub-multiple of the standard deviation of the attribute values	ThIs method is used when it is necessary to exploring whether the distribution of attribute values is random (that is, frequency distribution follows a Gaussian trend) or if it is not for anthropic, historical, regulatory reasons. which broke this causality

based on the numeric value of the indicator. In the research we chose to perform a partitioning in 5 classes, by deciding to assign a value from 1 to 5 for each class, where the lower value corresponds to a greater contribution to the vulnerability of the subsystem element.
The following table shows the values and labels assigned to the 5 classes.
In the phase D the incidence or weight of each tree level 1 indicator at the vulnerability of the subsystem is evaluated, and then is valuated its contribution to the tree root subsystem's ultimate vulnerability indicator. This phase includes decision-making and calibration approaches needed to assign the weight of each indicator, evaluating its contribution to the vulnerability of the underlying subsystem. Based on expert evaluations and elaborated at calibration stage, a weighing scale of n weights $w_1..w_n$ is defined, corresponding to an increasing value of the impact on the degree of vulnerability of the subsystem.
For example, a weighting scale from 1 to 5 was selected in this experimentation by computing the weighted average of the values of all the indicators to evaluate the degree of vulnerability of each element of the subsystem. The degree of vulnerability of the subsystem is a whole value of 1 to 5, where a lower value is more vulnerable. The labels assigned are the same as those assigned to the indicators and are listed in the table above.
Upon completing phase D, the entire model is constructed, creating the hierarchical structure and connecting to each tree node the process necessary for its implementation starting from the nodes of the hierarchical level related to it. The result of the model implementation is a thematic

Valori ed etichette assegnati agli indicatori nella ricerca / *Indicators values and labels assigned during the research.*

NUMERICAL VALUE	LABEL
1	High
2	Medium-high
3	Medium
4	Medium -low
5	Low

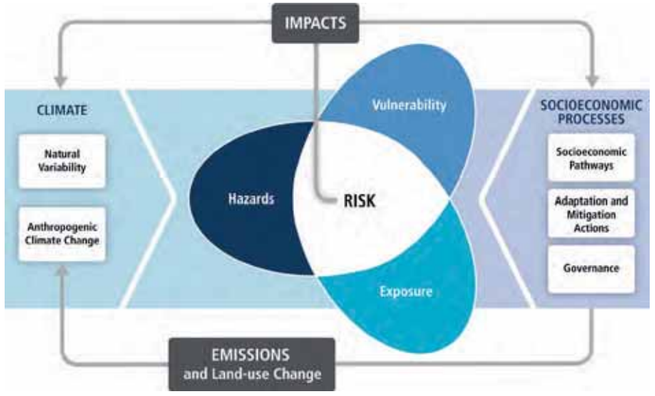
decidendo di assegnare un valore da 1 a 5 ad ogni classe, dove a valore minore corrisponde un contributo maggiore alla vulnerabilità dell'elemento del sottosistema. La tabella seguente mostra i valori e le etichette assegnate alle 5 classi.
Nella fase D è valutata l'incidenza o peso di ogni indicatore del livello 1 dell'albero alla vulnerabilità del sottosistema e quindi al contributo sulla determinazione dell'indicatore finale di vulnerabilità del sottosistema alla radice dell'albero. Questa fase presuppone l'utilizzo di approcci di *decision making* e di taratura necessari all'assegnazione del peso di ogni indicatore, valutando il suo contributo alla vulnerabilità del sottosistema indagato. In base alle valutazioni effettuate dall'esperto e elaborate in fase di taratura viene definita una scala dei pesi data da n pesi $w_1..w_n$, corrispondenti a valori crescenti dell'impatto sul grado di vulnerabilità del sottosistema.
Ad esempio, nella sperimentazione è stata selezionata una scala di pesi da 1 a 5, compiendo il calcolo della media pesata dei valori di tutti gli indicatori per valutare il grado di vulnerabilità di ogni elemento del sottosistema. Il grado di vulnerabilità del sottosistema è costituito da un valore intero da 1 a 5, dove a valore minore corrisponde una vulnerabilità maggiore. Le etichette assegnate sono identiche a quelle assegnate agli indicatori e riportate nella tabella precedente. Al completamento della fase D è costruito l'intero modello creando la struttura gerarchica e riportando per ogni nodo dell'albero il processo necessario alla sua realizzazione a partire dai nodi del livello gerarchico precedente ad esso correlati. Il risultato dell'applicazione del modello è una carta tematica della vulnerabilità del sottosistema nell'area urbana di studio.
In questa fase è necessario compiere dei test di verifica dell'affidabilità dei risultati del modello costruito. In letteratura sono stati proposti vari metodi di stima dell'affidabilità di mappe tematiche di indicatori ottenuti come risultati di modelli e basati su approcci statistici o di *soft computing* (si vedano, ad esempio, Di Martino et al., 2002, 2005, 2013, Quadrio et al., 2015, Wong e Sun, 2013).
Un test di verifica che si è rivelato efficace nella ricerca è stato quello di sperimentare l'applicazione del modello su un campione significativo di elementi del sottosistema di cui sono note caratteristiche di dettaglio a scala più fine. Il campione, per essere significativo, deve comprendere quell'insieme variegato e più ricorrente di elementi del sottosistema inclusi nelle diverse forme e nei diversi ambiti di cui si compone il tessuto urbano di indagine. Il test è compiuto applicando il modello agli elementi del sottosistema e sul campione significativo di elementi a scala di maggior dettaglio e comparando i valori di vulnerabilità calcolati per gli elementi del sottosistema relazionati spazialmente agli elementi del campione significativo con i valori di vulnerabilità determinati con analisi a scala di dettaglio per gli elementi del campione. L'affidabilità del modello è valutabile in considerazione dei risultati di questa comparazione: più è elevata la frequenza di elementi corrispondenti con valore identico di vulnerabilità più è affidabile il modello.
Ad esempio, nella ricerca questo approccio è stato sperimentato per valutare l'affidabilità del modello costruito per la valutazione della vulnerabilità del sottosistema edifici residenziali all'ondata di calore. Il campione significativo di edifici residenziali nell'area di studio è stato estratto prendendo in considerazione edifici residenziali collocati nei differenti ambiti urbani omogenei in cui è stata partizionata l'area di studio e realizzati con differenti caratteristiche costruttive.

La valutazione degli impatti climatici alla scala urbana
Le carte di vulnerabilità intrinseca dei sottosistemi di un sistema urbano a un fenomeno climatico ottenute applicando il modello gerarchico descritto in precedenza possono essere impiegate per la valutazione dei rischi e degli impatti prodotti su elementi del sistema urbano da scenari di *hazard* del fenomeno. In tal modo è possibile valutare quali potrebbero essere gli impatti su elementi del sistema urbano prodotti da scenari climatici futuri.
Durante la ricerca Metropolis è stato costruito un modello di valutazione degli impatti climatici che rappresenta un approfondimento originale all'approccio individuato nella recente letteratura, allo scopo di condurre una valutazione approfondita degli impatti climatici alla scala urbana. Seguendo l'approccio descritto nel "Rapporto WGII AR5" dell'IPCC, schematizzato in figura, nella ricerca sono stati costruiti scenari di impatto prendendo in considerazione uno specifico scenario di *hazard*, il valore esposto al rischio e la vulnerabilità del sistema.
Nel "Rapporto WGII AR5" dell'IPCC per impatti su un sistema naturale o umano sono intesi gli effetti o danni prodotti dagli eventi meteorologici e climatici estremi e dai cambiamenti climatici sul sistema. Agli impatti sono associati i rischi, dove per rischio si intende il prodotto della probabilità che si verifichi un evento climatico pericoloso per gli effetti prodotti da tale evento. Il valore esposto al rischio, o esposizione (*Exposure*), rappresenta una caratteristica, in termini di persone, strutture e infrastrutture, mezzi o servizi del sistema urbano che è esposta al rischio in quanto sita in luoghi in cui l'accadimento di uno scenario di *hazard* del fenomeno indagato arrecherebbe un danno. L'impatto prodotto da un particolare scenario di *hazard* è valutato prendendo in considerazione lo scenario di *hazard*, il valore di esposizione e la vulnerabilità intrinseca del sistema urbano.
Nella ricerca Metropolis è stato definito e sperimentato un modello per la valutazione della distribuzione dell'impatto prodotto da uno scenario di *hazard* climatico su un sistema urbano, prendendo in considerazione la vulnerabilità del sistema urbano e una specifica esposizione. Nel modello di valutazione degli impatti messo a punto si fa riferimento alla scomposizione gerarchica del sistema urbano in sottosistemi e viene prodotta la carta tematica relativa alla distribuzione dell'impatto sugli elementi del sottosistema in cui è collocata l'esposizione.
Il modello è scomposto sequenzialmente nelle 4 fasi seguenti:
Fase 1 - Definizione e costruzione dell'Esposizione.
In questa fase è necessario definire l'Esposizione che è esposta al rischio e valutare:

vulnerability map of the subsystem in the urban study area. During this phase it is necessary to carry out tests for evaluating the reliability of the results of the built model. In the literature are proposed various methods to assess the reliability of thematic maps of indicators obtained as model results and based on statistical or soft computing approaches (see, for example, Di Martino et al., 2002, 2005, 2013, Quadrio et al., 2015, Wong and Sun, 2013).
A test that turned out to be effective in research was to experiment the application of the model on a significant sample of subsystem elements whose fine-detail features are known. To be meaningful, the sample must include that varied and more recurring set of elements of the subsystem included in the different areas of the urban survey tissue. The test is performed by applying the model to the elements of the subsystem and the significant sample of more detailed scale elements and comparing the calculated vulnerability values for spatial subsystem elements to the significant sample elements with those obtained for the sample elements. The reliability of the model can be evaluated by considering the results of this comparison: the higher the frequency of corresponding elements with the same vulnerability value the more reliable the model.
For example, during this research this approach has been applied to evaluate the reliability of the model built to assess the vulnerability of residential subsystem heat wave. The significant sample of residential buildings in the study area was extracted considering residential buildings located in the different homogeneous urban environments where the study area was partitioned and constructed with different techniques.

Climatic impact assessments at the urban scale
The subsystems intrinsic vulnerability maps of an urban system to a climatic phenomenon obtained by applying the previously described hierarchical model can be used to assess the risks and impacts produced on elements of the urban system from hazard scenarios of the phenomenon. In this way, it is possible to evaluate the impacts on elements of the urban system produced by future climatic scenarios. During the Metropolis project research activities, a climate impact assessment model was developed which represents an in-depth study of the approach identified in the recent literature, with a view of conducting an in-depth assessment of climate impacts on the urban scale. Following the approach described in the "IPCC WGII AR5 Report", impact scenarios were built into the research taking into account a specific hazard scenario, risk exposure, and system vulnerability.
In the "IPCC WGII AR5 Report" for impacts on a natural or human system, the effects or damages caused by extreme meteorological and climatic events and climatic changes on the system are understood. The impacts are associated with the risks where risk is the product of the likelihood of a dangerous climate event occurring because of the effects produced by that event. The exposure is a feature in terms

Modello IPCC AR5 per la valutazione di impatti/rischi climatici / *IPCC AR5 model for climatic impact/risks assessments.*



of people, structures and infrastructures, means or services of the urban system that is exposed to risk as it is located in places where the occurrence of a scenario of risk of the phenomenon being investigated would result in damage.
The impact of a particular hazard scenario is assessed by taking into account the scenario of hazard, the exposure and the intrinsic vulnerability of the urban system.
In the Metropolis research, a model for assessing the distribution of impact produced by a hazard scenario on an urban system has been designed and tested, taking into account the vulnerability of the urban system and a specific exposure. In the impact assessment model, reference is made to the hierarchical decomposition of the urban system into subsystems and the thematic paper is produced for the distribution of the impact on the elements of the subsystem where the exposure is located.
The model is sequentially decomposed in the following 4 phases:
Phase 1 - Defining and building the Exposition.
During this phase it is necessary to define the exposure that is exposed to risk and to evaluate:
- what is the subsystem in which it is located;
- what are the characteristics needed to evaluate it;
- which other subsystems are related to it.
For example, considering the urban system partitioned in residential building, open space and popolation subsystems and by selecting the population resident in the buildings, the typical exposure, considered as the number of residents in a building, is located within residential buildings. To estimate the value displayed, it is necessary to consider the number of residents in the building as a characteristic, which can be evaluated by considering the information of the social system subsystem that are synthesized by census areas.
The residential building subsystem will be the subsystem in which the exposure is located and the subsystems residential buildings and open spaces constitute those subsystems related to it as residents interact mainly with the building they live in and with the open spaces near their residence.
Phase 2 - Building the process necessary to an optimal evaluation of the exposure.
This phase is needed to fine-tune the optimal risk assessment process.
Considering the above example, it is necessary to define a spatial analysis process that allows an optimum estimate of the number of inhabitants in a residential building starting from the distribution information of the resident population for census tracts acquired by the ISTAT data source. In order to make an optimal assessment, it is necessary to distribute the population resident in a census tract on the residential buildings contained therein
Phase 3 - Building a spatial analysis process to develop an integrated vulnerability map.
In this phase the integrated urban system vulnerability assessment process is built and tested; the integrated vulnerability is an indicator incorpotaring the intrinsic vulnerability of the subsystem in which exposure is located, the amount of exposure value placed in the subsystem and the intrinsic vulnerability of the elements of other subsystems with which exposure value interacts.
Considering the previous example, the spatial analysis process to be built must integrate the intrinsic vulnerability of residential buildings, and the inherent vulnerability of the surrounding open space elements with the exposure contribution of the resident population to the building.
The average vulnerability of the surrounding open space can be evaluated by considering open space areas included in a circular buffer area that represents open space relative to the population resident in the building. By using the appropriate space operators, the average vulnerability of the surrounding open space can be extracted as the weighted average of open space vulnerabilities included in the buffer area.
The calculation of the Integrated Vulnerability Indicator should be based on taking into account heuristic approaches and decision-making based on expert knowledge and calibration approaches applied to a set of sample elements of the urban system.
The result of this phase is given by the integrated vulnerability map assigned to the subsystem where the exposure is located. In the above example, it will consist of an integrated vulnerability map of residential buildings.
Phase 4 - Building a spatial analysis process to develop an impact scenario map.
In this phase a spatial analysis process is built and tested to produce an impact scenario map, built considering the integrated subsystem vulnerability and a specific hazard scenario. The hazard scenario is given by the distribution

- qual è il sottosistema in cui è collocata;
- quali sono le caratteristiche necessarie a valutarla;
- quali altri sottosistemi sono relazionati ad essa.

Ad esempio, considerando il sistema urbano partizionato nei sottosistemi edifici residenziali, spazi aperti e popolazione e selezionando come valore esposto la popolazione residente negli edifici, la caratteristica esposizione, considerata come numero di residenti in un edificio, è collocata all'interno degli edifici residenziali. Per valutare il valore esposto è necessario considerare come caratteristica il numero di residenti nell'edificio, che può essere valutata considerando le informazioni del sottosistema sistema sociale che sono sintetizzate per zone di censimento. Il sottosistema edifici residenziale costituirà il sottosistema in cui è collocata l'esposizione e i sottosistemi edifici residenziali e spazi aperti costituiscono quei sottosistemi a essa relazionati poiché i residenti interagiscono principalmente con l'edificio in cui risiedono e con gli spazi aperti prossimi alla loro residenza.

Fase 2 - Costruzione di un processo per la stima ottimale del valore di esposizione.

La fase è necessaria a mettere a punto il processo ottimale di stima del valore esposto al rischio. Nell'esempio precedente è necessario definire un processo di analisi spaziale che permetta di compiere una stima ottimale del numero di residenti in un edificio residenziale a partire dalle informazioni relative alla distribuzione della popolazione residente per zone di censimento acquisita dalla fonte dati ISTAT. Al fine di procedere ad una stima ottimale è necessario distribuire opportunamente la popolazione residente in una zona di censimento sugli edifici residenziali ivi contenuti

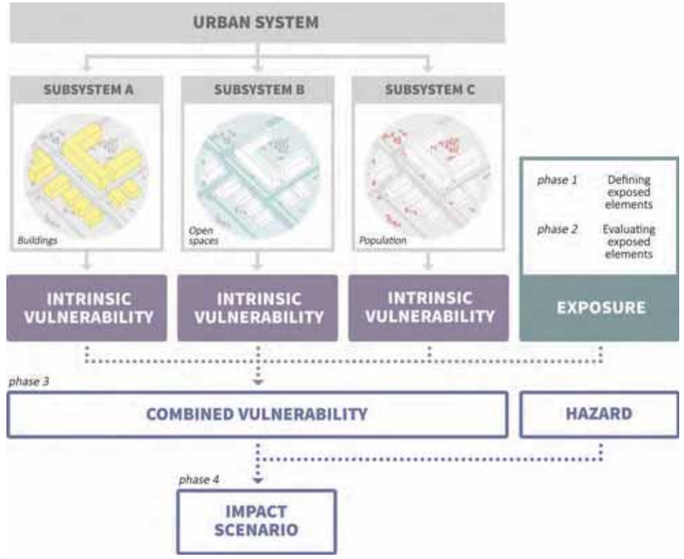
Fase 3 - Costruzione di un processo di analisi spaziale per l'elaborazione della carta di vulnerabilità integrata.

In questa fase è costruito e sperimentato il processo di valutazione della vulnerabilità integrata del sistema urbano, che rappresenta un indicatore che mette in relazione la vulnerabilità intrinseca del sottosistema in cui è collocata l'esposizione con l'entità del valore di esposizione collocata nel sottosistema e con la vulnerabilità intrinseca degli elementi di altri sottosistemi con cui il valore di esposizione interagisce.
Considerando l'esempio precedente, il processo di analisi spaziale da costruire deve integrare la vulnerabilità intrinseca degli edifici residenziali, e la vulnerabilità intrinseca media degli elementi dello spazio aperto circostante con il contributo di esposizione della popolazione residente nell'edificio.
La vulnerabilità media dello spazio aperto circostante può essere estratta prendendo in considerazione le aree spazio aperto incluse in un area di *buffer* circolare che rappresenta lo spazio aperto relazionato alla popolazione residente nell'edificio. Mediante l'utilizzo degli opportuni operatori spaziali è possibile estrarre la vulnerabilità media dello spazio aperto circostante come media pesata della vulnerabilità degli spazi aperti inclusi nell'area di *buffer*. Il calcolo dell'indicatore di vulnerabilità integrata deve essere realizzato prendendo in considerazione approcci euristici e di *decision making* basati sulla conoscenza dell'esperto e approcci di taratura applicati su un set di elementi campione del sistema urbano. Il risultato di questa fase è una mappa di vulnerabilità integrata in cui il valore di vulnerabilità è assegnato al sottosistema in cui è collocata l'esposizione. Nell'esempio precedente, essa sarà costituita da una mappa di vulnerabilità integrata degli edifici residenziali.

Fase 4 - Costruzione di un processo di analisi spaziale per l'elaborazione dello scenario di impatto.

In questa fase è costruito e sperimentato un processo di analisi spaziale che permetta di produrre una carta di scenario di impatto, costruita prendendo in considerazione la vulnerabilità integrata del sottosistema e lo specifico scenario di *hazard*. Lo scenario di *hazard* è costituito dalla distribuzione della pericolosità del fenomeno climatico sul sistema urbano previsto in un certo intervallo temporale in base alle previsioni di evoluzione del fenomeno climatico. Nell'esempio precedente esso è costituito dalla distribuzione della pericolosità prodotta dal fenomeno di ondata di calore sul sistema urbano prevista in un certo intervallo temporale nel futuro considerando un modello di evoluzione nel tempo dell'ondata di calore sul sistema urbano indagato.
Il calcolo dell'indicatore scenario di impatto deve essere realizzato prendendo in considerazione approcci euristici e di *decision making* basati sulla conoscenza dell'esperto e approcci di taratura applicati su un set di elementi campione del sistema urbano.
Nella figura successiva è schematizzato il modello proposto per il calcolo dello scenario di impatto. In figura, il sottosistema A è il sottosistema in cui è collocata l'esposizione e il sottosistema B è un ulteriore sottosistema che include elementi relazionati all'Esposizione. I processi di analisi spaziale relativi alle fasi 3 e 4 sono opportunamente costruiti mediante

Modello proposto per il calcolo della vulnerabilità e degli scenari di impatto / *Proposed model for calculating vulnerability and impact scenarios.*



of the climatic climate hazard on the planned urban system over a certain timeframe based on the forecasts for climate change evolution. In the previuos example, it consists of the distribution of the hazards generated by the heat wave phenomenon on the urban system envisaged in a certain time interval in the future considering a model of weather-evolution of the heat wave over the investigated urban system.
The calculation of the impact scenario indicator should

approcci decisionali che impiegano risultati di tarature e di regole di conoscenza degli esperti del dominio. Agli elementi del sottosistema in cui è collocata l'esposizione sono attribuiti la loro vulnerabilità intrinseca, il valore di esposizione e la vulnerabilità intrinseca media di elementi di altri sottosistemi con cui l'Esposizione interagisce. A essi sarà attribuito un indicatore di vulnerabilità integrata, che valuta i contributi di esposizione e di vulnerabilità intrinseca del sottosistema, oltre al contributo di vulnerabilità intrinseca dei sottosistemi interagenti. Nella fase 4 è associato ad ogni elemento del sottosistema A, il valore di pericolosità relativo allo scenario di *hazard* considerato; esso è opportunamente combinato con la vulnerabilità integrata assegnata all'elemento ai fini di valutarne l'impatto.
Risultato dell'applicazione del modello è una carta di scenario di impatto sul sottosistema in cui è collocato il valore esposto. Un punto di forza del modello di valutazione degli impatti climatici è la sua applicabilità in differenti contesti urbani e a scale diverse di dettaglio. Infatti, così come i modello gerarchico di generazione della vulnerabilità intrinseca dei sottosistemi, il modello di valutazione degli impatti climatici può essere applicato a qualsiasi sistema urbano. La contestualizzazione del sistema urbano interviene nei processi valutativi dell'esperto e nei risultati delle specifiche tarature compiute durante le singole fasi.

References

Bao J., Li X., Yu C. (2015), "The Construction and Validation of the Heat Vulnerability Index, a Review", *International Journal of Environmental research and Public Healt*h, n.12, pp. 7220-7234.
Jolliffe I. T. (1986), *Principal Component Analysis*, Springer-Verlag. p. 487.
Di Martino F., Loia V., Sessa S. (2002), "Fuzzy reliability analysis in the implementation of the Geographical Information Systems: a case study", *2002 FUZZ-IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, IEEE Press, Volume 2, pp. 980 - 984.
Di Martino F., Loia V., Sessa S. (2005), "A fuzzy-based tool for modelization and analysis of the vulnerability of aquifers: a case study", *International Journal Approximate Reasoning* 38(1): 99-111.
Di Martino F., Sessa S. (2013), "Fuzzy reliability in Spatial Databases", *Advance on Fuzzy Systems, Special Issue Fuzzy Functions, Relations and Fuzzy Transforms*, Vol. 2013.
Kazmierczak A. and Cavan G. (2011), "Surface water flooding risk to urban communities: Analysis of vulnerability, hazard and exposure", *Landscape and Urban Planning*, n.103(2), pp. 185-197.
Koks E.E., Jongman B., Husby T.G., Botzen W.J.W. (2015), "Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management", *Environmental science & policy*, n. 47, pp. 42-52.
Lemonsu A., Viguié V., Daniel M., Masson V. (2015), "Vulnerability to *Heat waves*: Impact of urban expansion scenarios on urban heat island and heat stress in Paris (France)", *Urban Climate*, n.14 (4), pp. 586-605.
Macnee R. G. D., Tokai A. (2016), "*Heat wave* vulnerability and exposure mapping for Osaka City, Japan", *Environment System and Decisions*, n.36, pp. 368-376.
Madrigano J., Ito K., Johnson S., Kinney P.L., Matte T. (2015), "A Case-Only Study of Vulnerability to *Heat Wave*-Related Mortality in New York City (2000-2011)", *Environmental Health Perspective*, n.13 (7), pp. 672-678.
Quadrio B., Ambrosanio M., Ioannilli M. (2015), "A GIS-Based Tool for Reliability Assessment of Seismic Microzonation Studies According to Italian Instructions and Criteria", *Engineering Geology for Society and Territory*, Volume 5 pp 1123-1126.
Wolf T., Mc Gregor G. (2013), "The development of a Heat wave vulnerability index for London, United Kingdom", *Weather and Climate Extremes*, n.1, pp. 59-68.
Wong D. W.,Sun M. (2013), "Handling Data Quality Information of Survey Data in GIS: A Case of Using the American Community Survey Data", *Spatial Demography*, 1(1), 3-16.

be made taking into account heuristic approaches and decision-making based on expert knowledge and calibration approaches applied to a set of sample elements of the urban system.
The figure outlines the proposed model for calculating the impact scenario. In this figure the subsystem A is the subsystem where the exposure is located and the subsystem B is an additional subsystem that includes elements related to the Exposure.
The spatial analysis processes for phases 3 and 4 are suitably constructed through decision-making approaches that use calibration results and knowledge rules of the domain experts. The elements of the subsystem in which the exposure is placed are attributed to their intrinsic vulnerability, exposure value, and intrinsic vulnerability of other subsystems with which Exposure interacts. They will be assigned an integrated vulnerability indicator, which evaluates intrinsic exposure and vulnerability subsystem contributions, as well as the contribution of intrinsic vulnerability to interacting subsystems. The phase 4 is associated with each element of subsystem A, the hazard value of the hazard scenario considered; it is appropriately combined with the integrated vulnerability assigned to the element in order to evaluate its impact. The result of the implementation of this model is an impact scenario map of the subsystem where the displayed value is located.
One of the strengths of the climate impact assessment model is its applicability in different urban contexts and at different scales of detail. In fact, as for the hierarchical model of intrinsic vulnerability generation of subsystems, the climate impact assessment model can be applied to any urban system. The contextualization of the urban system intervenes in the evaluation processes of the expert and the results of the specific calibrations carried out during each phase.

Modelli di vulnerabilità ai fenomeni di heat wave e pluvial flooding in ambito urbano

Carmela Apreda

Heat wave and pluvial flooding vulnerability models in urban areas

The main challenge posed by climate change is related to the reduction of impacts on systems interested by specific meteo-climatic phenomena. Studies related to this issue have led to a paradigm shift in climate assessment. From a science/research driven approach, common in the '90s and focused mainly on hazard quantification, we have gradually moved to a policy-driven approach, which pay more attention to the characteristics that influence the behaviour and the response of the affected systems. The first approach is the basis of the first three IPCC reports (FAR - 1990; SAR - 1995; TAR - 2001) and characterize a considerable number of assessments for over 15 years. However, from the fourth report (2007 - AR4) there is a need of new perspectives, and the second approach overcome the main limitation of the first: the inability to understand the complexity of the local contexts. This evolution is accompanied by a growing interest in physical and social characteristics of the affected systems, which are considered as the main causes of impacts and risks resulting from negative climate events (hazard). This leads to a re-evaluation of vulnerability concept, which has become increasingly important over the years, representing an essential element of knowledge for all human activities aimed at reducing climate impacts through adaptation.
The relevance of adaptive action on a system is related to the opportunities of transformation of the built environment and of spatial and a-spatial relations between its elements. Such transformative activity, in turn, is linked to the vulnerability concept: including specific intrinsic characteristics of the system, vulnerability defines its structural organization and its predisposition to be negatively affected (IPCC, 2012; IPCC, 2014).
In particular, the study of vulnerability in urban areas is strongly supported at European level (EC, 2013a; 2013b): the city, widely recognized as place of complexity (Secchi, 2000; Batty, 2009), needs for increased knowledge and control.
The changes that rapidly affect urban context on multiple dimensions (economic, social, environmental), depending on anthropic and natural factors, need the construction of an interpretative model able to describe its behaviour and evolutive trend.
Among various interpretative theories that have occurred over time, the systemic vision is the main conceptual framework, according to which it is possible to perceive the urban area as a dynamically complex system (Papa et al., 1995; Fistola, 2008; Batty, 2009). Such constitutive complexity poses several challenges to the interpretation of phenomena that characterize urban system. The delineation of a basic structure of the system that allows to highlight the dynamic relation existing among its multiple sub-system is not an obvious operation. Starting from various interpretative attempts occurred over time[1], it is possible to identify physical and social systems as main components of urban system, to which connect the characteristics that influence its vulnerability and, consequently, the impacts and risk.
Once specified the system of interest, climate vulnerability assessment cannot exclude the study of frameworks currently used, which are expression of different and constantly changing approaches. Starting from the study on disasters and hazards, several theoretical models for assessing climate risk and impacts have been developed. In the field of Climate Change Adaptation (CCA), IPCC propose the most relevant models in the last two Assessment Reports (AR4 and AR5). AR4 considers vulnerability as the level of susceptibility of the system or as the inability to cope with the negative effects of climate change. Therefore, it is a result not only of the type and magnitude of the climate variation to which the system is exposed (exposure), but also of the level with which the system is affected by the event. The vulnerability of the system is related also to its physical and/or natural attributes (sensitivity) and to its ability to recover from potential damage e to take advantage from opportunity (adaptive capacity) (IPCC, 2007). The meanings of the components of sensitivity and adaptive capacity provided by AR4 are very close to the meaning of vulnerability in Disaster Risk Reduction field (DRR). In the context of DRR, vulnerability is defined as the set of conditions determined by physical, social, economic and environmental factors or processes, which increase the susceptibility of an individual, a community, assets or systems to the impacts of hazards (Fritzsche et al., 2014; UNISDR, 2017).
In line with the growing pressures from United Nations to foster integration between DRR and CCA, in the AR5 the IPCC adopts a novel approach and a new terminology, moving closer to the DRR framework, as shown in the figure. Although the terms adopted to describe vulnerability are different, the basic hypothesis follow a similar logic (Fritzsche et al., 2014). Once selected any system of concern affected by potentially dangerous climate-related event (in AR4, exposure - E; in AR5, hazard - H), the stress to which is exposed leads to a threat (in AR4, vulnerability - V; in AR5, impact or risk - R), which may be moderated by specific physical or socio-economical attributes of the system itself (in AR4, sensitivity, adaptive capacity; in AR5, exposure, vulnerability). Is clear the different meaning attributed to exposure and vulnerability terms. Exposure, which in AR4 is interpreted as part of vulnerability, in AR5 is see as an external component, which works together with it and hazard in determining the impacts[2].
Although the main European projects focusing on impacts of

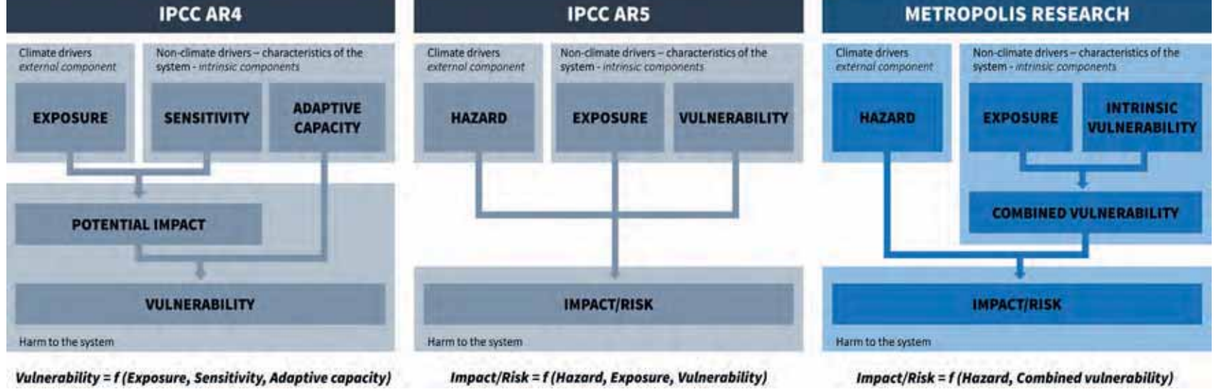
La principale sfida determinata dal *climate change* è connessa alla riduzione degli impatti su sistemi ed elementi interessati da specifici fenomeni meteo-climatici. Gli studi inerenti tale problematica hanno determinato nel corso del tempo un cambio di paradigma nella valutazione climatica (*climate assessment*). Da un approccio science/research-driven, dominante negli anni '90 e focalizzato principalmente sulla quantificazione dell'*hazard*, si è passati gradualmente ad un approccio policy-driven, più attento alle caratteristiche che influenzano il comportamento e la risposta dei sistemi colpiti. Sebbene il primo approccio sia stato il fondamento dei primi tre rapporti dell'Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (FAR - 1990; SAR - 1995; TAR - 2001), caratterizzando un gran numero di valutazioni per oltre 15 anni, a partire dal quarto rapporto del 2007 (AR4) si delinea la necessità di nuove prospettive che ne superino il principale limite, ovvero l'incapacità di comprendere la complessità dei contesti locali analizzati. Tale evoluzione è accompagnata da un crescente interesse verso la conoscenza e l'analisi delle caratteristiche fisiche e sociali dei sistemi colpiti, considerate come causa principale degli impatti e dei rischi risultanti da eventi climatici potenzialmente negativi (*hazard*). Ciò comporta una rivalutazione del concetto di vulnerabilità, che acquisisce nel corso degli anni sempre maggiore rilievo, rappresentando un elemento fondamentale di conoscenza per tutte quelle attività umane mirate alla riduzione degli impatti climatici attraverso l'adattamento.
La significatività dell'intervento adattivo su un dato sistema è correlata alle possibilità di trasformazione dell'assetto costruito e delle relazioni spaziali e a-spaziali esistenti tra gli elementi che lo compongono. A sua volta, tale attività trasformativa è connessa al concetto di vulnerabilità che, includendo particolari caratteristiche interne al sistema, ne definisce l'organizzazione strutturale e la propensione o predisposizione ad essere affetto in maniera negativa (IPCC, 2012; IPCC, 2014).
In particolare, in ambito urbano lo studio della vulnerabilità è fortemente supportato a livello comunitario (EC, 2013a; 2013b): la città, ormai ampiamente riconosciuta come il luogo della complessità (Secchi, 2000; Batty, 2009), richiede livelli di conoscenza e controllo sempre maggiori. I cambiamenti che rapidamente investono la realtà urbana su molteplici dimensioni (economica, sociale, ambientale), dipendenti da fattori antropici e naturali, necessitano la costruzione di un modello interpretativo capace di descriverne il comportamento e i *trend* evolutivi.
Tra le varie teorie interpretative che si sono succedute nel corso del tempo, la visione sistemica rappresenta il principale quadro di riferimento concettuale, secondo cui è possibile concepire l'insieme urbano come un sistema dinamicamente complesso (Papa et al., 1995; Fistola, 2008; Batty, 2009). Tale complessità costitutiva pone diverse sfide per l'interpretazione dei fenomeni che caratterizzano il sistema urbano. La definizione di una struttura di base del sistema che consenta di esplicitare le relazioni dinamiche sussistenti tra i molteplici sottosistemi di cui si compone è un'operazione tutt'altro che scontata e, soprattutto, non valida in senso assoluto. A partire dai diversi tentativi di interpretazione alternatisi nel tempo[1], è possibile individuare il sistema fisico e il sistema sociale quali componenti principali del sistema urbano, cui ricondurre le caratteristiche che ne influenzano la vulnerabilità e, di conseguenza, gli impatti e il rischio.
Definito il sistema di interesse, la valutazione della vulnerabilità climatica non può prescindere dallo studio dei *framework* attualmente più utilizzati, espressione di approcci differenti ma in continua evoluzione. A partire dagli studi relativi ai disastri e agli *hazard* in generale, sono stati elaborati diversi modelli teorici per la valutazione del rischio climatico e degli impatti. Nell'ambito degli studi relativi al Climate Change Adaptation (CCA), i modelli più rilevanti sono quelli proposti dall'IPCC negli ultimi due Rapporti di Valutazione (AR4 e AR5). Nell'AR4 la vulnerabilità è espressa come il grado di suscettibilità del sistema o come l'incapacità di fronteggiare gli effetti avversi del cambiamento climatico. Pertanto, essa è il risultato non solo del tipo e della magnitudo della variazione climatica cui il sistema è esposto (esposizione/*exposure*), ma anche del grado con cui il sistema risulta interessato dall'evento, dipendente dai suoi attributi fisici e/o naturali (sensitività/*sensitivity*), e della sua abilità di recuperare dal danno potenziale e trarre vantaggio dalle opportunità (capacità adattiva/adaptive capacity) (IPCC, 2007). La definizione delle componenti di *sensitivity* e adaptive capacity fornita dall'AR4 si avvicina molto al significato attribuito alla vulnerabilità nell'ambito del Disaster Risk Reduction (DRR), dove è definita come l'insieme delle condizioni determinate da caratteristiche o processi fisici, sociali, economici ed ambientali che incrementano la suscettibilità di individui, comunità, risorse o sistemi agli impatti degli *hazard* (Fritzsche et al., 2014; UNISDR, 2017).
In linea con le crescenti spinte da parte delle Nazioni Unite nel promuovere l'integrazione tra DRR e CCA, nell'AR5 l'IPCC adotta un nuovo approccio e una nuova terminologia, avvicinandosi al *framework* tipico del DRR, così come mostrato nella figura successiva. Sebbene i termini adottati per descrivere la vulnerabilità siano diversi, le ipotesi di base seguono una logica simile (Fritzsche et al., 2014).
Considerato un qualsiasi sistema di interesse affetto da un evento climatico potenzialmente pericoloso (in AR4, *exposure* - E; in AR5, *hazard* - H), lo stress cui è sottoposto provoca una minaccia (in AR4, *vulnerability* - V; in AR5, impatto/impact o rischio/risk - R) che può essere ridimensionata grazie a particolari attributi fisici o socioeconomici (in AR4, *sensitivity, adaptive capacity*; in AR5, *exposure*, *vulnerability*).

climate change on urban system highlight a wide adoption of AR4 approach (e.g., ESPON, Urban Vulnerability Map - EEA, RESIN), the main advantage of AR5 vulnerability models cannot be neglected. In relation to the overarching objectives of integration recommended at international level, aiming to foster multi-hazard assessments, AR5 promotes the development of an integrated approach to modelling the impacts of different hazards (e.g., geophysical, climatic, hydrogeological), since the relation R=HxExV is well established in the field of seismic, hydrogeological and volcanic risk assessment.
In the context of Metropolis research, aimed at realizing an integrated decision support system for local adaptation to natural risks, one of the main activity conducted by DiARC research group is the development of an operational model for vulnerability assessment of urban system to heat wave and pluvial flooding phenomena. Consistently with the model introduced in AR5, vulnerability is considered as an intrinsic component of the affected system that, together with exposure and hazard, allows the assessment of climate impacts and risks,. As a further development of the IPCC model, a combination of the two intrinsic components of the system in a single component, called combined vulnerability, is proposed. It describes the propension to suffer negative effects, which is caused by intrinsic characteristics and exposure of the system to the phenomenon. Therefore, combined vulnerability consists of the relationships established among subsystems, identifying the connections between physical and socio-economical characteristics and values exposed to the potential damage.
According to this approach, the assessment of the intrinsic vulnerability is the starting point for implementing the interventions on the built environment, representing a preparatory activity for the development of adaptive processes. Therefore, the development of an operational model is needed, to quantitively assess the contribution of each characteristic to overall vulnerability of urban system, highlighting critical situations in relation to which adaptive actions should be taken.

The development of heat wave and pluvial flooding vulnerability models

Regardless of the magnitude of climate event and of the interactions among sub-systems, intrinsic vulnerability describes the characteristics that define the tendency of each single element belonging to the system to be adversely affected. This predisposition need to be quantitatively measured through indicators able to describe the behaviour and the performances of the system in relation to a specific hazard. This requires a considerable effort to homogenize and summarize the multiple characteristics that contribute to the calculation of urban climate vulnerability indicators.
The model proposed in Metropolis project, structured in five hierarchical levels, was developed starting from the identification of three sub-systems, to which were later attributed several types of information related to various levels of knowledge. The adoption of a systemic approach has allowed to look at urban context as a system characterized by several overlapping and interacting sub-systems. The "extraction" of Building, Outdoor spaces and Population sub-systems has allowed to make a "minimum characterisation" of urban system, essential for vulnerability assessment and potentially suitable for integration with other subsystems in relation to new research objectives.
This structured model allows to define, for each sub-system, the vulnerability indicators to heat wave and pluvial flooding (root nodes - level 0) starting from the aggregation of technological and environmental indicators (level 1). Each indicator is calculated on the basis of physical and social characteristics (level 2) developed from an intermediate knowledge constituted by several input data (level 3). The latter, in turn, are the result of a preliminary pre-processing activity, carried out on a set of uneven levels of knowledge deriving from various sources and constituting the knowledge base (leaf nodes - level 4).
For both climate phenomena, the process of developing the vulnerability assessment model was conducted through the following activities:
- identification and selection of indicators;
- determination of the calculation algorithms;
- acquisition of input data.
The model was developed starting from the identification of

È evidente la differenza di significato attribuita ai termini *exposure* e *vulnerability*. L'esposizione, che nell'AR4 è considerata parte della vulnerabilità, nell'AR5 è intesa come una componente esterna, che concorre insieme ad essa e all'*hazard* nel determinare gli impatti[2].
Sebbene i principali progetti europei relativi allo studio degli impatti del cambiamento climatico in ambito urbano evidenzino un'ampia adozione dell'approccio AR4 (ad es., ESPON, Urban *Vulnerability* Map - EEA, RESIN), non è possibile trascurare il principale vantaggio legato allo sviluppo di modelli di vulnerabilità climatica coerenti con l'AR5. In relazione agli obiettivi di integrazione proposti a livello internazionale finalizzati a favorire le valutazioni *multi-hazard*, l'AR5 favorisce lo sviluppo di un approccio integrato alla modellazione degli impatti di *hazard* di natura diversa (ad es., geofisici, climatici, idrologici), in quanto la relazione R=HxExV è più che consolidata nel campo della valutazione del rischio sismico, idrogeologico e vulcanico.
Nell'ambito della ricerca Metropolis, finalizzata alla realizzazione di uno strumento integrato di supporto alle decisioni in materia di adattamento alla scala locale ai rischi naturali e antropici, una delle principali attività svolte dal gruppo di ricerca del DiARC ha riguardato la costruzione di un modello operativo di valutazione della vulnerabilità del sistema urbano ai fenomeni di *heat wave* e *pluvial flooding*. In linea con il modello concettuale proposto nell'AR5, la vulnerabilità è considerata come una componente intrinseca al sistema colpito che, insieme all'esposizione e all'*hazard*, consente di valutare gli impatti e il rischio climatico. Inoltre, come ulteriore avanzamento rispetto al modello IPCC, si propone la combinazione delle due componenti interne al sistema in un'unica componente denominata vulnerabilità integrata, intesa come propensione a subire effetti negativi determinata non solo dalle caratteristiche intrinseche ma anche dall'esposizione del sistema ad un determinato fenomeno. Pertanto, la vulnerabilità integrata considera le relazioni che si stabiliscono tra i diversi sottosistemi, individuando le connessioni tra le caratteristiche fisiche e socioeconomiche e i valori esposti al potenziale impatto.
Secondo tale approccio, la valutazione della vulnerabilità intrinseca rappresenta il punto di partenza per l'attuazione degli interventi sul costruito, configurandosi quale attività propedeutica allo sviluppo di processi di adattamento. Pertanto, è necessaria la definizione di un modello operativo in grado di valutare quantitativamente il contributo di ciascuna caratteristica alla vulnerabilità complessiva del sistema urbano, evidenziando le situazioni di particolare criticità sulle quali intervenire mediante soluzioni adattive.
La costruzione dei modelli di vulnerabilità all'*heat wave* e al *pluvial flooding*
Indipendentemente dalla portata del fenomeno climatico considerato e dalle interazioni tra i sottosistemi, la vulnerabilità intrinseca descrive quelle caratteristiche che determinano la propensione di ogni singolo elemento appartenente al sistema a subire effetti negativi. Tale predisposizione va misurata quantitativamente mediante



indicatori in grado di restituire il comportamento e le prestazioni offerte dal sistema urbano rispetto a un determinato *hazard*. Ciò richiede un notevole sforzo per omogeneizzare e sintetizzare le molteplici caratteristiche che concorrono al calcolo degli indicatori di vulnerabilità climatica del sistema urbano.
Il modello proposto nel progetto Metropolis, strutturato in cinque livelli gerarchici, è stato costruito a partire dal riconoscimento di tre sottosistemi, ai quali sono stati successivamente riferiti i diversi tipi di informazioni corrispondenti ai vari livelli conoscitivi. L'adozione dell'approccio sistemico ha permesso di guardare alla realtà urbana come ad un sistema caratterizzato da molteplici sottosistemi che si sovrappongono e interagiscono tra loro, rispetto ai quali articolare il modello e gli indicatori. L'"estrapolazione" dei sottosistemi Edifici, Spazi aperti e Popolazione ha consentito di effettuare una caratterizzazione minima del sistema urbano, necessaria alla valutazione della vulnerabilità, eventualmente integrabile con altri sottosistemi in relazione a nuovi obiettivi di ricerca.
Il modello così strutturato consente di definire, per ogni sottosistema, gli indicatori di vulnerabilità all'*heat wave* e al *pluvial flooding* (elementi radice - livello 0) a partire dall'aggregazione di indicatori tecnologici e ambientali (livello 1). Ciascun indicatore è calcolato sulla base di caratteristiche fisiche e sociali (livello 2) elaborate a partire da una conoscenza intermedia costituita da molteplici dati di input (livello 3). Questi ultimi, a loro volta, sono il risultato di una preliminare attività di *preprocessing* condotta su un insieme di strati conoscitivi disomogenei derivanti da fonti diverse, e che costituiscono la conoscenza di base (foglie dell'albero - livello 4).
Per entrambi i fenomeni climatici considerati, il processo di costruzione del modello di valutazione della vulnerabilità è articolato nelle seguenti attività:
- identificazione e selezione degli indicatori;
- determinazione delle caratteristiche di calcolo;

Confronto tra i modelli di valutazione della vulnerabilità proposti dall'IPCC e il modello elaborato nella ricerca Metropolis / *Comparison of vulnerability assessment models proposed by IPCC and Metropolis research.*

nella pagina accanto / next page

Principali indicatori di vulnerabilità del sistema urbano ai fenomeni di *heat wave* rilevati in letteratura / *Main indicators of urban vulnerability to heat wave derivedfrom literature.*

recurring indicators in scientific literature. On this basis, the ones used in the research were selected according to some criteria explained below. After the identification of the set of indicators and of the algorithms, the calculation parameters were developed from input data obtained from official databases. This allowed to start the search for data sources, which led to the redefinition of some characteristics and indicators due to some unavailable and/or unreliable sources. The development of the set of indicators derives from various national and international references, or from policy documents and guidelines realized by supranational institutions and from technical reports and articles related to research projects conducted in the academic field or on behalf of local governments. Such studies, aimed at assessing impacts on population and community, are focused mainly on the characteristics related to social system, while there are few references to the physical characteristics of the built environment. Moreover, most of the studies are characterized by evaluations carried out at a very small scale, at national/ regional or at the municipal level, using the census sections provided by the national statistical service as spatial reference entities, without further analysis at the local level.
At European level, the European Environment Agency (EEA) in the study of several climate-hazard (heat waves, flooding, water scarcity, droughts, forest fires), has worked hard to identify the causes of heat wave and flooding phenomena and to define a set of hazard-specific indicators.
Various technical reports published by EEA state that the level of urban vulnerability to heat wave is related to meteorological factors (solar radiation, temperature, wind speed) but also to factors related to urban morphology, as the presence of impervious surfaces and buildings with high thermal mass that obstruct the natural ventilation and the absence of vegetation, water bodies and shaded outdoor spaces. Moreover, human factors exacerbate vulnerability, as the high population density and the production of additional heating from productive processes, transport and artificial cooling systems (EEA, 2012a; 2012b). Such characteristics, which are negative for the entire population due to the formation of the Urban Heat Island phenomenon[2], can exacerbate the impacts on vulnerable groups, as the elderly, children, people with low incomes, health problems and disabilities (EEA, 2012a). Therefore, some specific indicators

- acquisizione dei dati di input.

La costruzione del modello è avvenuta a partire dall'identificazione degli indicatori ricorrenti nella letteratura scientifica, in base ai quali sono stati selezionati quelli da utilizzare secondo alcuni criteri indicati in seguito. Individuato il set di indicatori e le relative formule di calcolo, sono state determinate le caratteristiche necessarie al calcolo, a loro volta elaborate a partire da dati di input acquisiti da banche dati ufficiali. Ciò ha permesso di avviare la ricerca delle fonti dei dati, che ha comportato la ridefinizione di alcune caratteristiche e indicatori in caso di assenza di fonti attendibili e/o accessibili.

La costruzione del set di indicatori alla base dei modelli di valutazione della vulnerabilità all'*heat wave* e al *pluvial flooding* deriva da riferimenti bibliografici nazionali e internazionali di diversa natura, ovvero da documenti di indirizzo e linee guida elaborati da enti sovranazionali e da report tecnici e articoli relativi a progetti di ricerca condotti in ambito accademico o per conto di governi locali. Tali studi, finalizzati principalmente alla valutazione degli impatti sulla popolazione e sulle comunità, si focalizzano principalmente sulle caratteristiche connesse al sistema sociale, mentre si riscontrano pochi riferimenti alle caratteristiche fisiche del costruito. Inoltre, gran parte degli studi sono caratterizzati da valutazioni condotte a scale molto piccole, a livello nazionale/regionale o al massimo comunale, utilizzando come entità spaziali di riferimento le sezioni di censimento adoperate dal servizio statistico nazionale, senza ulteriori approfondimenti a scala locale.

A livello europeo, la European Environment Agency (EEA) nello studio di vari *climate-hazard* (*heat waves*, *flooding, water scarcity, droughts, forest fires*) ha lavorato molto per l'individuazione delle cause dei fenomeni di *heat wave* e *flooding* e la definizione di un set di indicatori *hazard-specific*.

I diversi report e relazioni tecniche pubblicati dall'EEA affermano che il livello di vulnerabilità urbana relativa ai fenomeni di *heat wave* è correlato a fattori meteorologici (radiazione solare, temperature, velocità del vento) ma anche a fattori relativi alla morfologia urbana, quali la presenza di superfici impermeabili, di strutture che ostacolano la ventilazione, di edifici con elevata massa termica e l'assenza di vegetazione e corpi d'acqua e di spazi aperti ombreggiati. Inoltre, fattori umani aggravano la condizione di vulnerabilità, quali l'elevata densità di popolazione e la produzione di calore addizionale derivante da processi produttivi, trasporti e sistemi di raffrescamento artificiale (EEA, 2012a; 2012b). Tali caratteristiche, negative per la totalità della popolazione a causa della formazione del fenomeno dell'Urban Heat Island[3], possono aggravare gli impatti su quelle fasce particolarmente deboli, che includono anziani, bambini, persone a basso reddito o in condizioni di povertà, malati e persone con disabilità (EEA, 2012a). Vengono quindi individuati alcuni indicatori specifici per misurare la vulnerabilità urbana, quali, ad esempio, la presenza combinata di giorni caldi e notti tropicali, la temperatura effettiva ET, la percentuale di

HEAT WAVE					
SUB-SYSTEM	INDICATOR	SPATIAL SCALE			SOURCES
		National scale	City scale	Building scale	
Population	Population density	•	•		Toronto Public Health, 2010; Swart et al., 2012; Loughnan et al., 2013; Rinner & Gower, 2013; Wolf & McGregor, 2013; Wisconsin Department Health Services, 2014
	Population age (< 6 years; > 65; > 75)	•	•		Toronto Public Health, 2010; Tomlinson et al., 2011; Swart et al., 2012; Kim & Kim, 2013; Wolf & McGregor, 2013; Wisconsin Department Health Services, 2014; van der Hoeven and Wandl, 2014; Madrigano et al., 2015; van der Hoeven and Wandl, 2015
	Mortality age	•	•		van der Hoeven and Wandl, 2015
	% low income people	•	•		Toronto Public Health, 2010; Swart et al., 2012; Rinner & Gower, 2013; Wisconsin Department of Health Services, 2014
	Education level	•	•		Swart et al., 2012; Wolf & McGregor, 2013
	Health status	•			Tomlinson et al., 2011; Swart et al., 2012; Wolf & McGregor, 2013; Wisconsin Department of Health Services, 2014; Madrigano et al., 2015
	Heat-related mortality	•			Kim & Kim, 2013
	GDP/cap	•			Swart et al., 2012; Kim & Kim, 2013
	Race/ethnicity		•		Toronto Public Health, 2010; Loughnan et al., 2013; Rinner & Gower, 2013; Wolf & McGregor, 2013; Wisconsin Department of Health Services, 2014; Madrigano et al., 2015
	Senior living alone		•		Toronto Public Health, 2010; Kim & Kim, 2013; Loughnan et al., 2013; Wolf & McGregor, 2013; Wisconsin Department of Health Services, 2014; Weber et al., 2015
	Disability		•		Toronto Public Health, 2010; Rinner & Gower, 2013
	Care facilities	•	•		Kim & Kim, 2013; Loughnan et al., 2013
Open spaces	Soil sealing		•		van der Hoeven and Wandl, 2014; van der Hoeven and Wandl, 2015
	Access/proximity to green spaces	•	•		Toronto Public Health, 2010; Swart et al., 2012; Rinner & Gower, 2013
	Land cover/ Land use	•	•		Loughnan et al., 2013; van der Hoeven and Wandl, 2014; Wisconsin Department of Health Services, 2014
	Sky View Factor		•		van der Hoeven and Wandl, 2014; van der Hoeven and Wandl, 2015
	Albedo		•		van der Hoeven and Wandl, 2014; van der Hoeven and Wandl, 2015
	Surface water		•		van der Hoeven and Wandl, 2014; van der Hoeven and Wandl, 2015
	Vegetation index - NDVI		•		van der Hoeven and Wandl, 2014; van der Hoeven and Wandl, 2015; Weber et al., 2015
	Percent of trees		•		Madrigano et al., 2015
	Tree canopy coverage/LAI		•		Toronto Public Health, 2010; Rinner & Gower, 2013; van der Hoeven and Wandl, 2015
	Shadow		•		van der Hoeven and Wandl, 2014; van der Hoeven and Wandl, 2015
	Surface temp.		•		Toronto Public Health, 2010; Rinner & Gower, 2013; van der Hoeven and Wandl, 2014
Buildings	Building age		•		van der Hoeven and Wandl, 2015; Weber et al., 2015
	Building volume		•		van der Hoeven and Wandl, 2015
	Building envelope		•		van der Hoeven and Wandl, 2014; van der Hoeven and Wandl, 2015
	Highrise buildings		•		Rinner & Gower, 2013; Wolf & McGregor, 2013
	Thermal insulation		•		Wolf & McGregor, 2013
	Air conditioning		•		Wolf & McGregor, 2013
	Energy labels		•		van der Hoeven and Wandl, 2014

nella pagina accanto / next page

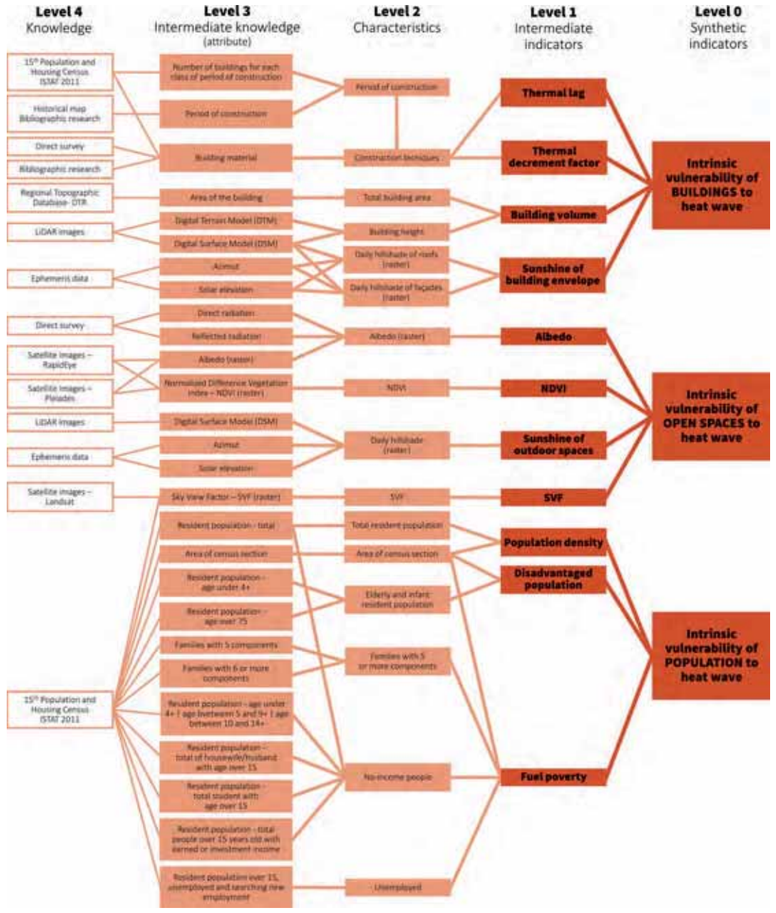
Principali indicatori di vulnerabilità del sistema urbano ai fenomeni di *pluvial flooding* rilevati in letteratura / *Main indicators of urban vulnerability to pluvial flooding derived from literature.*

are identified to measure urban vulnerability, as the combined presence of hot days and tropical nights, the effective temperature ET, the share of green areas, the percentage of the population aged over 65 years, the GDP per capita (Swart et al., 2012).
Regarding flooding phenomena, urban vulnerability depends on a complex array of factors, including rainfall events, presence of population, topography, slope of the receiving basin and physical properties of surfaces and urban drainage systems (EEA, 2012a; 2012b). As a result, specific indicators are identified to describe climatic, physical and social characteristics, as the increase of frequency and intensity of heavy precipitation, the soil moisture levels, the degree of soil sealing, the lack of green areas, the presence of industrial or commercial assets in potentially flooding prone areas, the socio-economic status and the community involvement (Swart et al., 2012; Timmerman et al., 2017).
Such indicators are largely used in most of the researches analysed, to which new ones are added in relation to the objectives and the system analysed. From the state of the art it was possible to identify some essential characteristics for vulnerability assessment. Despite the variety of frameworks used in the studies, with different terminologies for the selection of indicators and the identification of the vulnerability components, the tables propose a summary of the variables of interest and of the indicators found in the literature for vulnerability assessment of urban system to heat wave and pluvial flooding, highlighting the possible relation to one of the three sub-systems (Buildings, Outdoor Spaces, Population) and the spatial scale (Nation, City, Building).
Starting from literature review, the indicators to be included in the model were selected according to a multiscale approach able to measure the characteristics of the urban system both at city/district and building level. The selection of each indicator was conducted according to five criteria: 1) relevance of indicator in relation to research objectives; 2) relevance of indicator in the international scientific literature; 3) simplicity of processing; 4) availability of data sources; 5) type of impact; 6) need for integration of some fundamental aspects, missing in the analysed case studies; 7) replicability of the assessment model in different contexts. Based on these criteria, a set of 11 indicators for each phenomenon was developed, each of which is related to a specific sub-system. Some indicators, missing in literature, are suggested as an original contribute to strengthening the knowledge base.
In the development of the vulnerability model, the type of

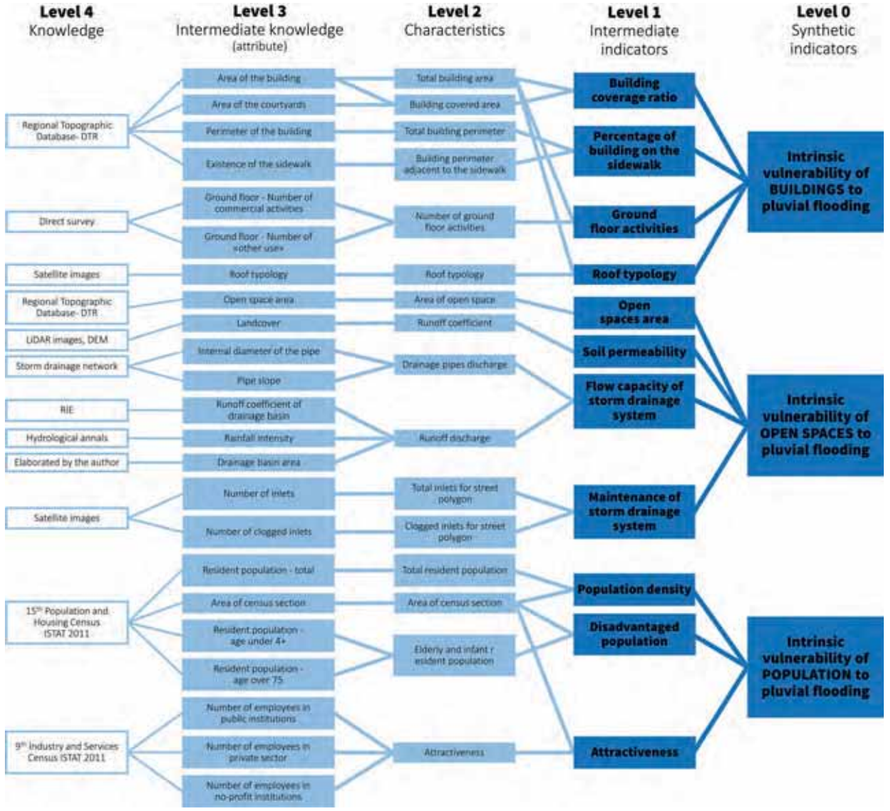
aree verdi, la percentuale di popolazione con età > 65 anni, il PIL pro capite (Swart et al., 2012).
Per quanto riguarda i fenomeni di *flooding*, la vulnerabilità in ambito urbano è connessa all'esistenza congiunta di una complessa gamma di fattori, correlati agli eventi di precipitazione, alla presenza di popolazione, alla topografia, alla pendenza dei bacini e alle proprietà fisiche di superfici e sistemi di drenaggio urbano (EEA, 2012a; 2012b). Di conseguenza, vengono individuati indicatori specifici per descrivere tali caratteristiche climatiche, fisiche e sociali, quali l'incremento di frequenza e intensità delle precipitazioni, il livello di umidità e di impermeabilizzazione dei suoli, la scarsità di aree verdi, la presenza di attività commerciali e servizi in aree potenzialmente esposte ai fenomeni di *flooding*, lo stato socioeconomico e il coinvolgimento della comunità (Swart et al., 2012; Timmerman et al., 2017).
Indicatori di questo tipo sono ampiamente presenti nella maggioranza delle ricerche analizzate, cui di volta in volta se ne aggiungono di nuovi in relazione agli obiettivi prefissati e al sistema analizzato. Dall'analisi dello stato dell'arte è stato possibile individuare alcune caratteristiche necessarie per la valutazione della vulnerabilità. Nonostante la varietà dei *framework* utilizzati negli studi analizzati, con differenti terminologie per la selezione degli indicatori e l'individuazione delle componenti di vulnerabilità, nelle tabelle si propone una sintesi delle variabili di interesse e degli indicatori rilevati in letteratura per la valutazione della vulnerabilità del sistema urbano all'*heat wave* e al *pluvial flooding*, evidenziando la possibile afferenza ad uno dei tre sotto-sistemi oggetto di studio (Edifici, Spazi Aperti, Popolazione) e la scala di applicazione (Nazione, Città, Edificio).
A partire dalla *literature review* sono stati selezionati gli indicatori da inserire nel modello secondo un approccio interscalare tale da misurare le caratteristiche del sistema urbano sia a livello cittadino/distrettuale sia di edificio. La selezione di ciascun indicatore è stata condotta rispettando sette criteri: 1) rilevanza dell'indicatore rispetto agli obiettivi di ricerca; 2) rilevanza dell'indicatore nella letteratura scientifica internazionale; 3) facilità di elaborazione; 4) accessibilità delle fonti di dati; 5) tipologia di impatto da valutare; 6) necessità di integrazione di alcuni aspetti ritenuti fondamentali e non considerati nei casi studio analizzati; 7) replicabilità del modello di valutazione in contesti differenti. Sulla base di tali criteri, è stato individuato per ciascun fenomeno un set composto da 11 indicatori, ognuno relativo ad un sottosistema, di cui alcuni non presenti nella letteratura indicata e proposti quale contributo originale all'avanzamento della conoscenza.
Nella costruzione del modello di vulnerabilità, il tipo di impatti da valutare ha influito notevolmente sulla scelta degli indicatori e delle relative caratteristiche di calcolo. In relazione all'*heat wave*, gli impatti considerati sono connessi al possibile discomfort termico e alla potenziale perdita della vita della popolazione, su cui influiscono le caratteristiche di edifici e spazi aperti. Di conseguenza, gli indicatori proposti mirano

PLUVIAL FLOODING

SUB-SYSTEM	INDICATOR	SPATIAL SCALE			SOURCES
		National scale	City scale	Building scale	
Population	Population age	•	•		Apan et al., 2010; Muller et al., 2011; Lindley & O'Neill, 2013; Salami et al., 2017; Timmerman et al., 2017; Tapia et al., 2016
	Population density		•		**Balica, 2012; Birkmann et al., 2013**
	Health conditions	•	•		Apan et al., 2010; Balica, 2012; Lindley & O'Neill, 2013
	Family structure		•		**Apan et al., 2010; Muller et al., 2011; Salami et al., 2017**
	Social networks	•	•		Apan et al., 2010; Lindley & O'Neill, 2013
	Care facilities/ Emergency services		•		**Apan et al., 2010; Balica, 2012; Birkmann et al., 2013; Salami et al., 2017**
	Occupation/ Employment status	•	•		Apan et al., 2010; Muller et al., 2011; Balica, 2012; Tapia et al., 2016; Salami et al., 2017
	Income	•	•		**Apan et al., 2010; Balica, 2012; Lindley & O'Neill, 2013; Tapia et al., 2016; Salami et al., 2017; Timmerman et al., 2017**
	Ethnicity		•		Apan et al., 2010; Salami et al., 2017
	Education level	•	•		**Muller et al., 2011; Balica, 2012; Swart et al., 2012; Salami et al., 2017; Timmerman et al., 2017**
	Experience with floods	•	•		Muller et al., 2011; Balica, 2012; Birkmann et al., 2013; Lindley & O'Neill, 2013; Salami et al., 2017
	Flood-prone population	•	•		**Balica, 2012; Swart et al., 2012; Birkmann et al., 2013; Timmerman et al., 2017**
Open spaces	Imperviousness /Soil sealing	•	•		Swart et al., 2012; Tapia et al., 2016; Timmerman et al., 2017
	Amount of green areas	•	•		**Muller et al., 2011; Timmerman et al., 2017**
	Soil moisture		•		Balica, 2012
	Land Cover/Use		•		**Balica, 2012; Salami et al., 2017**
	Transport and mobility networks		•		Salami et al., 2017
Buildings	**Building age**		•	•	**Stephenson & D'Ayala, 2014; Salami et al., 2017**
	Position in relation to street level		•		Muller et al., 2011; Lindley & O'Neill, 2013
	Building material /Structural type		•	•	**Muller et al., 2011; Stephenson & D'Ayala, 2014; Godfrey et al., 2015; Salami et al., 2017**
	Structural condition		•	•	Apan et al., 2010; Lindley & O'Neill, 2013; Stephenson & D'Ayala, 2014; Godfrey et al., 2015; Salami et al., 2017
	Cultural value			•	**Stephenson & D'Ayala, 2014; Salami et al., 2017**
	Number of floors			•	Stephenson & D'Ayala, 2014; Godfrey et al., 2015
	Number of openings			•	**Godfrey et al., 2015**
	Presence of basement			•	Godfrey et al., 2015
	Cracks in the structure			•	**Godfrey et al., 2015**
	Building maintenance			•	Godfrey et al., 2015
	Foundation type			•	**Godfrey et al., 2015**
	Wall around the building			•	Godfrey et al., 2015



Modello per la valutazione della vulnerabilità del sistema urbano all'*heat wave / Vulnerability assessment model of urban system to heat wave.*



Modello per la valutazione della vulnerabilità del sistema urbano al *pluvial flooding / Vulnerability assessment model of urban system to pluvial flooding.*

impacts assessed has had strong influence on the selection of indicators and of relative characteristics. In relation to heat wave, the impacts assessed are connected to potential thermal discomfort and health impacts, on which the characteristics of buildings and outdoor spaces have a strong influence. Consequently, the proposed indicators aim to characterize in detail the vulnerability of these sub-systems: the selection presented in the model include both widely adopted indicators (NDVI, population density, disadvantaged population) and those specifically developed to describe on a more detailed scale (1:5,000) the characteristics of buildings (thermal lag, thermal decrement factor, building volume, shading of building envelope), outdoor spaces (SVF, albedo, shading of outdoor spaces) and population (fuel poverty).
In relation to pluvial flooding, the test was carried out on urban contexts where the flooding phenomena arise mainly from rainfall events (intense, short or prolonged), causing surface runoff and ponding (also from sewer overload) without considering fluvial or coastal flooding phenomena. Therefore, the suggested indicators aim to assess the vulnerability related to the potential loss and damage of properties and assets situated at the ground floor, and to disruption of service industry and mobility. In this case, the impacts connected to mortality or damage to buildings and infrastructures are not assessed. In view of these considerations, the model aims to characterize firstly the efficiency of the storm drainage system (flow capacity of storm drainage system, maintenance of storm drainage system), because it has immediate effects on outdoor spaces and, consequently, also on buildings and people. Therefore, some indicators able to describe on a more detailed scale (1:5000) the vulnerability of buildings are introduced, related to functional and morphological characteristics (building coverage ratio, percentage of building on the sidewalk, ground floor activities, roof typology), and of population, related to the potential concentration of people in specific areas (attractiveness). The set includes largely adopted indicators, also identified in the scientific literature (outdoor spaces area, soil permeability, population density, weak population groups).
In both models, for each indicator, characteristics and input data, with reference to the source (e.g., ISTAT, DTR) or to the acquisition method (direct survey, original processing) are summarized.
As verified through the test carried out on the study area of east Naples, regardless of the specific climatic phenomenon, the hierarchical model presents an ease of use both for vulnerability assessment and for evaluation of adaptive solutions. These solutions can be measured on the basis of the vulnerability features previously identified, using the same calculation formulas adopted for the indicators and assuming different sets of context-specific solutions. This allows to calculate the reduction of vulnerability, offering an operational tool for decision-making to identify the priority areas of intervention and to simplify the choice of the most suitable set of solutions.

a caratterizzare in maniera più dettagliata la vulnerabilità di tali sotto-sistemi: la selezione presentata nel modello include sia indicatori ampiamente utilizzati (NDVI, densità di popolazione, fasce deboli), sia indicatori costruiti appositamente per descrivere ad una scala più dettagliata (1:5000) le caratteristiche degli edifici (sfasamento, attenuazione, volume, soleggiamento involucro), degli spazi aperti (SVF, albedo, soleggiamento spazi aperti) e della popolazione (fuel poverty).
Con riferimento al fenomeno *pluvial flooding*, l'applicazione è stata effettuata in ambiti urbani in cui i fenomeni di allagamento scaturiscono prevalentemente da eventi di pioggia (intensi, sia brevi che prolungati), provocando deflussi e ristagni superficiali (anche da esondazione delle fognature) senza fenomeni di *fluvial* o *coastal flooding*. Pertanto, gli indicatori proposti sono mirati principalmente alla valutazione della vulnerabilità connessa alla potenziale perdita e danneggiamento dei beni relativi alle attività ubicate ai piani terra degli edifici e all'interruzione dei servizi e della mobilità. In tal caso, non sono quindi considerati gli impatti connessi alla mortalità della popolazione o al crollo di edifici ed infrastrutture. Alla luce di tali considerazioni, il modello mira innanzitutto a caratterizzare il sistema fognario attraverso indicatori in grado di descriverne l'efficienza (capacità di smaltimento del sistema fognario, grado di manutenzione del sistema fognario), in quanto essa ha effetti immediati sugli spazi aperti e, successivamente, anche sugli edifici e la popolazione. Si introducono, quindi, anche indicatori in grado di descrivere ad una scala maggiore (1:5.000) la vulnerabilità degli edifici, connessa a caratteristiche funzionali e morfologiche (attività piani terra, rapporto di copertura, percentuale di edificio su marciapiede, tipologia di copertura), e della popolazione, connessa alla potenziale concentrazione di persone in determinate aree (capacità attrattiva). Il set si completa con indicatori ampiamente utilizzati, rintracciati anche nella letteratura scientifica analizzata (superficie spazi aperti, permeabilità dei suoli, densità di popolazione, fasce deboli).
In entrambi i modelli sono sintetizzati, per ogni indicatore, caratteristiche e relativi dati di input, con riferimento alla fonte (ad es., ISTAT, DTR) o alla modalità di acquisizione (rilievo diretto, elaborazione originale).
Come dimostrato dalla sperimentazione condotta sull'area studio di Napoli est, indipendentemente dal fenomeno considerato, il modello gerarchico così concepito presenta facilità di utilizzo non solo per la valutazione della vulnerabilità, ma anche per le analisi valutative relative all'applicazione di soluzioni adattive. Tali soluzioni possono essere calibrate in base alle caratteristiche di vulnerabilità precedentemente individuate, utilizzando le medesime formule di calcolo stabilite per gli indicatori, ipotizzando eventualmente set di soluzioni differenti in relazione a particolari condizioni di contesto (ad es., valore storico-culturale, vincoli normativi, situazione socioeconomica). Ciò consente di calcolare la riduzione di vulnerabilità, offrendo un efficace strumento decisionale per individuare aree a priorità di intervento e indirizzare la scelta del set di soluzioni più idoneo al caso in esame.

1. L'EEA (2015) identifica tre sottosistemi interagenti all'interno del sistema urbano (ambientale, tecnico e sociale), mentre Da Silva et al. (2012) percepisce la città come un sistema dinamico e poroso, aperto all'interazione con l'ambiente circostante. Utilizzando il concetto di «enabling environment» considera le interazioni che vanno oltre i confini amministrativi, ovvero quelle dinamiche spaziali e a-spaziali essenziali per il funzionamento urbano che possono interessare dimensioni fisiche (ad es., ecosistemi, insediamenti limitrofi, industrie) e sociali (ad es., politiche regionali e nazionali, network di conoscenza nazionali e globali) (Da Silva et al., 2012). Infine, Fistola (2008) considera il sistema fisico e il sistema funzionale quali sottosistemi urbani principali. Il primo comprende l'insieme degli spazi costruiti all'interno dei quali si insediano le attività, composto a sua volta da svariati elementi (edifici, aree stradali, etc.). Il secondo è costituito dall'insieme delle attività urbane (produzione, istruzione, commercio, etc.) che si concentrano in specifici ambiti del sistema fisico.
2. Il V rapporto IPCC (AR5) fornisce le seguenti definizioni (IPCC, 2014):
   - Hazard: potenziale accadimento di un evento fisico naturale o provocato dall'uomo, un trend o un impatto fisico, che potrebbe causare la perdita della vita, ferite o altri impatti sulla salute, così come il danneggiamento e la perdita di proprietà, infrastrutture, mezzi di sostentamento, fornitura di servizi, ecosistemi e risorse ambientali.
   - Esposizione: presenza di persone, mezzi di sussistenza, specie o ecosistemi, funzioni ambientali, servizi, risorse, infrastrutture, o beni economici, sociali o culturali in luoghi o configurazioni che potrebbero essere influenzati negativamente.
   - Impatti: effetti sui sistemi naturali o antropici provocati da particolari fenomeni fisici. In relazione al cambiamento climatico, si riferisce agli effetti provocati da eventi estremi, climatici o meteorologici, sulla vita, la salute, i mezzi di sussistenza, gli ecosistemi e l'economia. Tali effetti sono il risultato dell'interazione tra gli eventi estremi e la vulnerabilità del sistema esposto.
   - Rischio: potenziali conseguenze laddove sia in gioco qualcosa di valore per l'uomo (inclusi gli stessi essere umani) e laddove l'esito sia incerto. È spesso rappresentato come la probabilità di occorrenza di eventi o trend pericolosi, moltiplicata per le conseguenze che si avrebbero se questi eventi si verificassero.
3. L'Urban Heat Island (UHI) è definita come la differenza di temperatura dell'aria esistente tra un'area urbana (più calda) e le zone non urbanizzate rurali limitrofe (più fresche). È il risultato delle differenze esistenti tra la struttura insediativa e la copertura del suolo di zone urbane e rurali, che determinano bilanci energetici superficiali differenti. Il fenomeno si verifica nella maggior parte dei centri urbani, variando proporzionalmente con la grandezza della città stessa (Oke, 1982).

References

Apan A., Keogh D.U., King D., Thomas M., Mushtaq S., Baddiley P. (2010), *The 2008 floods in Queensland: A case study of vulnerability, resilience and adaptive capacity*, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast, 171 pp.

Balica S.F. (2012), *Applying the Flood Vulnerability Index as a Knowledge base for flood risk assessment*, CRC Press/Balkema, Leiden.

Batty M. (2009), "Cities as complex systems: scaling, interactions, networks, dynamics and urban morphologies", in Meyers R. (ed.), *Encyclopaedia of Complexity and Systems Science*, pp. 1041-1071.

Birkmann J., Cardona O.D., Carreño M.L., Barbat A.H., Pelling M., Schneiderbauer S., Kienberger S., Keiler M., Alexander D., Zeil P, Welle T. (2013), "Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework", *Natural hazards*, 67(2):193-211.

Da Silva J., Kernaghan S., Luque A. (2012), "A systems approach to meeting the challenges of urban climate change", *International Journal of Urban Sustainable Development*, 4: 125-145.

EC (2013a), *An EU Strategy on adaptation to climate change. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions*, Bruxelles: European Commission.

EC (2013b), *Guidelines on developing adaptation strategies. Commission staff working document*, Bruxelles: European Commission.

1. *The EEA (2015) identifies three interacting sub-systems within the urban system (environmental, technical and social), while Da Silva et al. (2012) perceives the city as a dynamic and porous system, open to the interactions with the surrounding environment. Adopting the concept of "enabling environment", they consider the interactions beyond the administrative boundary, or the essential spatial and a-spatial dynamics for urban functioning, which may include both physical (e.g., ecosystems, neighbouring settlements, industries) and social dimensions (e.g., regional and national policy, national global knowledge networks) (Da Silva et al., 2012). Finally, Fistola (2008) considers the physical and functional systems as the main urban sub-systems. The former includes all the built spaces within which the activities are established, comprising, in turn, various elements (buildings, streets, etc.). The latter consists of all the urban activities (production, education, commerce, etc.) concentrated in specific areas of physical system.*
2. *The Fifth Report of IPCC (AR5) provides the following definitions (IPCC, 2014):*
   - Hazard: the potential occurrence of a natural or human-induced physical event or trend or physical impact that may cause loss of life, injury, or other health impacts, as well as damage and loss to property, infrastructure, livelihoods, service provision, ecosystems, and environmental resources.
   - Exposure: the presence of people, livelihoods, species or ecosystems, environmental functions, services, resources, infrastructure, or economic, social, or cultural assets in places and settings that could be adversely affected.
   - Impacts: the effects on natural and human systems due to specific physical phenomena. In relation to climate change, it refers to the effects of extreme events, climatic or meteorological, on lives, health, livelihoods, ecosystems and economy. These effects area a result of interaction of extreme events and vulnerability of exposed system.
   - Risk: The potential for consequences where something of value is at stake and where the outcome is uncertain, recognizing the diversity of values. Risk is often represented as probability of occurrence of hazardous events or trends, multiplied by the impacts if these events or trends occur.
3. *The Urban Heat Island (UHI) is defined as the difference of air temperature between urban area (warmer) and the surrounding rural areas (cooler). It is a result of the existing differences of settlements and landcover between rural and urban areas, which cause different surface energy balances. The phenomenon occurs in most urban centres, changing proportionally with the size of the city (Oke, 1982).*

EEA (2012a), *Urban adaptation to climate change in Europe. Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies*, EEA Report n° 2/2012, European Environment Agency, Copenhagen.
EEA (2012b), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report.* EEA Report n° 12/2012, European Environment Agency, Copenhagen.
EEA (2015), *The European environment - state and outlook 2015: synthesis report*, Copenhagen: European Environment Agency.
Fistola R. (2008), *Gis. Teoria ed applicazioni per la pianificazione, la gestione e la protezione della città*, Gangemi, Roma.
Fritzsche K., Schneiderbauer S., Buseck P., Kienberger S., Buth M., Zebisch M., Kahlenborn, W. (2014), *The Vulnerability Sourcebook. Deutsche GesellschaftfürInternationaleZusammenarbeit* (GIZ) GmbH.
Godfrey A., Ciurean R.L., van Westen, Kingma N.C., Glade T. (2015), "Assessing vulnerability of buildings to hydro-meteorological hazards using an expert based approach - An application in Nehoiu Valley, Romania", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13:229-241.
IPCC (2007), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge (976 p.).
IPCC (2012), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., Barros V., Stocker T.F., Qin D., Dokken D.J., Ebi K.L., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Plattner G.-K., Allen S.K., Tignor M., Midgley P.M. (Eds.)], Cambridge University Press, Cambridge and New York (582 pp.).
IPCC (2014), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge and New York (688 pp.).
Kim S. B., Kim, H. (2013), "Health Vulnerability Assessment of *Heat waves* in Korea", *Conference of ISEE, ISES and ISIAQ: Environment and Health - Bridging South, North, East and West*, Basilea, Svizzera.
Lindley S., O'Neill J. (2013), *Flood disadvantage in Scotland: mapping the potential for losses in well-being*, Scottish Government Social Research.
Loughnan M. E., Tapper N. J., Lynch K., Phan T., McInnes K., National Climate Change Adaptation Research Facility (Australia), Monash University (2013), *A spatial vulnerability analysis of urban populations during extreme heat events in Australian capital cities: Final report*, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast, NCCARF Publication.
Madrigano J., Ito K., Johnson S., Kinney P.L., Matte T. (2015), "A Case-Only Study of Vulnerability to *Heat wave*-Related Mortality in New York City (2000-2011)", *Environmental Health Perspective*, n.13 (7), pp. 672-678. doi:10.1289/ehp.1408178
Muller A., Reiter J., Weiland U. (2011), "Assessment of urban vulnerability towards floods using an indicator-based approach - a case study for Santiago de Chile", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11:2107-2123.
Oke T.R. (1982), "The energetic basis of the urban heat island", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108:1-24.
Papa R., Battarra R., Fistola R., Gargiulo C. (1995), "La città come sistema complesso in crisi strutturale", in Bertuglia C.S., Fucella R., Sartorio G. (Eds.), *La città come sistema complesso in crisi strutturale: strumenti e tecniche per il governo metropolitano*, Fondazione Aldo Della Rocca, studi urbanistici, vol. XX. Giuffrè, Milano.
Rinner C., Gower S. (2013), *Toronto's Heat Vulnerability Maps: A Planning Tool for Hot Weather Response and Climate Change Adaptation*. SIMMER Workshop, 24/25 October 2013.
Salami R., Giggins H., von Meding J. (2017), "Urban settlements' vulnerability to flood risksin African cities: A conceptual framework", *Jamba: Journal of Disaster Risk Studies*, 9(1). doi: 10.4102/jamba.v9i1.370
Secchi B. (2000), *Prima lezione di urbanistica*. Laterza, Roma.
Stephenson V., D'Ayala D. (2014), "A new approach to flood vulnerability assessment for historic buildings in England", *Natural Hazard and Earth System Sciences*, 14:1035-1048. doi:10.5194/nhess-14-1035-2014
Swart R., Fons, J., Geertsema W., van Hove B., Gregor M., Havranek M., Jacobs C., Kazmierczak A., Krellenberg, K., Kuhlicke C., Peltonen L. (2012), *Urban Vulnerability Indicators. A joint report of ETC-CCA and ETC-SIA*, ETC-CCA and ETC-SIA Technical Report 933, 01/2012, European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation (ETC/CCA) and European Topic Centre on Spatial Information and Analysis (ETC/SIA), (178 pp.).
Tapia C., Guerreiro S., Dawson R., Abajo B., Kilsby C., Feliu E., Mendizabal M., Martinez J.A., Fernández J.G., Glenis V., Eluwa C., Laburu T., Lejarazu A. (2016), *RAMSES Project, WP 3: Small-scale vulnerability and risk analysis forcities and sectors. Deliverable 3.1: High level quantified assessment of key vulnerabilities and priority risks for urban areas in the EU*, Tecnalia Research and Innovation, Newcastle University.
Timmerman J., Breil M., Bacciu V., Coninx I. Fons J., Gregor M., Havranek M., Jacobs C., Loehnertz M., Pelton L., Sainz M., Swart R. (2017), *Map book urban vulnerability to climate change - Factsheets*, European Environment Agency, European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation, European Topic Centre on Spatial Information and Analysis.
Tomlinson C.J., Chapman L., Thornes J.E., Baker C.J., (2011), *Including the urban heat island in spatial heat health risk assessment strategies: A case study for Birmingham*, UK. Int. J. Health Geogr., 10, 42.
Toronto Public Health, (2010), *Questions & Answers - Heat Vulnerability Maps for Toronto*. Retrieved October 29, 2017, available at: https://goo.gl/ZMFqsU.
UNISDR (2017), *Terminology*. Retrieved June 20, 2017, available at: https://goo.gl/DEtnRe.
van der Hoeven F., Wandl A. (2014), *Amsterwarm: Mapping the landuse, health and energy-efficiency implications of the Amsterdam urban heat island*. Building Services Engineering Research and Technology, 36(1): 67 - 88. doi: 10.1177/0143624414541451
van der Hoeven F., Wandl A. (2015), *Hotterdam: How space is making Rotterdam warmer, how this affects the health of its inhabitants, and what can be done about it*. TU Delft, Faculty of Architecture and the Built Environment, Delft, doi:10.7480//bkbooks/hotterdam/en
Weber, S., N. Sadoff, E. Zell, de Sherbinin A. (2015), *Policy-Relevant Indicators for Mapping the Vulnerability of Urban Populations to Extreme Heat Events: A Case Study of Philadelphia*. Applied Geography, 63:231-243.
Wisconsin Department of Health Service (2014), *Wisconsin Heat Vulnerability Index*. Wisconsin Department of Health Services, Bureau of Environmental and Occupational Health, Building Resilience Against Climate Effects (BRACE) Program, P-00882 (10/2014).
Wolf T., Mc Gregor G. (2013), *The development of a heat wave vulnerability index for London*, Weather and Climate Extremes, 1:59-68, United Kingdom.

Catalogo di alternative tecniche per l'adattamento ai cambiamenti climatici

Cristian Filagrossi Ambrosino, Mattia Federico Leone

Catalogue of technical alternatives for climate change adaptation

The progressive urbanization phenomena, which will lead about two-thirds of the global population to live in cities by 2050 (UN-DESA, 2015), with an expected soil consumption in the first half of the 21st century higher than that observed throughout the whole human history (IPCC, 2014), exert a high pressure on thresholds and indicators of climate risk and more generally on environmental sustainability of urban ecosystems, requiring the development of intervention models capable of controlling the adaptive capacity at different scales.
In the last ten years, the awareness about the specific critical aspects of urban and suburban areas due to the aggravation of climate vulnerability caused by the high human pressure and widespread building and infrastructure sprawl conditions has considerably increased on a global scale. This has contributed to develop an internationally shared framework about the main design strategies and climate-adaptive technical solutions that must be integrated within urban regeneration and building retrofitting processes to reduce the impact of extreme weather events and adapt to the expected climate variation trends.
The development of specific design guidelines as a decision support tool in response to the objectives of adapting urban spaces to the effects of climate change requires therefore the ability to systematize the significant wealth of knowledge acquired through the numerous researches and experiments conducted in different cities. These have been carried out in response to the diverse conditions of climatic stress, with the aim of identifying the performance response of the possible technical alternatives able to reduce the vulnerability of the building-open spaces system in relation to the identified risk conditions. In this sense, the reasoned catalogue of technical alternatives developed within the Metropolis project represents a collection of metadesign technical solutions, aimed at the performance control of design choices in relation to the identified indicators' system[1], as well as at the management and strategic addressing of the decision-making process in relation to the need of developing large-scale adaptation policies in metropolitan and regional contexts[2], allowing the definition of intervention priorities, specific financing and incentive measures based on the contribution of the possible set of solutions to the "adaptation target" identified. If it is true that the integration of climate-adaptive solutions in the architectural and urban project requires the development of "innovative models for the production of knowledge" (D'Ambrosio and Leone, 2016), the metadesign - which defines a second level of knowledge with reference to the one in which usual design practices are situated, allowing to connect them in a critical way to the principles and methodological developments in fields with strong specialist and interdisciplinary characteristics (Bentz and Franzato, 2017) - represents the main field within which to experiment innovative tools able to provide a decision support in the different phases of the building process to the different categories of actors involved.

I progressivi fenomeni di urbanizzazione, che porteranno al 2050 circa due terzi della popolazione globale a vivere nelle città (UN-DESA, 2015), con un consumo di suolo previsto nella prima metà del XXI secolo superiore a quello attuato in tutta la storia dell'uomo (IPCC, 2014), esercitano un'elevata pressione sulle soglie e sugli indicatori di rischio climatico e più in generale di sostenibilità ambientale degli ecosistemi urbani, richiedendo lo sviluppo di modelli di intervento in grado di controllare alle diverse scale la capacità di adattamento.
Negli ultimi dieci anni la consapevolezza riguardo alle specifiche criticità delle aree urbane e suburbane a causa dell'aggravamento della vulnerabilità climatica dovuto all'elevata pressione antropica e a diffuse condizioni di sprawl edilizio e infrastrutturale è notevolmente cresciuta su scala globale. Ciò ha contribuito a costruire un quadro condiviso a livello internazionale circa le principali strategie progettuali e soluzioni tecniche *climate-adaptive* che occorre integrare nei processi di rigenerazione urbana e retrofit edilizio per ridurre l'impatto di eventi metereologici estremi e adattarsi ai trend di variazione climatica attesi.
Lo sviluppo di specifici indirizzi per il progetto come strumento di supporto alle decisioni in risposta agli obiettivi di adattamento degli spazi urbani agli effetti dei cambiamenti climatici richiede dunque la capacità di sistematizzare il significativo bagaglio di conoscenze acquisito attraverso le numerose ricerche e sperimentazioni condotte in diverse città in risposta alle molteplici condizioni di stress climatico, con l'obiettivo di individuare la risposta prestazionale delle possibili alternative tecniche in grado di ridurre la vulnerabilità del sistema edifici-spazi aperti in rapporto alle condizioni di rischio individuate.
In tal senso, il catalogo ragionato di alternative tecniche sviluppato nell'ambito del progetto Metropolis si configura come una raccolta di soluzioni tecniche metaprogettuali, finalizzate sia al controllo prestazionale delle scelte di progetto in rapporto al sistema di indicatori individuato[1], sia alla gestione e all'indirizzo strategico del processo decisionale in rapporto alla necessità di sviluppare politiche di adattamento su larga scala nei contesti metropolitani e regionali[2], consentendo la definizione di priorità di intervento, specifici finanziamenti e misure di incentivazione sulla base del contributo dei possibili set di soluzioni ai "target di adattamento" prefissati. Se è vero che l'integrazione di soluzioni *climate-adaptive* nel progetto architettonico e urbano richiede lo sviluppo di"modelli innovativi per la produzione di conoscenza" (D'Ambrosio e Leone, 2016), la dimensione metaprogettuale - che definisce un secondo livello di conoscenza in riferimento a quello in cui sono situate le consuete pratiche di progettazione, consentendo di collegarle in maniera critica ai principi e agli sviluppi metodologici nell'ambito di campi con forti connotazioni specialistiche e interdisciplinari (Bentz e Franzato, 2017) - rappresenta il principale ambito entro cui sperimentare strumenti innovativi in grado di fornire un supporto decisionale nelle diversi fasi del processo edilizio alle diverse categorie di attori coinvolti.

Classificazione, caratterizzazione e variabili tecniche di progetto

L'ampio ventaglio di "buone pratiche"[3] desumibili nel panorama internazionale della ricerca e della sperimentazione progettuale sul tema dell'adattamento climatico dei sistemi urbani richiede una sistematizzazione attraverso opportune classificazioni e specifiche tecniche che consentano di definirne l'ambito di applicazione nello specifico contesto locale, sia in termini di condizioni di rischio climatico che di caratteristiche spaziali, morfologiche, tecnologiche e costruttive del tessuto urbano.
Il processo di classificazione e caratterizzazione delle soluzioni tecniche è effettuato a partire dalla definizione di due parametri principali:

- il target di adattamento: inteso come l'individuazione dei fenomeni di *hazard* sui quali ciascuna soluzione agisce in termini di riduzione della vulnerabilità;
- il sottosistema target: inteso come l'individuazione dei sottosistemi fisici definiti sui quali la soluzione considerata genera i suoi effetti in termini di riduzione della vulnerabilità.

Sono inoltre individuati alcuni criteri di carattere generale da tenere in considerazione in rapporto alla valutazione preliminare delle soluzioni da introdurre nel progetto di adattamento, quali:

- la capacità di offrire risposte, in termini prestazionali, in grado di determinare una riduzione della vulnerabilità rispetto a molteplici fenomeni di rischio tra quelli considerati (che potranno variare in funzione del contesto geografico e climatico di riferimento);
- la possibilità di poter essere applicate su larga scala nel contesto climatico, insediativo e socio-economico di riferimento, per il livello di diffusione nel mercato edilizio e la compatibilità con le pratiche costruttive correnti in termini di complessità tecnica;
- la capacità di offrire, insieme alla riduzione della vulnerabilità climatica, ulteriori *co-benefits* legati ad aspetti ambientali (quali la riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di gas serra, la minimizzazione degli impatti ambientali nel ciclo produttivo, ecc.) o sociali (quali il miglioramento del comfort e della vivibilità di edifici e spazi urbani).

In base al target di adattamento (riferibile, nel caso del progetto Metropolis, agli *hazard* *Heat wave* e/o *pluvial flooding*) e al sottosistema target (Edifici e/o Spazi aperti),

Classification, characterization and technical design variables

The wide range of "best practices"[3] that can be deduced from the international research and design experimentation focusing on the climate adaptation of urban systems requires a systematization through appropriate classifications and technical specifications that allow to define the application extent in the specific local context, in terms of both climate risk conditions and spatial, morphological, technological and construction characteristics of the urban fabric.
The process of classification and characterization of the technical solutions is carried out starting from the definition of two main parameters:
- the adaptation target: intended as the identification of the hazard phenomena on which each solution acts in terms of vulnerability reduction;
- the target subsystem: intended as the identification of the physical subsystems on which the solution generates its effects in terms of vulnerability reduction.
In addition, some general criteria have been identified, to be taken into account in relation to the preliminary evaluation of the solutions to be introduced in the adaptation project, such as:
- the ability to offer improvements, in performance terms, able to determine a vulnerability reduction with respect to multiple risk phenomena among those considered (which may vary according to the geographical and climatic reference context);
- the possibility of being applied on a large scale in the climatic, settlement and socio-economic reference context, for the level of diffusion in the building market and compatibility with current construction practices in terms of technical complexity;
- the ability to offer, together with the reduction of climate vulnerability, additional co-benefits related to environmental aspects (such as the reduction of energy consumption and greenhouse gas emissions, the minimization of environmental impacts in the production cycle, etc.) or social issues (such as the improvement of comfort and livability of buildings and urban spaces).
Based on the adaptation target (Heat wave and/or Pluvial flooding hazards in the case of the Metropolis project) and on the target subsystem (Buildings and/or Open spaces), the

classification operation is carried out by identifying a series of technical families within which each solution constitutes, in general, an alternative to all the others belonging to the same family. In this way, for example, within the Wall System class, each of the solutions can be alternatively applied with reference to a specific adaptation target and to a specific target subsystem. On the basis of these criteria, within the Metropolis project, 33 technical alternatives have been selected, grouped into 9 classes of technical solutions:
- Ground Floor Configuration (CPT), class that groups together technical alternatives concerning functional-spatial reorganization and technological retrofitting of the ground or underground floors, more vulnerable to the effects of the pluvial flooding phenomenon.
- Technical System (IMP), class that groups together the technical alternatives related to the construction of new HVAC/DHW/Water management systems or the maintenance of existing ones, both in buildings and in open spaces.
- Roof System (IOO), class that groups together the technical alternatives aimed at improving the performance quality of the buildings' roofs in the hot season, by acting on key indicators such as thermal phase shift and the attenuation factor.
- Wall System (IOV), class that groups together the technical alternatives to improve the performance quality of the buildings' facades in the hot season, acting on key indicators such as the thermal phase shift and the attenuation factor.
- Glazing System (ITR), class that groups technical alternatives to improve the performance quality of the transparent surfaces of the building envelope in the hot season, through the use of shading elements or window systems equipped with special glasses.
- Outdoor Pavements (PES), class that groups together the technical alternatives related to the construction of paved surfaces characterized by high permeability values, which favour infiltration and reduce the overload of the sewage systems, and suitable values of albedo and emissivity, to limit the occurrence of the urban heat island phenomenon.
- Outdoor Shading (SSA), class that groups together the technical alternatives related to shading systems for open spaces, able to significantly reduce the heat gains due to direct solar radiation.
- Vegetation (SVR), class that groups together the technical alternatives concerning the use of vegetation in open spaces (squares, streets and equipped areas), with the dual function of reducing the overloading of rainwater systems, positively affecting the infiltration and surface runoff parameters, and mitigating the urban heat island conditions for the positive contribution in terms of evapotranspiration, emissivity and shading.
- Water Bodies (WBD), class that groups together the technical alternatives whose objective is on the one hand the improvement of urban drainage, by laminating the water in small or large volumes distributed in urban spaces and reducing the overload of the disposal systems, and on

l'operazione di classificazione è condotta individuando una serie di famiglie tecniche all'interno delle quali ciascuna soluzione costituisca, in linea generale, un'alternativa a tutte le altre appartenenti alla stessa famiglia. In questo modo, ad esempio, all'interno della classe Involucro Opaco Verticale, ciascuna delle soluzioni può essere applicata in maniera alternativa, e non contemporanea, in riferimento ad uno specifico target di adattamento e/o ad un determinato sottosistema target.

Sulla base di tali criteri, nell'ambito del progetto Metropolis sono state selezionate 33 alternative tecniche, raggruppate in 9 classi di soluzioni tecniche:

- Configurazione Piano Terra (CPT), classe che raggruppa le alternative tecniche riguardanti la riorganizzazione funzionale/spaziale e il retrofit tecnologico dei piani terra o interrati, maggiormente vulnerabili agli effetti del fenomeno *pluvial flooding*.
- Impianti (IMP), classe che raggruppa le alternative tecniche legate alla realizzazione di nuovi impianti o la manutenzione di quelli esistenti, sia sugli edifici, che negli spazi aperti.
- Involucro Opaco Orizzontale (IOO), classe che raggruppa le alternative tecniche volte a migliorare la qualità prestazionale delle coperture degli edifici nel periodo estivo, agendo su indicatori chiave quali lo sfasamento termico ed il fattore di attenuazione.
- Involucro Opaco Verticale (IOV), classe che raggruppa le alternative tecniche volte a migliorare la qualità prestazionale delle facciate degli edifici nel periodo estivo, agendo su indicatori chiave quali lo sfasamento termico ed il fattore di attenuazione.
- Involucro Trasparente (ITR), classe che raggruppa le alternative tecniche volte a migliorare la qualità prestazionale delle superfici trasparenti dell'involucro edilizio nel periodo estivo, attraverso l'utilizzo di elementi schermanti o di infissi con vetri speciali.
- Pavimentazioni Esterne (PES), classe che raggruppa le alternative tecniche che prevedono la realizzazione di superfici pavimentate caratterizzate da elevati valori di permeabilità, che favoriscono l'infiltrazione e riducono il sovraccarico dei sistemi di smaltimento, e idonei valori di albedo, per limitare il verificarsi del fenomeno dell'isola di calore urbana.
- Schermature per Spazi Aperti (SSA), classe che raggruppa le alternative tecniche relative ai sistemi di ombreggiamento per gli spazi aperti, in grado di ridurre sensibilmente l'apporto di calore dovuto alla radiazione solare diretta.
- Superfici Verdi (SVR), classe che raggruppa le alternative tecniche inerenti l'utilizzo di vegetazione negli spazi aperti (piazze, strade e aree attrezzate), con la duplice funzione di ridurre il sovraccarico dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche, incidendo positivamente sui parametri di infiltrazione e deflusso superficiale, e di attenuare le condizioni di isola di calore urbana per il contributo positivo in termini di evapotraspirazione, emissività e ombreggiatura.
- Water Bodies (WBD), classe che raggruppa le alternative tecniche che hanno come obiettivo da un lato il miglioramento del drenaggio urbano, laminando le acque in piccoli o grandi volumi distribuiti negli spazi urbani e riducendo il sovraccarico dei sistemi di smaltimento, e dall'altro il miglioramento del comfort termico outdoor attraverso l'uso dell'acqua come elemento di raffrescamento.

Le alternative tecniche sono classificate in categorie o famiglie di intervento e caratterizzate attraverso parametri chiave che ne definiscono la risposta prestazionale in rapporto agli *hazard* considerati. Per ciascuna categoria individuata sono introdotte più variabili tecniche di progetto, in grado di determinare differenti livelli prestazionali in termini di riduzione della vulnerabilità e a cui corrispondono differenti costi unitari e tipologie di *co-benefits*. Tali variabili sono definite in funzione di specifici fattori: ad

ID	CLASS	TECHNICAL ALTERNATIVE	SUB SYSTEM	ADAPTATION TARGET	TECHNICAL VARIABLES
CPT02	Ground floor	**SIDEWALKS**	Buildings	Pluvial Flooding	Percentage of application on street front (25%, 50%, 75%, 100%)
IOO01	Roof system	**GREEN ROOFS (EXTENSIVE)**	Buildings Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Insulation material (wood fiber, rock wool, EPS) Insulation thickness (4, 6, 8, 10 cm) Growing medium thickness (10, 20 cm) Percentage of application on roof surface (30%, 50%, 70%, 100%)
IOV01	Wall	**VENTILATED FACADES**	Buildings	Heat Wave	Insulation material (wood fiber, rock wool, EPS) Insulation thickness (4, 6, 8, 10 cm)
ITR01	Glazing system	**SHADING**	Buildings	Heat Wave	Angle (0°, 15°, 30°, 45°)
PES04	Outdoor pavements	**OPEN JOINT PAVEMENTS**	Open Spaces	Heat Waves Pluvial Flooding	Surface material (Concrete blocks, stone blocks, concrete slabs) Percentage of application on paved surface (30%, 50%, 70%, 100%)
PES05	Outdoor pavements	**GRASSED JOINT PAVEMENTS**	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Surface material (Concrete blocks, stone blocks, concrete slabs) Percentage of application on paved surface (30%, 50%, 70%, 100%)
SSA02	Outdoor shadings	**REMOVABLE CANOPIES**	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Surface color (light, medium, dark) Percentage of application on horizontal surface (5%, 10%, 15%, 20%)
SVR01	Vegetation	**GREEN AREAS**	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Percentage of application on horizontal surface (15%, 30%, 45%, 60%)
SVR02	Vegetation	**TREE ROWS**	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Distance between trees (2 mt., 2,5 mt., 3 mt)
SVR03	Vegetation	**RAIN GARDENS / BIOSWALES**	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Percentage of application on horizontal surface (3%, 5%, 8%, 10%)
WBD01	Water bodies	**RETENTION BASINS**	Open Spaces	Pluvial Flooding	Basin's volume
WBD02	Water bodies	**POOLS AND FOUNTAINS**	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Percentage of application on horizontal surface (2%, 3%, 5%, 6%)

Estratto dell'elenco delle alternative tecniche selezionate nel progetto Metropolis ordinate secondo le modalità di classificazione e di caratterizzazione, con indicazione delle variabili tecniche considerate / *Excerpt of the list of technical alternatives selected in the Metropolis project, sorted according the classification and characterization process, with the list of technical variables considered.*

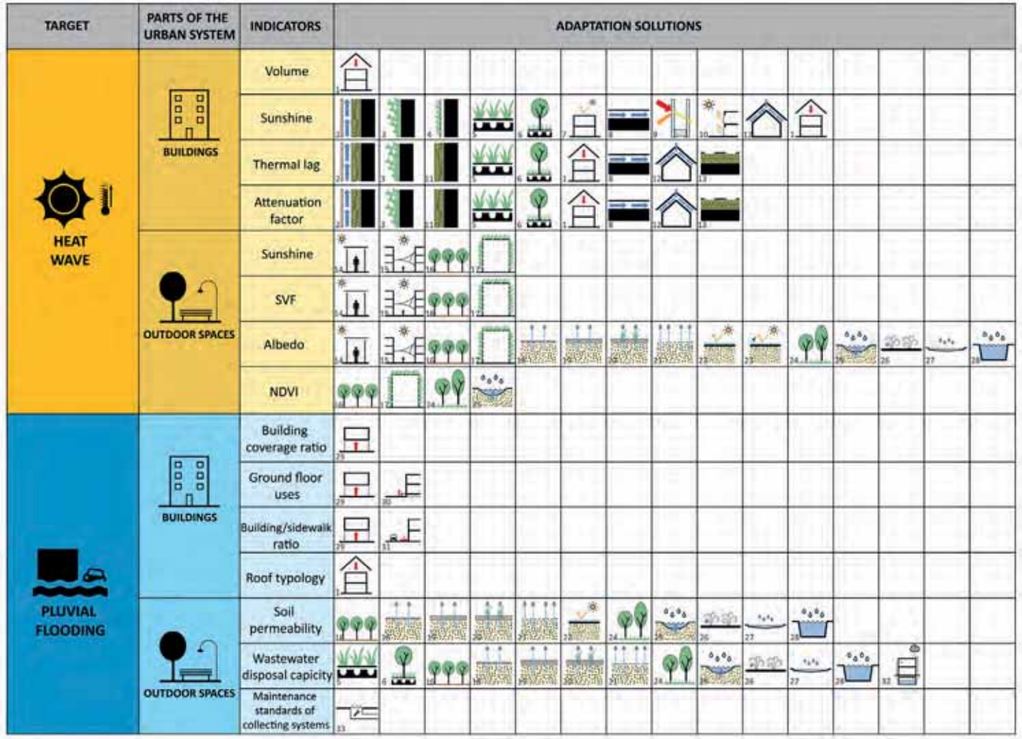
the other the improvement of the outdoor thermal comfort through the use of water as a cooling element.
The technical alternatives are classified into categories or "families of intervention" and are characterized by key parameters that define their performance response in relation to the hazard(s) considered. For each category identified, several technical design variables are introduced, capable of determining different levels of performance in terms of vulnerability reduction and corresponding to different unit costs and potential co-benefits. These variables are defined as a function of specific factors: for example, for Vertical envelope insulation, the variables can concern the type of material and the thickness of insulation; while for Open joint pavements, the variables concern the percentage of application and the surface material. The results of the classification and characterization operations carried out on the technical alternatives identified in the Metropolis research project, including the technical variables considered, are summarized in the table.

Evaluation of the impact on the core set of vulnerability indicators
On the basis of the characterization process, defining the combinations between adaptation targets and target subsystems, to each of the technical alternatives the ability to reduce the values of one or more of the vulnerability indicators, among those identified for each considered hazard, is associated.
As an example, for the Vertical envelope insulation solution, which acts exclusively on the Heat wave adaptation target and on the Buildings subsystem, the Envelope shading, Thermal phase shift, and Attenuation factor indicators are associated, while the Green roof (extensive), which acts on the Building subsystem in relation to the Heat wave hazard and on the Open spaces subsystem for the Pluvial flooding hazard, the indicators relevant to the two combinations (Envelope shading, Thermal phase shift, Attenuation factor and Sewer system disposal capacity) are associated. According to the technical alternative considered, therefore, only some of the indicators related to the adaptation target and the subsystem are subject to variation. A

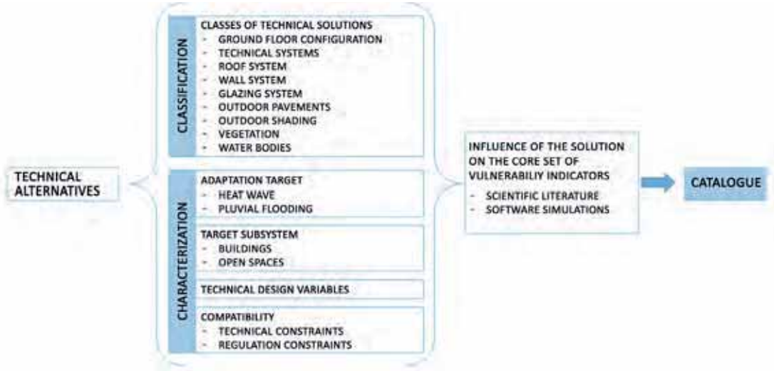
Matrice di corrispondenza tra alternative tecniche ed indicatori di vulnerabilità per i target *Heat wave e Pluvial flooding* con riferimento ai sottosistemi Edifici e Spazi Aperti / *Matching matrix between technical alternatives and vulnerability indicators for the Heat wave and Pluvial flooding targets in relation to the Buildings and Open Spaces subsystems.*

esempio per Isolamento a cappotto le variabili possono essere determinate in funzione del materiale e dello spessore dell'isolante; mentre per Pavimentazioni a giunto aperto, le variabili possono essere definite in funzione della percentuale di applicazione nonché del materiale di rivestimento utilizzato.
I risultati delle operazioni di classificazione e caratterizzazione, condotte nell'ambito della ricerca Metropolis, sulle alternative tecniche individuate, nonché le variabili tecniche considerate sono schematizzate in tabella.

Valutazione dell'incidenza sul *core set* di indicatori di vulnerabilità
In base al processo di caratterizzazione, e quindi alla definizione delle combinazioni tra target di adattamento e sottosistema target, a ciascuna alternativa tecnica è associata la capacità di riduzione di vulnerabilità di uno o più indicatori tra quelli individuati per ciascun *hazard* considerato.
Alla soluzione Isolamento a Cappotto, che agisce esclusivamente sul target di adattamento *Heat wave* e sul sottosistema Edifici, sono ad esempio associati gli indicatori Soleggiamento involucro, Sfasamento, e Attenuazione, mentre il Tetto giardino (estensivo), che agisce sul sottosistema Edificio per il fenomeno *Heat wave* e sul sottosistema Spazi Aperti per il fenomeno *Pluvial flooding*, sono associati gli indicatori pertinenti alle due combinazioni (Soleggiamento involucro, Sfasamento, Attenuazione, Capacità di smaltimento del sistema fognario).
A seconda dell'alternativa tecnica, dunque, solo alcuni degli indicatori relativi al target di adattamento e al sottosistema sono soggetti a variazione. Una matrice di corrispondenza evidenzia le relazioni tra soluzioni di adattamento e indicatori di vulnerabilità, in rapporto alle categorie di *hazard* considerate.
La capacità di ciascuna alternativa tecnica di modificare i valori relativi a uno o più indicatori di vulnerabilità è valutata attraverso l'elaborazione di specifici algoritmi che, in funzione delle possibili variabili tecniche prese in considerazione, nonché dei dati peculiari relativi al contesto di riferimento (come ad esempio la tecnica costruttiva, la tipologia di aggregato urbano, i valori iniziali di ciascun indicatore di vulnerabilità, etc.), restituiscono la variazione indotta da ciascuna combinazione presa in esame.
Gli algoritmi - elaborati e calibrati attraverso l'utilizzo di dati desunti dalla letteratura scientifica internazionale, nonché attraverso simulazioni e calcoli su aree campione con software dedicati[4] - sono utilizzati all'interno del modello di vulnerabilità e impatto sviluppato nell'ambito del progetto Metropolis, al fine di misurare i benefici complessivi in termini di adattamento dei set di soluzioni che si intende testare.
Poiché l'applicabilità di specifiche soluzioni di adattamento in un determinato contesto è subordinata a una serie di vincoli, prevalentemente di natura tecnica e normativa, per ciascuna alternativa tecnica sono infine definiti i gradi di applicabilità con riferimento alle limitazioni imposte dalle tipologie strutturali e costruttive esistenti (in termini di sovraccarichi indotti o di compatibilità tra i supporti e i nuovi strati funzionali)



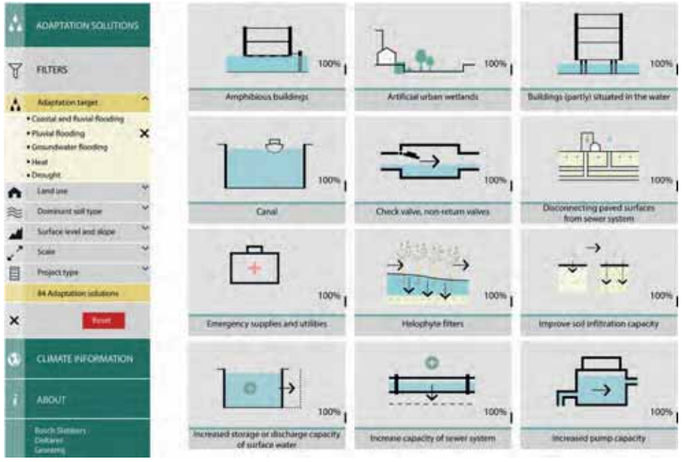
Schema di sintesi del processo metodologico per l'elaborazione di un catalogo di alternative tecniche per l'adattamento ai cambiamenti climatici sviluppato nell'ambito del progetto Metropolis / *Synthesis of the methodological process for the development of a catalogue of technical alternatives for climate change adaptation developed in the Metropolis project.*



correspondence matrix highlights the relationships between adaptation solutions and vulnerability indicators, in relation to the hazard categories identified.
The ability of each technical alternative to modify the values corresponding to one or more vulnerability indicators is evaluated through the development of specific algorithms that, according to the possible technical variables taken into account, as well as to the specific data related to the reference context (such as for example, the construction technique, the type of urban aggregate, the initial values for each vulnerability indicator, etc.), return the variation induced by each combination of solutions.
The algorithms - elaborated and calibrated through the use of data derived from the international scientific literature, as well as through simulations and calculations on sample areas with dedicated software[4] - are used within the vulnerability and impact model developed within the Metropolis project, in order to measure the overall benefits in terms of adaptation achievable through the tested sets of solutions.
Since the applicability of specific adaptation solutions in a given context is subject to a series of constraints, mainly of a technical and regulatory nature, for each technical alternative the degrees of applicability are defined with reference to the limitations imposed by the existing structural and construction types (in terms of induced overloads or compatibility between the surface materials and the new functional layers) or by normative requirements (building regulations, landscape plans, etc.), in relation to the physical subsystems considered. The descriptive sheets of the technical alternatives return this information through a YES/NO checklist.
It should be highlighted that the incompatibility with existing regulatory requirements is not considered per se a condition of exclusion of a given solution from the range of technical alternatives applicable in a specific context. In this sense, in fact, the catalogue can provide a useful guidance for the development of new climate-responsive building regulations aimed at the diffusion of large-scale adaptation

o da prescrizioni normative (regolamenti edilizi, piani paesaggistici, ecc.) relative ai sottosistemi fisici considerati. Le schede descrittive delle alternative tecniche restituiscono tale informazione attraverso una checklist del tipo SI/NO.
È opportuno sottolineare che l'incompatibilità con le prescrizioni normative e i regolamenti edilizi esistenti non è considerata di per sé una condizione di esclusione di una data soluzione dal ventaglio di alternative tecniche applicabili in uno specifico contesto. Il catalogo infatti può fornire in tal senso un utile indirizzo allo sviluppo di nuovi regolamenti edilizi *climate-responsive* tesi alla diffusione di misure di adattamento e di mitigazione su larga scala, valutando i margini di attuazione di una "*de-regulation* controllata" che consenta di superare alcuni vincoli normativi (ad esempio relativi a superfici, volumi o funzioni ammissibili) in funzione del raggiungimento di determinati *benchmark* prestazionali, come già avvenuto in seguito all'evoluzione delle normative sul rendimento energetico degli edifici.

Schedatura delle alternative tecniche
L'obiettivo di supportare i decisori pubblici e i progettisti nell'orientare in chiave *climate-adaptive* gli interventi di trasformazione edilizia e urbana alle diverse scale pone in primo piano la necessità di individuare adeguati strumenti e protocolli operativi in grado di garantire la diffusione delle best practices sperimentate a livello europeo e globale attraverso processi di *knowledge-sharing* e *co-creation* (EEA, 2015).
L'Urban Adaptation Support Tool - sviluppato nell'ambito della Piattaforma Europea per l'Adattamento Climatico Climate-Adapt per fornire uno strumento di supporto ai firmatari del Covenant of Mayors for Climate and Energy per lo sviluppo e implementazione di piani di adattamento - propone un set di linee guida articolato in 6 fasi:
1. preparare il terreno per l'adattamento;
2. valutare i rischi e le vulnerabilità ai cambiamenti climatici;



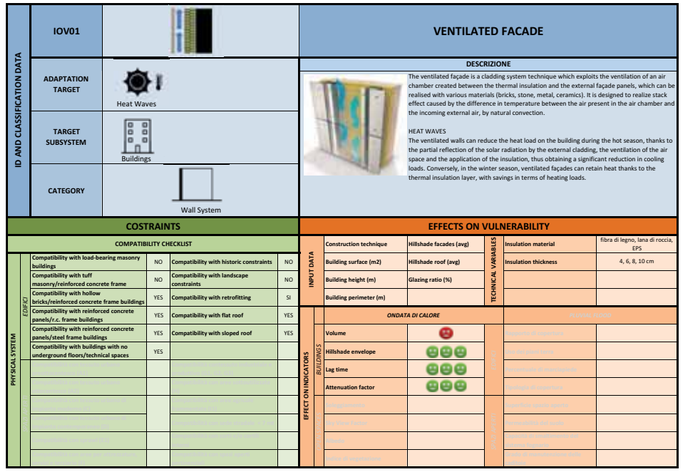
Schermata della Climate Adaptation App (www.climateapp.org). Le misure di adattamento sono classificate attivando diversi filtri. Ciascuna *tile* contiene le informazioni di carattere descrittivo e i *benchmark* prestazionali per ciascuna soluzione / *Screen of the Climate Adaptation App (www.climateapp.org). Adaptation measures are ranked by toggling various filters. Each tile include the descriptive information and benchmark values for each solution (source: van de Ven et al., 2016).*

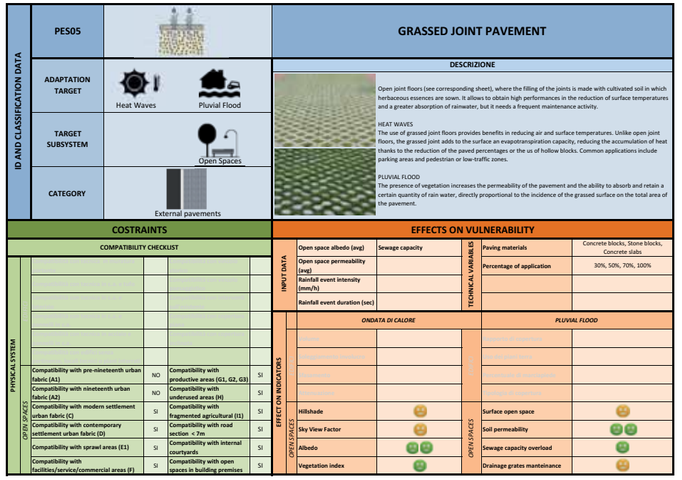
3. identificazione delle opzioni di adattamento;
4. valutare e selezionare le opzioni di adattamento;
5. implementazione;
6. monitoraggio e valutazione.
La costruzione di un catalogo di soluzioni tecniche rappresenta uno strumento essenziale per la identificazione, selezione e valutazione delle misure di adattamento, permettendo di raccogliere e classificare in modo sistematico le informazioni sulla base di un sistema di indicatori, al fine di confrontare e analizzare le alternative tecniche e progettuali, in rapporto alle specificità del contesto urbano o del settore di intervento.
Una volta identificate le potenziali opzioni, le priorità di azione possono essere definite sulla base di una descrizione dettagliata delle variabili tecniche e *benchmark* prestazionali raggiungibili, in modo da determinarne l'adeguatezza al contesto regionale, la loro efficacia nel ridurre la vulnerabilità, nonché il loro più ampio impatto in rapporto ad obiettivi di sostenibilità degli interventi e di resilienza dell'ambiente costruito.
I principi definiti in Climate-Adapt sono alla base dei principali cataloghi di soluzioni tecniche realizzati in ambito europeo, e definiscono il *framework* operativo alla base del processo di standardizzazione avviato nel 2017 con la redazione della norma ISO 14092 (*Requirement and guidance of adaptation planning for organizations including local*

and mitigation measures, eventually implementing a "controlled de-regulation" that allows overcoming some normative constraints (for example, relating to surfaces, volumes or functions) according to the achievement of certain performance benchmarks, as already happened following the evolution of the regulations concerning the energy performance of buildings.

Technical alternatives descriptive sheets
The objective of supporting public decision-makers and designers in guiding climate-adaptive interventions for building and urban transformation at different scales highlights the need to identify suitable operational tools and protocols able to guarantee the dissemination of best practices experimented at European and global level through knowledge-sharing and co-creation processes (EEA, 2015).
The Urban Adaptation Support Tool - developed in the framework of the European Climate Adaptation Adaptation Platform to provide a tool to support Covenant of Mayors for Climate and Energy signatories for the development and implementation of adaptation plans - proposes a set of guidelines divided into 6 steps:
1. preparing the ground for adaptation;
2. assessing risks and vulnerabilities to climate change;
3. identifying adaptation options;

4. assessing and selecting adaptation options;
5.implementation;
6. monitoring and evaluation;
The implementation of a catalogue of technical solutions is an essential tool for the identification, selection and evaluation of adaptation measures, allowing to systematically collect and classify the information based on an indicator system, so to confront and analyse the technical and design alternatives in relation to the specificities of the urban context or of the intervention sector.
Once the potential options have been identified, the priorities for action can be defined on the basis of a detailed description of the technical variables and achievable performance benchmarks, in order to determine their adequacy to the regional context, their effectiveness in reducing vulnerability, as well as their wider impact in relation to sustainability objectives of interventions and resilience of the built environment.
The principles defined in Climate-Adapt are the basis of the main catalogues of technical solutions implemented in Europe, and define the operational framework at the base of the standardization process launched in 2017 with the drafting of ISO 14092 (Requirement and guidance of adaptation planning for organizations including local governments and communities), aimed at defining the technical specifications for the drafting of adaptation plans by public administrations.
In line with such an international framework, the catalogue





in questa pagina e nella pagina accanto / in this page and in next page
Due esempi di schedatura delle alternative tecniche / *Two examples of technical alternatives' sheets.*

governments and communities), destinata a definire le specifiche tecniche per la redazione di piani di adattamento da parte delle pubbliche amministrazioni.
In linea con un simile quadro internazionale, il catalogo di alternative tecniche elaborato nell'ambito del progetto Metropolis, oltre ad essere un elemento essenziale del sistema di supporto alle decisioni - incorporando l'insieme degli algoritmi necessari per valutare l'effetto delle soluzioni di adattamento climatico in termini di riduzione della vulnerabilità e degli impatti attesi in base ai diversi periodi temporali e scenari di emissione considerati - si configura anche come uno strumento informativo a disposizione di professionisti, ricercatori e amministrazioni locali utile a rafforzare l'apparato di conoscenze tecniche necessarie all'implementazione di misure di adattamento a scala di distretto e di quartiere. A tal fine, per ciascuna alternativa tecnica inserita nel catalogo è stata elaborata una scheda sintetica composta da una sezione che ne riporta i principali aspetti descrittivi, e da sottosezioni che evidenziano i *benchmark* prestazionali ottenibili espressi in maniera qualitativa, gli ambiti di applicazione e i gradi di compatibilità di tipo tecnico e normativo.
La struttura del catalogo e delle schede è pensata in modo da consentire di incorporare un ampio numero di alternative per ogni classe individuata, ciascuna ulteriormente dettagliata in base alle possibili variabili tecniche idonee al contesto insediativo e climatico di riferimento.

Si tratta dunque di uno strumento "aperto", che può arricchirsi di nuovi dati e informazioni utili ad ampliarne il campo di applicazione come strumento di supporto alle decisioni in fase metaprogettuale, rafforzandone ad esempio l'impiego nell'ambito di specifiche valutazioni multicriteriali rispetto a scenari di adattamento alternativi, includendo specifici parametri in grado di definire i vantaggi in termini di costi-benefici riferiti ad obiettivi più ampi legati alla sostenibilità economica, ambientale e sociale degli interventi.
Ulteriori approfondimenti in tal senso sono richiesti al fine di definire correttamente i costi parametrici delle soluzioni (che presentano una notevole variabilità in rapporto al contesto locale di applicazione[5]), nonché dei possibili *co-benefits* (Fung e Helgeson, 2017) ambientali e socioeconomici, quali il contributo in termini di miglioramento dell'efficienza energetica del costruito e della durabilità degli elementi tecnici, riduzione nell'impiego di risorse, potenziamento dei servizi ecosistemici per gli impatti positivi sulla qualità dell'aria, dell'acqua e sulla biodiversità, incremento delle dotazioni funzionali negli spazi pubblici, nuove opportunità economiche legate ad esempio all'agricoltura urbana, riduzione dei costi di gestione dell'emergenza in seguito a eventi estremi.

of technical alternatives developed within the Metropolis project, other than being an essential element of the decision support system developed within the Metropolis project - since it incorporates the set of algorithms necessary to evaluate the effect of climate adaptation solutions in terms of vulnerability and the impact reduction based on the different time periods and emission scenarios considered - is also configured as an information tool available to professionals, researchers and local administrations, useful to strengthen the level of technical knowledge necessary for the implementation of adaptation measures at district and neighbourhood scales.
The catalogue of technical alternatives, to this end, for each technical alternative included in the catalogue, is composed by a summary section to show the main descriptive aspects, and by sub-sections detailing the performance benchmarks expressed in a qualitative way, the context of application and the degrees of technical and regulatory compatibility.
The structure of the catalogue and the sheets are designed to allow the incorporation of a large number of alternatives for each class identified, each one further detailed according to the possible technical variables suitable for the specific urban and climatic reference context.
It is therefore conceived as an "open" tool, which can be enriched with new data and information useful to broaden its field of application as a decision support tool in the programming and metadesign phases, for example by strengthening its use in specific multicriteria evaluations with respect to alternative "adaptation scenarios", including

specific parameters able to define the cost-benefits referred to wider objectives related to the economic, environmental and social sustainability of the interventions.
Further in-depth analyzes are required to correctly define the parametric costs of the solutions (which have a considerable variability in relation to the local application context[5]), as well as the possible environmental and socio-economic co-benefits (Fung and Helgeson, 2017), such as the contribution in terms of improvement of the energy efficiency of buildings and the durability of the technical elements; reduction in the use of resources; enhancement of ecosystem services for the positive impacts on air quality, water and biodiversity; increase of functional equipment and facilities in public spaces; new economic opportunities (linked for example to urban agriculture); reduction of emergency management costs following extreme events.

1. *See contributions by Di Martino-Sessa and Apreda in this volume.*
2. *For example, within the framework of the PAESC (Sustainable Energy Action Plans and Climate), which since 2015, through the launch of the EU Covenant of Mayors for Energy and Climate initiative, brings together the actions carried out through the Covenant platforms of Mayors (Covenant of Mayors, mainly focused on energy efficiency and environmental sustainability) and Mayors Adapt (mainly focused on adaptation), providing for the development of integrated mitigation and climate adaptation strategies at the local scale.*
3. *The International Center for Climate Governance (ICCG), which in 2012 created the Best Climate Practices observatory, defines good practice "an action, exportable in other situations, which allows a Municipality, a community or any local administration , to move towards forms of sustainable management at the local level ".*
4. *See the contributions of various authors in the section "The Metropolis project: a multidisciplinary model for the knowledge of the urban system / Metropolis project: a multidisciplinary knowledge model for the urban system", in D'Ambrosio and Leone, 2016.*
5. *See the contribution of Cerreta, Poli and Mele in this volume.*

1. Vedi contributi di Di Martino-Sessa e di Apreda in questo volume.
2. Ad esempio nell'ambito dei PAESC (Piani di Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima), che dal 2015, attraverso il lancio dell'iniziativa UE Covenant of Mayors for Energy and Climate, riunisce le azioni portate avanti attraverso le piattaforme Covenant of Mayors (Patto dei Sindaci, principalmente incentrato sul tema dell'efficienza energetica e della sostenibilità ambientale) e Mayors Adapt (principalmente incentrato sull'adattamento), prevedendo lo sviluppo di strategie integrate di mitigazione e adattamento climatico alla scala locale.
3. L'International Center for Climate Governance (ICCG), che ha creato nel 2012 l'osservatorio Best Climate Practices definisce buona pratica "un'azione, esportabile in altre realtà, che permette ad un Comune, ad una comunità o a una qualsiasi amministrazione locale, di muoversi verso forme di gestione sostenibile a livello locale".
4. Vedi i contributi di vari autori nella sezione "Il progetto Metropolis: un modello multidisciplinare per la conoscenza del sistema urbano / Metropolis project: a multidisciplinary knowledge model for the urban system", in D'Ambrosio e Leone, 2016.
5. Vedi il contributo di Cerreta, Poli e Mele in questo volume.

References

Bentz I. M. G., Franzato C. (2017), "The relationship between Strategic Design and Metadesign as defined by the levels of knowledge of design", *Strategic Design Research Journal*, 10(2), 134-143.

D'Ambrosio V., Leone, M.F. (2016), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental Design for Climate Change adaptation. 1. Innovative models for the production of knowledge*, CLEAN, Napoli.

European Environment Agency (2015), *Technical report No 5/2015. Overview of climate change adaptation platforms in Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Fung J. F., Helgeson J. F. (2017), *Defining the Resilience Dividend: Accounting for Co-benefits of Resilience Planning* (No. Technical Note (NIST TN)-1959).

IPCC (2014), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.

Pötz H., Bleuzé P., Sjauw En Wa A., Baar T. V. (2012), *Groenblauwe netwerken voor duurzame en dynamische steden: Urban green-blue grids for sustainable and dynamic cities*. Atelier GroenBlauw, Delft.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015), *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*, (ST/ESA/SER. A/366).

van de Ven F. H., Snep R. P., Koole S., Brolsma R., van der Brugge R., Spijker, J., Vergroesen T. (2016), "Adaptation Planning Support Toolbox: Measurable performance information based tools for co-creation of resilient, ecosystem-based urban plans with urban designers, decision-makers and stakeholders", *Environmental Science & Policy*, 66, 427-436.

Sperimentazioni applicative: il caso studio di Napoli

Application experiments: Naples case study

Vulnerabilità e impatti climatici nei tessuti urbani: processi sperimentali

Valeria D'Ambrosio, Ferdinando Di Martino

Vulnerability and climate impacts in urban areas: experimental processes

Technological and environmental indicators for vulnerability assessment

For the measurement of the vulnerability levels of the physical and social subsystems in which the urban system has been decomposed, the model proposed in the research has envisaged the construction of a system of specific indicators to assess the response to climate impacts related to heat wave and pluvial flooding. These have been tested in two study areas in the city of Naples, corresponding to urban districts in the eastern and western areas. The study areas have been selected as representative of the variety, as well as morphological and technical-constructive complexity, of the urban fabric and the different historical periods for which it was considered that the application of the model could return a variability of vulnerability conditions. From this point of view, the western area (districts of Bagnoli, Cavalleggeri d'Aosta, Fuorigrotta) and the eastern area (from the edge of the Ancient Centre to the district of Ponticelli) represent the two contexts in which the application of the model was tested. These are districts in which homogeneous zones of different settlements - pre-nineteenth-century, modern and contemporary - are found, characterized by a wide range of construction technologies: load-bearing blocks masonry walls in tuff blocks, cast-in-place and prefabricated reinforced concrete frames (the latter prevalent in the building interventions of the PSER - Post-earthquake Extraordinary Housing Program, 1980).

The processes implemented for the definition of the indicators, next to the procedures for the identification of thresholds and behavior intervals, represented an advanced way through which combining the multiple physical and performance aspects of the urban context, allowing the development of more detailed assessments of the degree of vulnerability of the elements in the system.

For each subsystem (buildings, open spaces and population) some characteristics have been identified as connotative and indicative of such a recurrence that the data deriving from the measurement of the related performance and quantitative indicators are comparable. This choice adheres to the principle of measurability of critical factors also through a process of standardization of the indicators themselves - with a transformation of the respective scales to make them comparable to each other - aimed at defining, for each of them, classes of homogeneous vulnerability values. Some indicators are descriptive (percentages, intervals) and others performance-based (benchmark and threshold values). Through their measurement, even in case of lack of data to describe the behaviour in relation to a climatic phenomenon, it was preferred to use an indicator that approached the target reliably. In other cases the "group" principle was used, adopting several indicators whose integrated reading determines the information on a specific aspect linked to a climatic phenomenon.

For the heat wave phenomenon, a system of technological and environmental indicators has been defined for buildings and open spaces, aimed at measuring the performance of the building envelope in relation to building techniques and age of construction (phase shift and attenuation) and evaluating the

Indicatori tecnologici e ambientali per la valutazione della vulnerabilità (V.D.)

Per la misurazione dei livelli di vulnerabilità dei sottosistemi fisico e sociale in cui è stato scomposto il sistema urbano il modello proposto nella ricerca ha previsto la costruzione di un sistema di specifici indicatori per valutare la risposta agli impatti climatici all'*heat wave* e al *pluvial flooding* sperimentati in due aree di studio della città di Napoli corrispondenti ad alcuni distretti urbani nell'area orientale e di quella occidentale. Le aree di studio sono state selezionate in quanto rappresentative di una varietà e complessità tipo-morfologica e tecnico-costruttiva del tessuto urbano corrispondente a differenti epoche storiche per il quale si è ritenuto che l'applicazione del modello di vulnerabilità potesse restituire una variabilità di condizioni di vulnerabilità. Da questo punto di vista, l'area occidentale (quartieri di Bagnoli, Cavalleggeri d'Aosta, Fuorigrotta) e quella orientale (dal margine del Centro Antico fino al quartiere di Ponticelli) hanno rappresentato i due contesti in cui è stata sperimentata l'applicazione del modello. Si tratta di distretti nei quali sono presenti zone omogenee di differente impianto - pre-ottocentesco, moderno e contemporaneo - e caratterizzate da un'ampia casistica di tecnologie costruttive che vanno, rispettivamente, dai sistemi in muratura portante in blocchi di tufo, a quelli a telaio in cemento armato gettato in opera e in c.a. prefabbricato, quest'ultimo prevalente negli interventi edilizi del PSER - Programma Straordinario di Edilizia Residenziale post sisma del 1980.

I processi attuati per la costruzione degli indicatori accanto alle procedure per la costruzione di soglie e intervalli di comportamento hanno rappresentato una modalità avanzata attraverso cui coniugare i molteplici aspetti fisici e prestazionali del contesto urbano, consentendo lo sviluppo di valutazioni più dettagliate del grado di vulnerabilità degli elementi del sistema.

Per ciascun sottosistema in cui è stato scomposto il sistema urbano (edifici, spazi aperti e popolazione) si sono individuate alcune caratteristiche e prestazioni ritenute connotanti e indicative di una ricorrenza tale da poter rendere confrontabili i dati derivanti dalla misurazione di indicatori ad esse correlati sia di tipo prestazionale che di tipo numerico quantitativo. Questa scelta aderisce al principio della misurabilità dei fattori critici anche attraverso un processo di normalizzazione degli indicatori stessi - con una trasformazione delle rispettive scale per renderli comparabili tra di loro - finalizzata a definire, per ciascuno di essi, classi di vulnerabilità omogenee. Alcuni indicatori sono di tipo descrittivo (indicazioni di percentuali, individuazione di intervalli) altri di tipo prestazionale (*benchmark* e valori di soglia). Attraverso la loro misurazione, nel caso in cui si è riscontrata una insufficienza di dati diretti a descrivere un comportamento in base ad un fenomeno climatico, si è preferito utilizzare un indicatore che si avvicinasse all'obiettivo in maniera attendibile. In altri casi si è utilizzato il principio del "gruppo", adottando più indicatori la cui lettura integrata ha determinato informazioni su un aspetto specifico legato ad un fenomeno climatico.

Per il fenomeno dell'*heat wave* è stato costruito un sistema di indicatori tecnologici e ambientali per gli edifici e spazi aperti finalizzati a misurare le prestazioni dell'involucro edilizio in relazione a tecniche ed epoche costruttive degli edifici (sfasamento e attenuazione) e valutare il comportamento degli elementi in relazione a specifiche

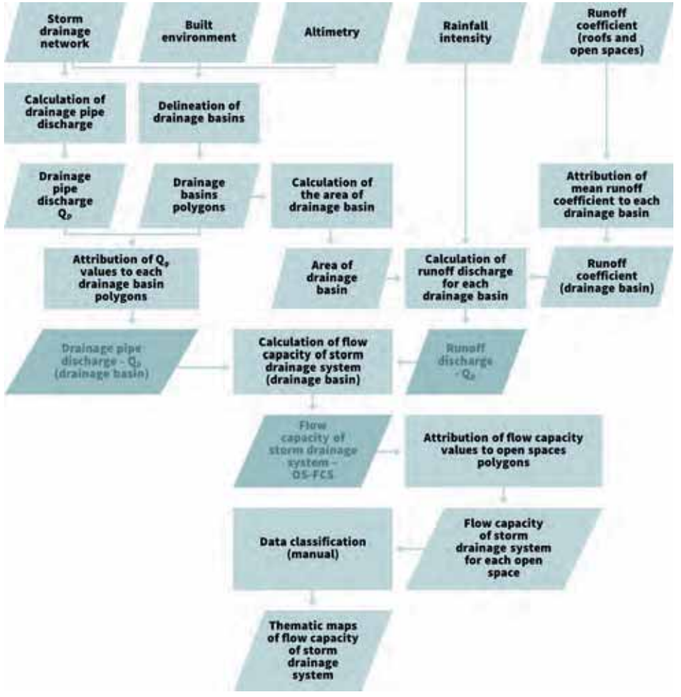
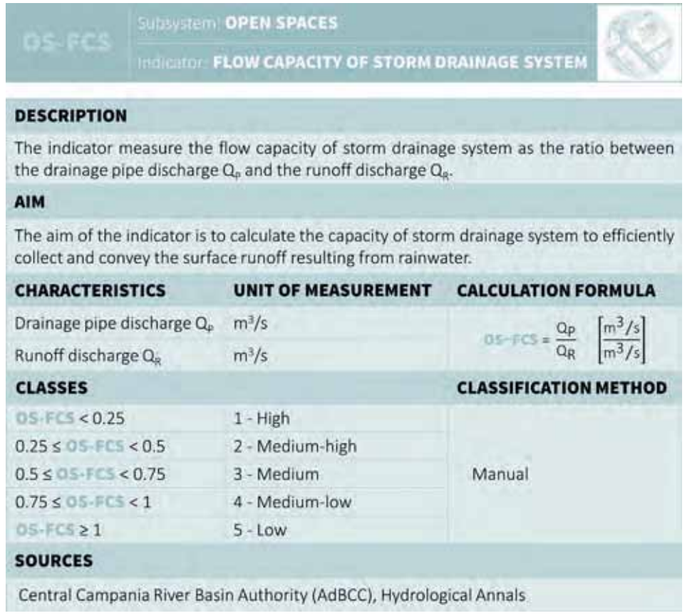


Diagramma di flusso per la generazione dell'indicatore "Capacità di smaltimento del sistema fognario" / *Flow chart for the generation of the "Disposal capacity of the sewage system" indicator (source: C. Apreda, "Adaptation to climate change in urban areas", PhD thesis, PhD in Architecture, University of Naples Federico II).*

Scheda dell'indicatore "Capacità di smaltimento del sistema fognario" / Indicator sheet "Disposal capacity of the sewage system" *(source: C. Apreda, "Adaptation to climate change in urban areas", PhD thesis, PhD in Architecture, University of Naples Federico II).*



OS-FCS Subsystem: **OPEN SPACES**

Indicator: **FLOW CAPACITY OF STORM DRAINAGE SYSTEM**

DESCRIPTION

The indicator measure the flow capacity of storm drainage system as the ratio between the drainage pipe discharge Q_P and the runoff discharge Q_R.

AIM

The aim of the indicator is to calculate the capacity of storm drainage system to efficiently collect and convey the surface runoff resulting from rainwater.

CHARACTERISTICS	UNIT OF MEASUREMENT	CALCULATION FORMULA
Drainage pipe discharge Q_P	m^3/s	$OS\text{-}FCS = \frac{Q_P}{Q_R} \left[\frac{m^3/s}{m^3/s}\right]$
Runoff discharge Q_R	m^3/s	

CLASSES		CLASSIFICATION METHOD
OS-FCS < 0.25	1 - High	Manual
0.25 ≤ OS-FCS < 0.5	2 - Medium-high	
0.5 ≤ OS-FCS < 0.75	3 - Medium	
0.75 ≤ OS-FCS < 1	4 - Medium-low	
OS-FCS ≥ 1	5 - Low	

SOURCES

Central Campania River Basin Authority (AdBCC), Hydrological Annals

behaviour of the elements in relation to specific morphological and environmental characteristics (volume, Sky View Factor, albedo, hillshade, NDVI - Normalized Difference Vegetation Index). For the phenomenon of pluvial flooding, the evaluation of the behaviour of buildings with respect to the phenomenon a group of indicators mainly of numerical-percentage type has been defined, with which to implement an integrated reading of the vulnerability conditions in relation to the technological characteristics and the percentage of surface exposed to the phenomenon (coverage ratio, percentage of building on the sidewalk, percentage of use of the ground floor, type of coverage). For the open space, on the other hand, the construction of the indicators has allowed to measure those physical characteristics and equipment that can affect the behaviour of a space in the event of intense events. The aspects considered include the amount of exposed surface

caratteristiche morfologiche e ambientali (volume, *Sky View Factor*, albedo, soleggiamento, indice di vegetazione viva - *Normalized Difference Vegetation*). Per il fenomeno del *pluvial flooding*, la valutazione del comportamento degli edifici rispetto al fenomeno si è avvalsa della costruzione di un gruppo di indicatori prevalentemente di tipo numerico-percentuale, con i quali attuare una lettura integrata delle condizioni di vulnerabilità in relazione alle caratteristiche tecnologiche e alla percentuale di superficie esposta al fenomeno (rapporto di copertura, percentuale di edificio su marciapiede, percentuale d'uso del piano terra, tipologia di copertura). Per lo spazio aperto, invece, la costruzione degli indicatori ha consentito di misurare quelle caratteristiche fisiche e di dotazione impiantistica che possono incidere sul comportamento di uno spazio in caso di eventi intensi. Gli aspetti considerati attengono alla quantità di superficie esposta (superficie di spazi aperti), alla capacità dei suoli di consentire l'assorbimento e l'infiltrazione delle acque superficiali

(permeabilità dei suoli) e alla capacità delle reti fognarie di accogliere il deflusso (capacità di smaltimento del sistema fognario, grado di manutenzione del sistema fognario).
La costruzione degli indicatori e la loro sperimentazione nelle aree di studio ha previsto l'attuazione di un processo interscalare e intersettoriale che ha visto l'integrazione tra risultati di simulazioni a scala di dettaglio in ambiti omogenei, effettuate mediante approcci e strumenti propri della progettazione tecnologica e ambientale, e processi di analisi spaziale e di statistica zonale propri delle scienze informatiche, per ottenere valutazioni multiscalari di approfondimento. Al fine di valutare l'affidabilità dei risultati del modello è stato predisposto un *site test* su un campione significativo di elementi urbani complessi per i quali sono state misurate caratteristiche e prestazioni alla scala di dettaglio. L'obiettivo del test ha riguardato una misurazione più raffinata dei valori di vulnerabilità. Dal confronto dei livelli di vulnerabilità ottenuti alle due differenti scale sugli elementi del campione è stata stimata l'affidabilità operativa del modello considerata ottimale se l'errore estratto dalla comparazione risulta minore del 20%.
Gli indicatori sono stati raccolti in schede sintetiche in cui sono descritti, rispetto al sottosistema e al fenomeno indagato, la finalità, i dati di input, la formula di calcolo dell'indicatore e la loro suddivisione in classi in cui sono riportati i range corrispondenti alla rappresentazione del dato, l'etichetta della classe e il metodo di classificazione tematica (manuale, *equal interval, quantile, natural breaks, standard deviation*).
Nella sperimentazione del modello nelle aree studio di Napoli est e ovest, gli indicatori sono stati classificati rispetto a 5 classi di vulnerabilità alle quali sono state rapportate le rappresentazioni dei dati per ciascun indicatore e dove il valore 5 rappresenta una condizione ottimale. Ove possibile, la classificazione dei valori è stata desunta dalla normativa vigente (come nel caso degli indicatori di sfasamento e attenuazione per l'*heat wave* o di permeabilità dei suoli e capacità di smaltimento del sistema fognario per il *pluvial flooding*). In altri casi, per individuare soglie, *range* e *benchmark* prestazionali gli indicatori sono stati calibrati in relazione alle caratteristiche ambientali e tecnologiche del contesto nel quale sono stati utilizzati attraverso processi di taratura, di simulazione e di scelta di scale di indagine appropriate rispetto all'obiettivo di conoscenza richiesto.
In relazione al fenomeno dell'*heat wave*, ad esempio, per gli indicatori di sfasamento, attenuazione e soleggiamento del sottosistema Edifici, la definizione degli intervalli delle classi è stata effettuata attraverso una taratura dell'incidenza percentuale delle facciate e delle coperture in relazione all'altezza e al fattore di forma degli edifici. Per alcuni indicatori dello Spazio aperto, i processi di taratura hanno previsto l'utilizzo di simulazioni con strumenti di *information technology* come nel caso dello *Sky View Factor* e dell'albedo. Per essi, i range delle classi di vulnerabilità sono stati desunti dalla lettura di dati simulati in ambiti urbani omogenei per morfologia e caratteristiche costruttive, verificando i valori ottimali rispetto a fattori di impatto quali accumulo e rilascio di energia termica (MRT - *Mean Radiant Temperature*), comfort termico percepito (PMV - *Predictive Mean Vote*), bilanciamento tra radiazione solare incidente e cielo visibile (SVF - *Sky View*

(surface of open spaces), to the capacity of the soils to allow absorption and infiltration of surface waters (permeability of soils) and to the capacity of the sewage networks to manage the runoff (disposal capacity of sewage system, sewage system maintenance level).
The construction of the indicators and their experimentation in the study areas involved the implementation of an inter-scalar and inter-sectoral process which integrated the results of simulations at a detailed scale performed in homogeneous areas, carried out through technological and environmental design approaches and tools, as well as spatial analysis and zonal statistics processes from computer science domains, so to obtain multi-scale detailed evaluations. In order to evaluate the reliability of the model results, a number of test was carried out on a significant sample of complex urban elements for which characteristics and performances were measured on site, so to allow a more refined measurement of vulnerability values. From the comparison of the levels of vulnerability obtained at the two different scales on the sample elements, the reliability of the model was considered as optimal when the difference from the on-site measurement is less than 20%. The indicators were collected in summary sheets describing, with respect to the subsystem and the phenomenon investigated, the adaptation target, the input data, the calculation algorithms and the subdivision into classes showing the ranges corresponding to the representation of the data, the class label and the thematic classification method (manual, equal interval, quantile, natural breaks, standard deviation).
In the testing of the model in the study areas of east and west Naples, the indicators were classified with respect to 5 vulnerability classes, reporting for each indicator the data representations, where the value 5 represents an optimal condition. Where possible, the classification of values has been derived from current legislation (as in the case of indicators of phase shift and attenuation for heat wave, or soil permeability and sewage disposal capacity for pluvial flooding). In other cases, to identify thresholds, ranges and performance benchmarks, the indicators were calibrated in relation to the environmental and technological characteristics of the context in which they were used through simulation and selection of survey scales appropriate to the knowledge objective required. In relation to the phenomenon of the heat wave, for example, for the phase shift, attenuation and hillshade indicators of the "Buildings" subsystem, the definition of the class ranges was carried out through a calibration of the incidence of facades and roofing in relation to height and the shape factor of buildings. For some open space indicators, the calibration processes have envisaged the use of simulations tools, e.g. to derive Sky View Factor and albedo values. For them, the ranges of vulnerability classes were derived from the reading of simulated data in homogeneous urban areas, by morphology and construction characteristics, verifying the optimal values with respect to impact factors such as accumulation and release of thermal energy (MRT - Mean Radiant Temperature), perceived thermal comfort (PMV - Predictive Mean Vote), balance between incident solar radiation and visible sky (SVF - Sky View Factor).

In the management of complex data, for the standardization and classification of the indicators, a GIS-based database was set up, thus allowing to perform the acquisition, recording, analysis and return of the geo-referenced information in the study areas. Through the GIS, thematic maps for each indicator have been developed and, by weighting the indicators through specific calibration processes, the thematic maps of intrinsic vulnerability of the subsystems of the physical system (buildings and open spaces) and of the population have been elaborated.

Levels of climate vulnerability in the districts of East and West Naples

To realize the synthetic maps of vulnerability of the subsystems, it was necessary to assign a system of weights to the individual indicators through the testing of a calibration process on a significant sample of elements of the subsystem. This has been performed through analysis software applied on the corresponding elements of the physical system (Envi-MET or Ecotect for heat wave, CAFLOOD for pluvial fooding) and geostatistical analysis software for the resident population (GIS). The experimented process provides that the weights' values , in the normalized scale from 1 to 5, are varied at each iteration until determining the optimal values for which the calculated vulnerability is as close as possible to the result of the simulation. The optimal weight values are those for which the adherence between the calculated vulnerability indices for the sample elements and the results of the simulations is highest.

From the application of the vulnerability model to the study areas emerged a condition of widespread criticality of the built system with respect to the phenomenon of the heat wave. The thematic maps of intrinsic vulnerability of the individual Factor).

Nella gestione dei dati complessi, per la normalizzazione e la classificazione degli indicatori è stato predisposto un database gestito attraverso il sistema informativo GIS (Geographic Information System) con il quale è stato possibile effettuare l'acquisizione, la registrazione, l'analisi e la restituzione delle informazioni geo-riferite nelle aree di studio. Attraverso il GIS sono state elaborate carte tematiche di ogni indicatore e con l'attribuzione, mediante specifici processi di taratura, di un sistema di pesi ad ogni indicatore sono state elaborate le carte tematiche di vulnerabilità intrinseca dei sottosistemi del sistema fisico (edifici e spazi aperti) e della popolazione.

Livelli di vulnerabilità climatica nei distretti di Napoli orientale e occidentale

Per realizzare le carte sintetiche di vulnerabilità dei sottosistemi, è stato necessario attribuire un sistema di pesi ai singoli indicatori attraverso la sperimentazione di un processo di taratura su un campione significativo di elementi del sottosistema mediante software di analisi sul sistema fisico (tipo ENVI_MET o Ecotect per l'*heat wave*, CAFLOOD per il *pluvial flooding*) e software di analisi geostatistica per la popolazione residente (GIS). Il processo sperimentato è un processo applicativo nel quale i valori dei pesi, nella scala normalizzata da 1 a 5, sono variati ad ogni iterazione fino a determinare quei valori ottimali per cui la vulnerabilità calcolata sia quanto più aderente al risultato della simulazione. I valori ottimali dei pesi sono quelli per cui è massima l'aderenza tra gli indici di vulnerabilità calcolati per gli elementi del campione e i risultati delle simulazioni. Dall'applicazione del modello di vulnerabilità alle aree di studio è emersa una condizione di criticità diffusa del sistema costruito rispetto al fenomeno dell'*heat wave*. Le carte tematiche di vulnerabilità intrinseca dei singoli sottosistemi rilevano una condizione migliore del costruito nell'area orientale mentre nella parte occidentale della città si registrano livelli di vulnerabilità maggiore con numerosi edifici ricadenti in classe di vulnerabilità medio-alta[2] in alcune aree corrispondenti ad una edilizia di epoca più recente caratterizzata da prestazioni meno performanti dell'involucro edilizio. Per quanto riguarda la vulnerabilità intrinseca degli spazi aperti, in entrambe le aree di studio questa si attesta su valori di classe di vulnerabilità media[3] con dei picchi in classe medio-alta.

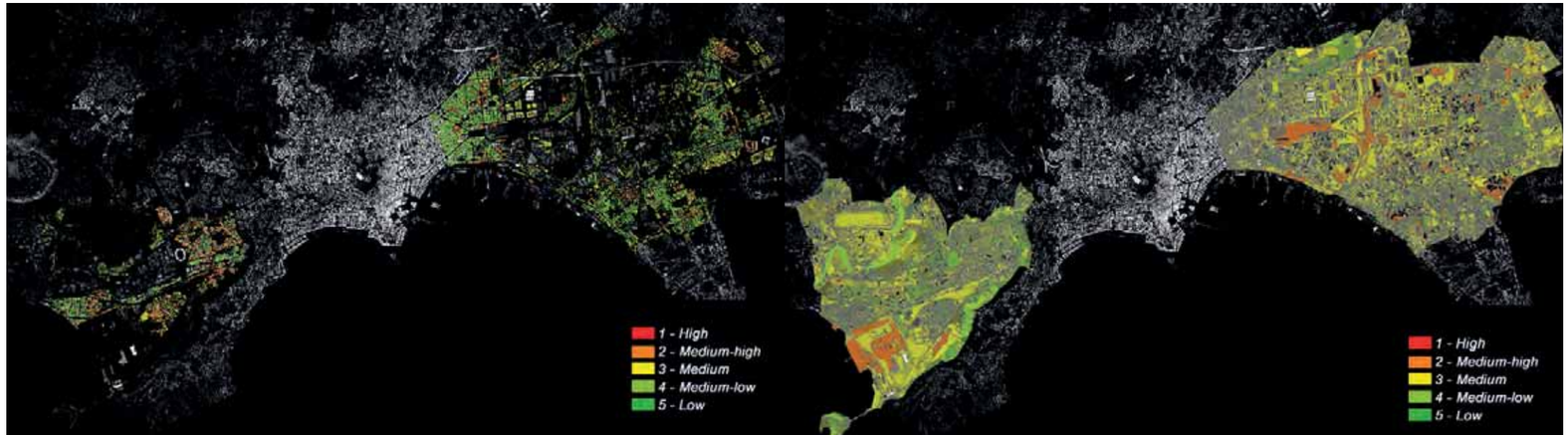
Per quanto riguarda il fenomeno del *pluvial flooding*, la sperimentazione è stata condotta nella sola area orientale della città. La lettura delle carte tematiche di vulnerabilità intrinseca mette in evidenza una condizione di maggiore criticità (classe medio-alta) per gli edifici dell'area industriale e nella città storica, dove la superficie dei piani terra degli edifici è prevalentemente destinata a molteplici attività (esercizi commerciali, abitazioni, attività produttive). Nell'area dei quartieri di Ponticelli e Barra, la classe di vulnerabilità si attesta su una classe media. Rispetto agli spazi aperti, si rileva invece una condizione di criticità maggiore nell'area produttiva e industriale nonché nelle aree residenziali a nord del quartiere Ponticelli.

Da una lettura morfologica e tecnologica per ambiti omogenei secondo cui è stato classificato il tessuto urbano, correlata ad una serie di parametri - quali tipologia edilizia, tipologia costruttiva, epoca di costruzione, tipologia dei tracciati viari, funzioni prevalenti, densità del costruito e limiti infrastrutturali e fisici (ferrovie, rilevati stradali, ecc.) - è stato possibile analizzare i risultati relativi alla vulnerabilità intrinseca dei sottosistemi per parti di città e valutare la vulnerabilità correlata a determinati caratteri insediativi. Gli esiti della sperimentazione evidenziano che alcuni contesti, corrispondenti prevalentemente ai tessuti di epoca moderna e contemporanea, sono quelli più vulnerabili per entrambi i fenomeni climatici indagati. Facendo riferimento all'area orientale di Napoli, ad esempio, si

subsystems reveal a better condition of the built environment in the eastern area, while in the western part of the city there are higher levels of vulnerability with several buildings falling into a medium-high vulnerability class[2]*, especially in areas corresponding to more recent development characterized by lower building envelope performances. As regards the intrinsic vulnerability of open spaces, in both study areas a medium vulnerability*[3]*, with peaks in the upper middle class, have been recorded.*

As for the phenomenon of pluvial flooding, the experimentation was conducted in the eastern part of the city only. The reading of the thematic maps of intrinsic vulnerability highlights a condition of greater criticality (middle-high class) for the buildings of the industrial area and in the historical city, where the surface of the ground floors of the buildings is mainly used for diverse activities (commercial, housing, productive activities). In the area of the Ponticelli and Barra districts, the vulnerability class stands on a middle class. Compared to open spaces, on the other hand, there is a greater critical condition in the industrial area as well as in residential areas north of the Ponticelli district.

From a morphological and technological reading of the homogeneous areas according to which the urban fabric has been classified, in relation to a series of parameters - such as building typology, type of construction, construction period, type of road layout, prevalent functions, density of the building and infrastructural / physical limits (railways, road surveys, etc.) - it was possible to analyse the results related to the intrinsic vulnerability of the subsystems for parts of the city, and to evaluate the vulnerability related to certain settlement characteristics. The results of the experimentation show that some contexts, corresponding mainly to modern and contemporary fabrics, are the most vulnerable for both the



Carta della vulnerabilità intrinseca degli edifici residenziali all'ondata di calore / *Map of the intrinsic vulnerability of residential buildings to heat wave phenomena.*

Carta della vulnerabilità intrinseca all'ondata di calore degli spazi aperti / *Map of the intrinsic vulnerability of open spaces to heat wave. phenomena.*

climatic phenomena investigated. Referring to the eastern area of Naples, for example, about 51% of the buildings are vulnerable to pluvial flooding and 46% to heat wave. For both phenomena, instead, the historical fabric of pre-nineteenth-century settlement is the least vulnerable.

Validation test of the reliability of the vulnerability model

In order to measure the reliability of the results obtained by implementing the vulnerability model in the study area, a reliable measurement approach was tested, based on the analysis of a significant sample of complex urban elements at a detailed scale.

By "significant sample" we mean a sample of urban elements that collect all the morphological and technological characteristics present in the urban study area. The use of the significant sample allows to compare the vulnerability values obtained from detailed measurements with those obtained by running the model.

The reliability test consists of the following phases:

- morphological reading of the urban study area and subdivision of the urban fabric into Homogeneous Urban Elements;

- identification of the characteristics of the elements of the subsystem present in each Homogeneous Urban Element;

- selection of the significant sample;

- acquisition of detailed information regarding the characteristics of the sample elements;

- use of the model to estimate the vulnerability of the sample elements;

- comparison of the results with those obtained by applying the model on a smaller scale on all the corresponding elements.

The results obtained by applying the model on the lower-scale

può notare come, in tali contesti, circa il 51% degli edifici risulti vulnerabile al fenomeno di *pluvial flooding* e il 46% a quello dell'*heat wave*. Per entrambi i fenomeni, invece, il tessuto storico di impianto pre-ottocentesco risulta quello meno vulnerabile.

Test di validazione dell'affidabilità del modello di vulnerabilità

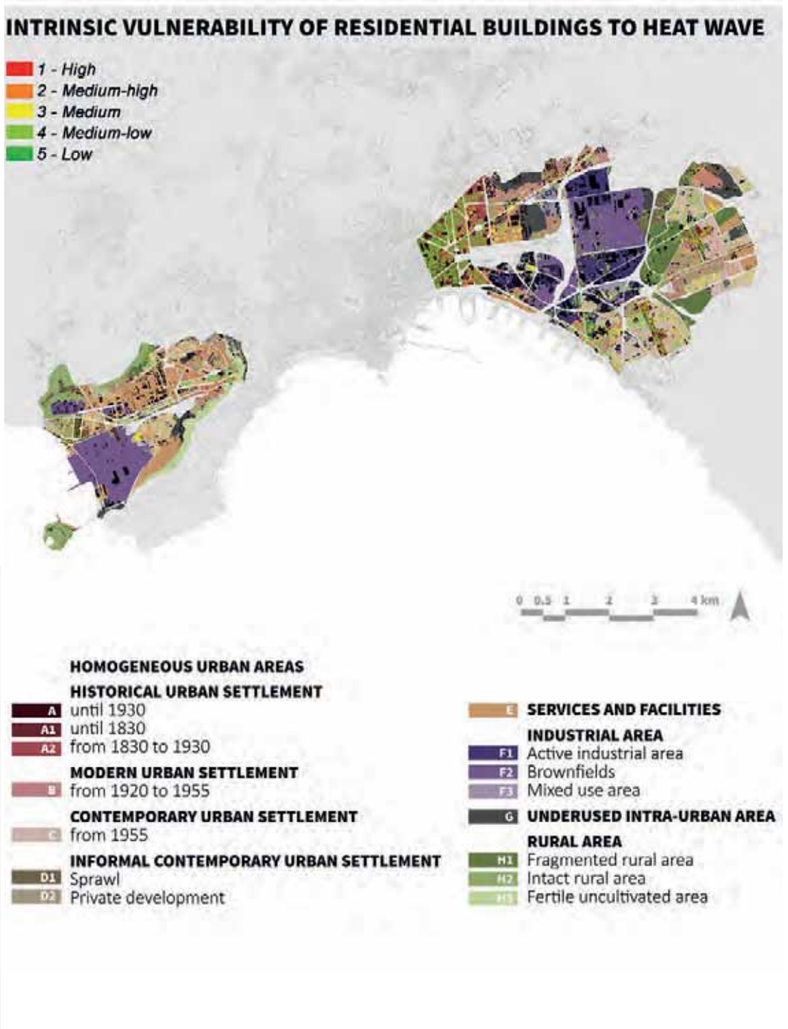
Al fine di misurare l'affidabilità dei risultati ottenuti implementando il modello di vulnerabilità nell'area di studio, è stato sperimentato un approccio di misura di reliability basato sull'analisi di un campione significativo di elementi urbani complessi a scala di dettaglio.

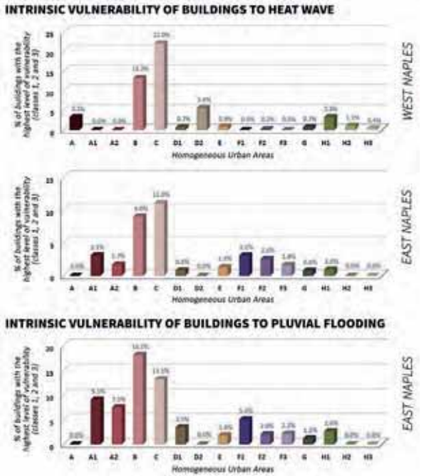
Per "campione significativo" si intende un campione di elementi urbani che raccolgono tutte le caratteristiche morfologiche e tecnologiche presenti nell'area urbana di studio. L'uso del campione significativo permette di comparare i valori di vulnerabilità ricavati a partire dalle misurazioni di dettaglio sugli elementi del campione con quelli ottenuti applicando il modello.

Il test di affidabilità si compone delle seguenti fasi:

- lettura morfologica dell'area urbana di studio e suddivisione del tessuto urbano in Elementi Urbani Omogenei;
- individuazione delle caratteristiche degli elementi del sottosistema presenti in ogni Elemento Urbano Omogeneo;
- selezione del campione significativo;
- acquisizione delle informazioni di dettaglio relative alle caratteristiche degli elementi del campione;
- utilizzo del modello per la stima della vulnerabilità degli elementi del campione;

Carta della vulnerabilità intrinseca al *pluvial flooding* degli edifici e degli spazi aperti / *Map of the intrinsic vulnerability of buildings and open spaces to pluvial flooding.*





Istogrammi rappresentativi della vulnerabilità intrinseca (classi 1,2,3) degli edifici all'ondata di calore a sinistra e al *pluvial flooding* a destra, nell'area di Napoli est suddivisi per Ambiti Urbani Omogenei / *Representative histograms of intrinsic vulnerability (classes 1,2,3) of buildings to the heat wave on the left and pluvial flooding on the right, in the East area of Naples subdivided by Homogeneous Urban Areas.*

Individuazione del campione significativo di Elementi urbani omogenei / *Identification of the significant sample of homogeneous urban elements.*

- comparazione dei risultati con quelli ottenuti applicando il modello a scala minore su tutti gli elementi corrispondenti.

I risultati ottenuti applicando il modello sugli elementi del sottosistema a scala minore sono ritenuti affidabili se i valori di vulnerabilità corrispondono a quelli prevalenti degli elementi del campione inclusi nell'elemento a scala minore entro un errore percentuale del 20%.

Le fasi del processo di validazione sono state sperimentate sull' area di Napoli est. Il test ha riguardato la validazione delle stime della vulnerabilità all'ondata di calore degli edifici residenziali, compiuta prendendo in considerazione i poligoni edificio in scala 1:5000 del database topografico regionale (DB topografico Carta Tecnica Regionale) della Regione Campania.

Il tessuto urbano di Napoli est è stato suddiviso nei seguenti Elementi Urbani Omogenei classificati in Città compatta (cortina urbana, isolato urbano, elemento urbano con corpi liberi), Città consolidata (cortina urbana, isolato urbano, elemento urbano con corpi liberi), Città informale (Visconti, 2016).

Con l'ausilio di una *knowledge base* costruita mediante la raccolta di dati multidiscplinari di rilievo del tessuto urbano ed elaborata in ambiente GIS, sono state analizzate le caratteristiche costruttive prevalenti degli edifici residenziali per ogni elemento e componente, considerando la seguente differenziazione delle tecniche costruttive:

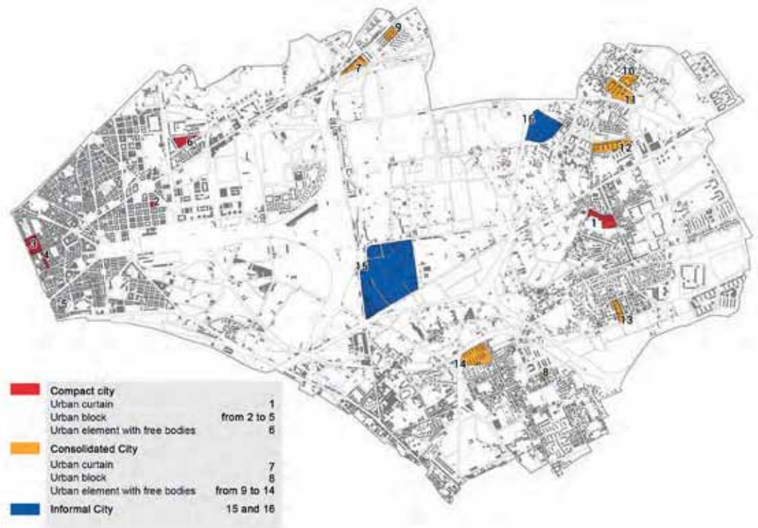
subsystem elements are considered reliable if the vulnerability values correspond to those prevailing of the sample elements included in the minor-scale element within a percentage error of 20%. The validation phases have been tested in the East Napoli area. The test concerned the validation of the heat wave vulnerability estimates for residential buildings, performed taking into account the building polygons in scale 1:5,000 from the Regional topographic database (Regional Geographic Regional Technical Map) of the Campania Region.

The urban fabric of East Naples has been divided into the following homogeneous urban elements: Compact City (urban curtain, urban block, urban element with free bodies), Consolidated City (urban curtain, urban block, urban element with free bodies), Informal City (Visconti, 2016).

With the help of a knowledge base built by collecting multidisciplinary data relevant to the urban fabric and elaborated in the GIS environment, the prevalent construction characteristics of the residential buildings were analysed for each element and component, considering the following differentiation of the construction techniques:

- reinforced concrete frame (walls in reinforced concrete prefabricated panels, bricks, tuff blocks);
- steel frame (walls in reinforced concrete prefabricated panels);
- load-bearing masonry walls in tuff blocks;
- reinforced concrete walls (walls in reinforced concrete prefabricated panels).

In any case, the shape factor of residential buildings was taken into account. The significant sample was extracted by selecting



- telaio in calcestruzzo armato (chiusura in pannelli prefabbricati in c.a.; chiusura in blocchi di laterizio; chiusura in tufo);
- telaio in acciaio (chiusura in c.a.);
- muratura portante in tufo;
- pareti in calcestruzzo armato (chiusura in pannelli prefabbricati in c.a.).

In ogni caso applicativo è stato preso in considerazione il fattore di forma degli edifici residenziali. Il campione significativo è stato estratto selezionando per ogni Elemento urbano quegli edifici aventi tecnica costruttiva prevalente e volumi correlati ai volumi medi dell'elemento. Il risultato del processo di campionatura è costituito da edifici campione in sedici elementi urbani omogenei caratterizzati da edifici con tecniche e volumi medi prevalenti e secondari. Per ogni edificio sono state misurate in dettaglio tutte le caratteristiche necessarie al calcolo degli indicatori previsti nel modello.

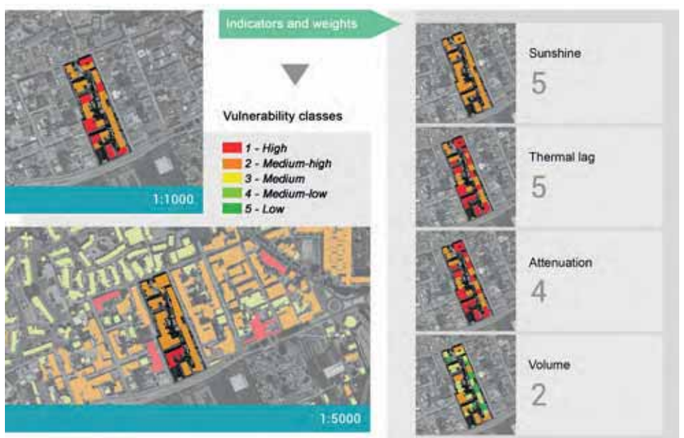
Il modello di vulnerabilità all'ondata di calore del sottosistema Edifici residenziali è stato testato sugli edifici del campione. In seguito, sono state calcolate le stime dell'indicatore di vulnerabilità in base ai pesi descritti nel modello. In figura sono riportati i singoli indicatori e l'indicatore di vulnerabilità ottenuti per uno degli elementi urbani complessi del campione. Infine, i risultati ottenuti sono stati comparati con quelli calcolati per i poligoni edificio corrispondenti in scala 1:5000.

for each urban element those buildings having prevalent construction techniques and volumes correlated to the average of the element category. The result of the sampling process consists of buildings belonging to sixteen homogeneous urban elements, and characterized by buildings with "prevalent" and "secondary" techniques and volumes. For each building all the features needed for the calculation of the indicators provided in the model have been measured in detail.

The heat wave vulnerability model for the residential building subsystem was tested on the sample buildings. Subsequently, the vulnerability indicator estimates were calculated based on the weights described in the model. The figure shows the individual indicators and the vulnerability indicator obtained for one of the complex urban elements in the sample.

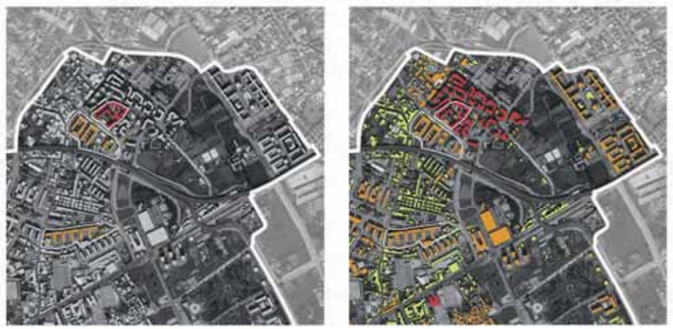
Finally, the obtained results were compared with those calculated for the corresponding building polygons in 1:5,000 scale.

Estimates of the vulnerability values calculated on building polygons are deemed reliable if the relative values are corresponding, within a 20% error, to those resulting from the analysis of sample buildings contained in the building polygon. Test results show that estimates of vulnerability values calculated by applying the model on residential building polygons at 1:5,000 scale are reliable. In fact, in all cases, the vulnerability index calculated on the building polygon is identical to the prevalent vulnerability for the corresponding



Risultati relativi ai quattro indicatori del modello e alla vulnerabilità stimata per uno degli elementi urbani complessi del campione / *Results related to the four model indicators and the estimated vulnerability for one of the complex urban elements of the sample (processed by R. Ruocco, 2017).*

Risultati del test di validazione delle stime di vulnerabilità per i poligoni edificio in scala 1:5000 / *Results of the validation test of vulnerability estimates for building polygons in scale 1:5000.*



buildings of the sample. Building polygons always fall into the prevalent vulnerability class of the sample buildings included in them.

Impact scenarios induced by climate changes

The model built for the generation of impact scenarios based on the IPCC AR5 approach and described in par. 1.2 has been experimented in the course of Metropolis research taking into account the value of the resident population as a value exposed to the risk generated by heat wave phenomena, and the built-up area used on the ground floors in relation to pluvial flooding. Impact scenarios were generated by first constructing an combined vulnerability map of the urban system, achieved by assigning to each element of the subsystem that includes the considered exposure (residential buildings referring to the heat wave and buildings referring to pluvial flooding) an indicator of combined vulnerability of the urban system determined by taking into consideration: the magnitude of the value exposed to risk, the intrinsic vulnerability of the building in which the value exposed to risk is included and the vulnerability of the open spaces related to it.

An impact scenario is generated considering a specific climate hazard scenario related to the specific phenomenon and the combined vulnerability of the urban system. The impact indicator is assigned to the building in which the value exposed to risk is inserted.

In order to compare and standardize the values of the indicators, it was decided to use the same scale of values used for indicators of intrinsic vulnerability of the subsystems for exposure, combined vulnerability and impact scenarios.

Process for generating heat wave impact scenarios

The heat wave impact scenario maps were produced considering the following steps:

- calculation of the Exposure value by estimating the resident population in individual buildings;

- calculation of the combined vulnerability indicator taking into account exposure, the intrinsic vulnerability of buildings and the intrinsic vulnerability of the surrounding open spaces;

- calculation of the impact indicator, taking into account the combined vulnerability and a heat wave hazard scenario.

Calculation of the Exposure

The assessment of the Exposure value, corresponding to the number of residents in the building, is calculated starting from the information concerning the resident population, by census tract, acquired from the last ISTAT database. Starting from this level of information, it was necessary to identify a process that would allow an assessment of the displayed value as much reliable as possible. In this experimentation it has been evaluated that the resident population by census tract in the study area does not undergo substantial changes over time and can also be used for future scenarios, as an assessment of the trend of residents over time would produce a consistent error due to the presence of many variables.

To obtain an optimal exposure estimate, a process has been developed to calculate an equivalent resident population - which represents the estimated value of the population residing in a building by census tract - by considering the volumes of all the buildings included in the section. This approach takes into account the fact that, on average, the greater the volume of the building, the higher the number of residential properties, therefore of residents.

If V_{ed} is the volume of a building included in the census tract, V the volume of all the buildings included in the section and N the number of residents in the section, obtained from the last ISTAT census, then the number of residents assigned to the building is $N_{ed} = N \cdot V_{ed} / V$.

After producing the estimate of the size of the residential resident population, it was classified, by means of an appropriate calibration process, at the same scale of normalized values used for all the indicators.

Calculus of the hazard scenarios

For the extraction of the features that characterize a hazard scenario for a heat wave phenomena are considered the following daily climatic parameters:

- maximum daily temperature;

- minimum daily temperature;

- daily Heat Index;

- daily surface temperature gradient between day and night hours.

The surface temperature gradient is a parameter that measures the surface temperature difference between day and night hours. It is related to the absorption and the thermal emissions of the material that composes the surface during the day in dependence of its heat capacity.

A hazard scenario is characterized by a time span in which on the concerned urban fabric insists the heat wave

Le stime dei valori di vulnerabilità calcolati sui poligoni edificio sono ritenute affidabili se i valori relativi sono corrispondenti, entro un errore del 20%, a quelli di vulnerabilità prevalenti per gli edifici del campione contenuti nel poligono edificio. I risultati del test mostrano che le stime dei valori di vulnerabilità calcolati applicando il modello sui poligoni edificio residenziale in scala 1:5000 sono affidabili. Infatti, in tutti i casi, l'indice di vulnerabilità calcolato sul poligono edificio è identico a quello prevalente per gli edifici corrispondenti del campione.
I poligoni edificio ricadono sempre nella classe di vulnerabilità prevalente degli edifici del campione in essi inclusi.

Scenari di impatto indotti dai cambiamenti climatici (F.D.)

Il modello costruito per la generazione degli scenari di impatto basato sull'approccio IPCC AR5 (IPCC, 2014) è stato sperimentato nel corso della ricerca prendendo in considerazione la popolazione residente come valore esposto al rischio generato da fenomeni di ondata di calore e la superficie edificata di utilizzo ai piani terra come valore esposto al rischio generato da fenomeni di *pluvial flooding*.
Gli scenari di impatto sono stati generati costruendo prima una carta di vulnerabilità integrata del sistema urbano, realizzata assegnando ad ogni elemento del sottosistema che include l'esposizione considerata (gli edifici residenziali riferite all'ondata di calore e gli edifici in riferimento al *pluvial flooding*) un indicatore di vulnerabilità integrata del sistema urbano determinato prendendo in considerazione l'entità del valore esposto al rischio, la vulnerabilità intrinseca dell'edificio in cui è incluso il valore esposto al rischio e la vulnerabilità degli spazi aperti da esso attinenti.
Uno scenario di impatto è generato considerando uno specifico scenario di *hazard* climatico relativo allo specifico fenomeno e la vulnerabilità integrata del sistema urbano.
L'indicatore di impatto è assegnato all'edificio in cui è inserito il valore esposto al rischio (D'Ambrosio e Di Martino, 2016).
Al fine di comparare e rendere omogenei i valori degli indicatori, si è scelto di utilizzare per gli indicatori relativi all'esposizione, alla vulnerabilità integrata e agli scenari di impatto la stessa scala di valori utilizzata per gli indicatori di vulnerabilità intrinseca dei sottosistemi.

Processo di generazione degli scenari di impatto all'ondata di calore

Le carte di scenario di impatto sui residenti in presenza di ondate di calore sono state prodotte considerando i seguenti step:

- calcolo del valore Esposizione effettuando una stima della popolazione residente nei singoli edifici residenziali;
- calcolo dell'indicatore di vulnerabilità integrata prendendo in considerazione l'esposizione, la vulnerabilità intrinseca degli edifici e la vulnerabilità intrinseca degli spazi aperti circostanti;
- calcolo dell'indicatore di impatto, prendendo in considerazione la vulnerabilità integrata e uno scenario di *hazard* all'ondata di calore.

Calcolo dell'Esposizione

La stima dell'entità del valore esposto, corrispondente al numero di residenti nell'edificio, può essere calcolata solo a partire dall'informazione relativa alla popolazione residente per zona di censimento acquisita dalla banca dati dell'ultimo censimento ISTAT. È stato necessario individuare un processo che permettesse una valutazione dell'entità del valore esposto quanto più attendibile possibile, a partire dalla banca dati ISTAT relativa al censimento della popolazione residente per zona censuaria. Nella sperimentazione si è stimato che la popolazione residente per zona di censimento nell'area di studio non subisca variazioni consistenti nel tempo e sia utilizzabile anche per scenari futuri, in quanto una stima della variazione nel tempo della popolazione produrrebbe un errore consistente sortito dalla presenza di molte variabili.
Per ottenere una stima ottimale dell'esposizione è stato messo a punto un processo che permette di calcolare una popolazione residente equivalente, che rappresenta il valore stimato della popolazione residente in un edificio per sezione censuaria considerando i volumi di tutti gli edifici inclusi nella sezione. Questo approccio prende in considerazione il fatto che, mediamente, maggiore è il volume dell'edificio, più elevato sarà il numero di unità immobiliari residenziali, quindi di residenti.
Se V_{ed} è il volume di un edificio incluso nella sezione di censimento, V il volume di tutti gli edifici inclusi nella sezione e N il numero di residenti nella sezione, estratti dall'ultimo censimento ISTAT, allora il numero di residenti assegnati all'edificio è $N_{ed} = N \cdot V_{ed} / V$.
Dopo aver prodotto la stima dell'entità della popolazione residente per edificio residenziale, esso è stato classificato, mediante un opportuno processo di taratura, nella

phenomenon; the longer this period is the most intense is the heat wave phenomenon. In order to determine a hazard it is necessary to establish for how many consecutive days each of the previously described parameters exceeds a specified threshold. For each of the four parameters it was therefore defined a hazard characteristic setting a threshold value for the parameter and a minimum number of consecutive days in which the measure of it must be greater than the threshold. When all the four parameters exceed their threshold value for a number of consecutive days greater than the prefixed one, we obtain a heat wave phenomenon. In next table are shown the four hazard characteristics, the correspondent thresholds and the minimum number of consecutive days in which this value is reached or exceeded

To obtain estimates of future hazard scenarios of heat waves were considered simulations of the performance of the characteristics based on estimates of the impacts caused by climate change on the minimum and maximum temperatures and on the relative humidity with daily projections up to 2100. As regards the surface temperature gradient, since the area of study concerns an urban context, it is reasonably assumed that over time there are no mutations to the type and use of the soils, for which it is considered that the distribution of the surface temperature gradient in the area of study during a heat wave does not vary over time.

The projections over time of maximum and minimum daily temperatures and relative humidity were obtained from the results of a search entrusted to the Euro-Mediterranean Centre on Climate Change (CMCC) (see, Bucchignani et al., 2015, Zollo et al. 2015), in which two of the four scenarios selected by 'the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (see IPCC 2013, IPCC were considered 2014) on the trend until 2100 of greenhouse gas emissions and concentrations (GHG):

- the RCP 4.5 model in which there is a stabilization of emissions;

- the RCP 8.5 model in which a steady increase in emissions is expected until 2100.

In the figure is schematically shown the model that has been developed to the calculus of the hazard scenario produced by a heat wave (D'Ambrosio e Di Martino, 2016).

Projections were obtained from daily measurements of maximum temperature, minimum temperature and relative humidity available from Naples Hydrographic Service (T_{max}, T_{min} and P) and Naples Capodichino stations for the period 1971-2000.

The distribution of the surface temperature gradient on the area of study was obtained through the acquisition in day and night hours of the surface temperature maps starting from shooting from the satellite Landsat 8 in July-19-2015 during a heat wave and applying specific spatial analysis processes.

The hazard scenario was obtained by using spatial analysis processes from the distribution of the characteristics in the area of study. The distribution of the three climatic

scala di valori normalizzata usata per tutti gli indicatori.

Calcolo degli scenari di hazard

Per l'estrazione delle caratteristiche che determinano uno scenario di *hazard* prodotto da un fenomeno di ondata di calore sono stati considerati i seguenti parametri climatici giornalieri:

- temperatura massima giornaliera;
- temperatura minima giornaliera;
- indice giornaliero di calore;
- gradiente giornaliero della temperatura superficiale tra giorno e ore notturne.

Per la stima di futuri scenari di *hazard* dell'ondata di calore sono state compiute simulazioni delle prestazioni delle caratteristiche basate su stime degli impatti causati dai cambiamenti climatici sulle temperature minime e massime e sull'umidità relativa con proiezioni giornaliere fino al 2100. Per quanto riguarda il gradiente di temperatura superficiale, poiché l'area di studio fa riferimento a un contesto urbano, è ragionevole supporre che nel tempo non vi siano mutazioni al tipo e all'utilizzo dei suoli, da cui si deduce che la distribuzione del gradiente di temperatura superficiale nell'area di studio durante un'ondata di calore non vari nel tempo.

Il gradiente di temperatura superficiale è un parametro che misura la differenza di temperatura superficiale tra il giorno e le ore notturne. Esso è legato all'assorbimento e alle emissioni termiche del materiale che compone la superficie durante il giorno a seconda della sua capacità termica.

Uno scenario di *hazard* è caratterizzato da un lasso di tempo in cui sul tessuto urbano analizzato insiste il fenomeno dell' ondata di calore; più lungo è questo periodo, più intenso è il fenomeno di ondata di calore.

Per determinare uno scenario di *hazard* è necessario stabilire per quanti giorni consecutivi ognuno dei parametri descritti in precedenza supera una soglia specificata. Per ciascuno dei quattro parametri è stata quindi definita una caratteristica di rischio fissando un valore di soglia per il parametro e un numero minimo di giorni consecutivi in cui la misura del parametro deve essere superiore alla soglia. Quando tutti e quattro i parametri superano i valori di soglia per un numero consecutivo di giorni superiore a quello prestabilito è prodotto un fenomeno di ondata di calore. Nella tabella sono mostrate le quattro caratteristiche considerate, le soglie corrispondenti e il numero di giorni.

Le proiezioni nel tempo delle temperature massime e minime giornaliere e dell'umidità relativa sono state ricavate dai risultati di una ricerca affidata al Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) (cfr. Bucchignani et al., 2015, Zollo et al., 2015), in cui sono stati selezionati due dei quattro scenari individuati dall 'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (cfr. IPCC 2013, IPCC sono stati considerati 2014) sulla tendenza fino al 2100 delle emissioni e delle concentrazioni di gas serra (GHG):

- il modello RCP 4.5 in cui esiste una stabilizzazione delle emissioni;

Hazard characteristic	Parameter	Threshold value	Consecutive days
p1	T_{max}	≥ 30 °C	> 3
p2	T_{min}	≥ 20 °C	> 3
p3	*Heat index*	≥ 32 °C	> 3
p4	Surface temperature gradient Δ_T (°C)	< 10 °C	> 3

Caratteristiche di hazard relative al fenomeno dell'ondata di calore / *Hazard characteristics for the heat wave phenomenon.*

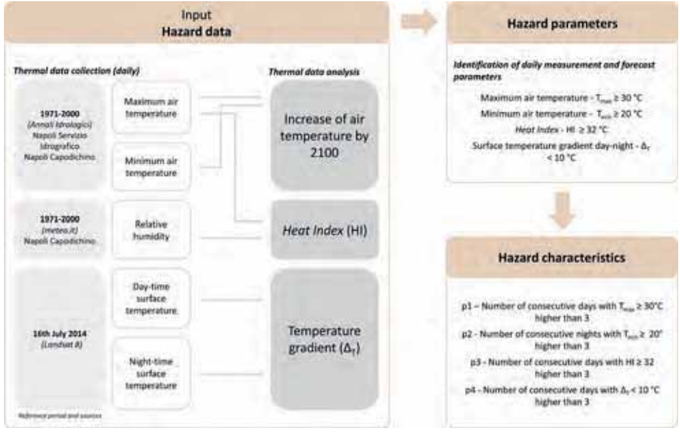
- il modello RCP 8.5 in cui è previsto un aumento costante delle emissioni fino al 2100.

Nella figura è mostrato schematicamente il modello impiegato per la stima dello scenario di *hazard* prodotto da una ondata di calore (D'Ambrosio e Di Martino, 2016).

Le proiezioni sono state ottenute da misurazioni giornaliere di temperatura massima, temperatura minima e umidità relativa disponibili dal Servizio idrografico di Napoli (T_{max}, T_{min} e P) e dalle stazioni di Napoli Capodichino per il periodo 1971-2000.

La distribuzione del gradiente di temperatura superficiale sull'area di studio è stata ottenuta attraverso l'acquisizione nelle ore diurne e notturne delle mappe della temperatura della superficie a partire dalle riprese dal satellite Landsat 8 nel luglio-19-2015 durante un'ondata di calore e applicando opportuni processi di analisi spaziale.

Lo scenario di *hazard* è ottenuto con processi di analisi spaziale dalla distribuzione nell'area di studio delle caratteristiche. La distribuzione dei tre parametri climatici



Modello utilizzato per la stima di uno scenario di hazard prodotto da un'ondata di calore / *The model used to the derivation of a heat wave hazard scenario.*

parameters, max and min temperature and heat index, can be obtained as raster data obtained from the point input data provided by geocoding of the control units. In the tests we used climatic data measured from the weather station of Capodichino, considering the climatic measured values uniform across the area of study.

Calculation of the combined vulnerability

The combined urban system vulnerability indicator was calculated taking into account the exposure, the intrinsic vulnerability of residential buildings and the vulnerability of open spaces next to the building with which the residents interact. Since the three indicators must be assigned to the residential building, the vulnerability of open spaces close to the building is estimated by calculating the weighted average of the vulnerability values of open spaces in an area around the building, considering as a weight the extent of the open space included in that area. It was decided to determine this area as a circular buffer area with a 100 m radius, centered in the building. Over a distance of 100 m from the building, the resident is assumed as not interacting significantly with the open space.

The combined vulnerability indicator was estimated producing a set of rules established by domain experts and properly calibrated. The table shows the rule set used in order to assess the combined vulnerability indicator.The figure shows the combined vulnerability map obtained for the West and East Naples study areas.
As can be seen from this figure, the combined vulnerability in the western area of Naples is overall worse than that estimated in the east area. This result is correlated with the residential buildings intrinsic vulnerability values and with the population estimated in the residential building.
The next two histograms show the percentages of residential buildings with a specific class of combined vulnerability. While in the East area only 5% of residential buildings assigned an integrated upper-middle or high vulnerability, in the West area this percentage is 17%. While the percentages of residential buildings with mean combined vulnerability are corresponding (respectively, 37% and 38%), in the West area only 46% of the residential buildings are assigned to a lower-middle or low combined vulnerability, while this value rises to 56 % for residential buildings in the East area.

Development of impact scenarios

The impact scenario maps were obtained by suitably combining the vulnerability with the heat wave hazard scenarios. This activity was carried out with the help of domain experts in order to extract a properly calibrated rule set on the study area. The table shows the rule set used in order to assess the impact indicator.
Six different impact scenario maps were produced, referring to three different time intervals from today to 2100 for each of the two RCP 4.5 and RCP 8.5 climate models, corresponding respectively to a greenhouse gas emissions scenario that will not change until at 2100, and to a growth in levels of emissions up to 2100. They correspond to the following six climate hazard scenarios:
S01 RCP 4.5 long-term period (2071-2100) - maximum duration 60 consecutive days
S02 RCP 4.5 medium-term period (2041-2070) - maximum duration 31 consecutive days

temperatura massima, temperatura minima e indice di calore può essere ottenuta come informazione raster risultante dai processi di interpolazione spaziale dai dati puntuali di input forniti geo-localizzando le singole unità di controllo. Nella sperimentazione sono stati utilizzati dati climatici misurati dalla stazione meteorologica di Capodichino e si è ipotizzato che i valori climatici misurati siano uniformi in tutta l'area di studio.

Calcolo della vulnerabilità integrata

L'indicatore di vulnerabilità integrata del sistema urbano è stato calcolato prendendo in considerazione l'esposizione, la vulnerabilità intrinseca degli edifici residenziali e la vulnerabilità degli spazi aperti prossimi all'edificio con cui interagisce ciascun residente.
Poiché i tre indicatori devono essere assegnati all'edificio residenziale, la vulnerabilità degli spazi aperti prossimi all'edificio è stimata calcolando la media pesata dei valori di vulnerabilità degli spazi aperti in un'area intorno all'edificio considerando come peso l'estensione dello spazio aperto incluso in quell'area. Si è deciso di determinare quest'area come un'area di circolare *buffer* di 100 metri di raggio centrata sull'edificio. Oltre una distanza di 100 m dall'edificio, ogni residente non interagisce in maniera rilevante con lo spazio aperto.
L'indicatore di vulnerabilità integrata è stato stimato producendo un set di regole desunte da esperti del dominio e opportunamente calibrate. La tabella mostra il rule set utilizzato per la stima dell'indicatore di vulnerabilità integrata.
La vulnerabilità integrata nell'area ovest di Napoli risulta complessivamente peggiore di quella stimata nell'area est. Questo risultato è correlato con i valori di vulnerabilità intrinseca degli edifici e con la popolazione residente nell' edificio stimata.
Dallo sviluppo degli istogrammi si evidenzia come mentre nell'area est solo il 5% degli edifici residenziali ha assegnata una vulnerabilità integrata medio-alta o alta, nell'area ovest questa percentuale è del 17%. Mentre le percentuali di edifici residenziali con classe vulnerabilità integrata media sono corrispondenti (rispettivamente, 37% e 38%), nell'area ovest solo al 46% degli edifici residenziali è assegnata una vulnerabilità integrata medio-bassa o bassa, mentre tale valore sale al 56% per gli edifici residenziali nell'area est.

RULE SET FOR ASSESSING THE COMBINED HEAT WAVE VULNERABILITY

Residential Buildings Vulnerability	Neighboring Open Spaces Vulnerability	Exposure	Combined vulnerability
<3	<3	<3	1
<3	≥3	<3	2
<3	<3	≥3	2
<3	≥3	≥3	3
≥3	<3	<3	3
>3	≥3	<3	3
3	≥3	<3	3
3	<3	≥3	3
>3	<3	≥3	4
3	≥3	≥3	4
>3	≥3	≥3	5

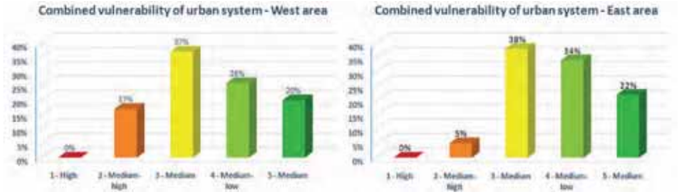
Rule set utilizzato per la stima della vulnerabilità integrate del sistema urbano all'ondata di calore / *Rule set used for assessing the combined heat wave vulnerability.*

Carta della vulnerabilità integrata all'ondata di calore a Napoli ovest e Napoli est / *Combined heat wave vulnerability maps in the West and East areas of Naples.*

Produzione degli scenari di impatto

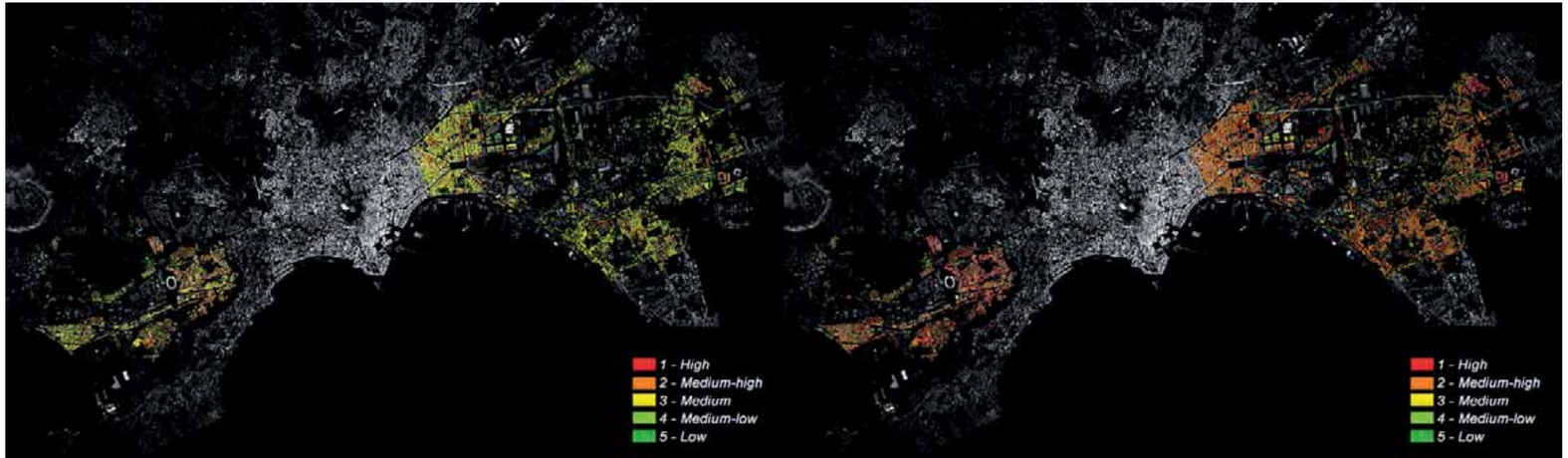
Le carte di scenario di impatto sono state ottenute combinando opportunamente la vulnerabilità con gli scenari di *hazard* climatico all'ondata di calore. Questa attività è stata effettuata con l'ausilio di esperti del dominio al fine di estrarre un *rule set* opportunamente calibrato sull'area di studio.
Successivamente sono state prodotte sei diverse carte di scenario di impatto che fanno riferimento a tre diversi intervalli temporali dal 2018 al 2100 per ognuno dei due modelli climatici RCP 4.5 e RCP 8.5 (van Vuuren et al., 2011; Zollo et al., 2015; Mercogliano et al., 2016), corrispondenti, rispettivamente, a ritmi di emissioni di gas serra che non varieranno fino al 2100 e che subiranno una crescita temporale fino al 2100.
Essi sono corrispondenti ai seguenti sei scenari di *hazard* climatico:
S01 RCP 4.5 a lungo termine (2071-2100) - durata massima 60 giorni consecutivi
S02 RCP 4.5 a medio termine (2041-2070) - durata massima 31 giorni consecutivi

Istogrammi relativi alla percentuale di edifici appartenenti alle classi di vulnerabilità integrata all'ondata di calore nell'area ovest e nell'area est di Napoli / *Histograms of the relative frequencies of residential buildings belonging to the combined heat wave vulnerability classes in the West and East Naples areas.*



S03 RCP 4.5 short-term period (2011-2040) - maximum duration 8 consecutive days
S04 RCP 8.5 long-term period (2071-2100) - maximum duration 93 consecutive days
S05 RCP 8.5 mean-term period (2041-2070) - maximum duration 55 consecutive days
S06 RCP 8.5 short-term period (2011-2040) - maximum duration 10 consecutive days
The results show that already in a medium-term scenario, regardless of the RCP model used, be it 4.5 or 8.5, the impacts become relevant in both study areas.
The two following figures show the impact scenarios in the two study areas, in a short- (S06 RCP 8.5) and medium-term scenario (S02 RCP 4.5).
As shown by the comparison of the two figures, in both areas of study the average impact in the short-term scenario worsens significantly in the medium-term scenario, becoming predominantly high for residential buildings in the west and medium-high for residential buildings in the

S03 RCP 4.5 a breve termine (2011-2040) - durata massima 8 giorni consecutivi
S04 RCP 8.5 a lungo termine (2071-2100) - durata massima 93 giorni consecutivi
S05 RCP 8.5 a medio termine (2041-2070) - durata massima 55 giorni consecutivi
S06 RCP 8.5 a breve termine (2011-2040) - durata massima 10 giorni consecutivi
I risultati mostrano che già in uno scenario a medio termine, indipendentemente dal modello RCP utilizzato, sia esso 4.5 o 8.5, gli impatti diventano rilevanti in entrambe le aree di studio. In entrambe le aree di studio l'impatto medio nello scenario di impatto a breve termine peggiora in maniera consistente già nello scenario a medio termine, diventando in prevalenza alto per gli edifici residenziali nell'area ovest e medio-alto per gli edifici residenziali nell'area est. Questi risultati sono evidenziati dalla comparazione tra gli istogrammi relativi alle frequenze di edifici con un determinato valore di impatto relativi ai 2 scenari.
Mentre nello scenario a breve termine solo al 10% degli edifici nell'area Ovest e al 7% degli edifici nell'area Est è attribuito un impatto medio-alto o alto, negli scenari a medio e termine



S06 - RCP 8.5 scenario di impatto all'ondata di calore a breve termine (2011-2040) aree Napoli ovest e Napoli est / *S06 - RCP 8.5 - short-term period (2011-2040) heat wave impact scenario - West and East areas in Naples.*

Rule set utilizzato per la stima degli impatti all'ondata di calore / *Rule set used for assessing the heat wave impacts.*

RULE SET FOR ASSESSING THE HEAT WAVE IMPACTS		
Hazard	**Combined vulnerability**	**Impact**
<3	<3	1
≥3	<3	2
<3	≥3	= Combined vulnerability - 1
≥3	≥3	= Combined vulnerability

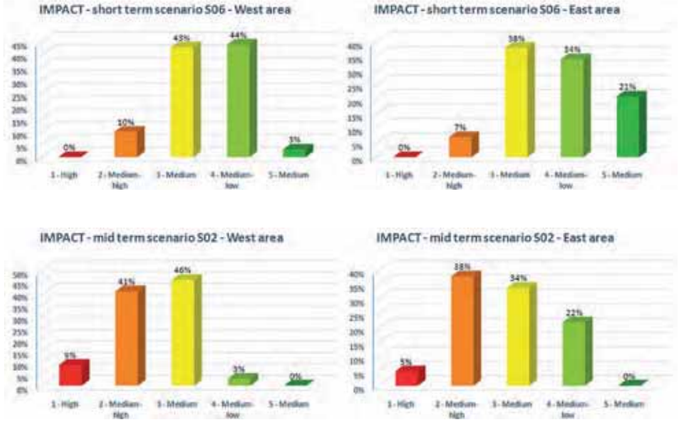
al 51% degli edifici nell'area Ovest e al 43% degli edifici nell'area Est è attribuito un impatto medio-alto o alto, nessun edificio ha un impatto basso e solo al 3% degli edifici nell'area Ovest e al 22% degli edifici nell'area Est è attribuito un valore di impatto medio-alto. Ciò indica che l'impatto del fenomeno dell'ondata di calore sulla popolazione residente diventa significativo a partire dal 2041 indipendentemente da quale dei due modelli climatici RCP sia considerato.

Processo di generazione degli scenari di impatto del pluvial flooding
Le carte di scenario di impatto del fenomeno del *pluvial flooding* ai piani terra degli edifici sono state prodotte sull'area di studio di Napoli est. Così come per il processo di generazione delle carte di scenario di impatto del fenomeno dell'ondata di calore, il processo di generazione delle carte di scenario di impatto è composto dai seguenti passi:
- calcolo del valore Esposizione effettuando una stima della superficie di utilizzo ai piani terra degli edifici;

east area. These results are highlighted by the comparison between the histograms related to the frequencies of buildings with a given impact value shown for the 2 scenarios. Whereas in the short-term scenario only 10% of the buildings in the West area and 7% of the buildings in the East area have a medium-high or high impact, in the medium and long-term scenarios, 51% of the buildings in the West area and 43% of the buildings in the East area show upper-middle or high impact, with no buildings having a low impact and only 3% of the buildings in the West area and 22% of the buildings in the East area with a upper-middle impact value. This indicates that the impact of the heat wave phenomenon on the resident population becomes significant starting from 2041 regardless of which of the two RCP climate models is considered.

Process for generating pluvial flooding impact scenarios
The scenario impact maps of the pluvial flooding phenomenon on the ground floors of the buildings were produced on the study area of East Naples. The process for impact scenario

S02 - RCP 4.5 scenario di impatto all'ondata di calore a medio termine (2041-2070) aree Napoli ovest e Napoli est / *S02 - RCP 4.5 mean-term period (2041-2070) heat wave impact scenario - West and East areas in Naples.*



Istogrammi relativi alla percentuale di edifici appartenenti alle classi di impatto dell'ondata di calore nello scenario S02 a medio termine nell'area ovest e nell'area est di Napoli / *Histograms related to the percentage of buildings belonging to the heat wave impact classes in the short-term S06 scenario in the West and East Naples areas.*

map generation consists of the following steps:
- calculation of the Exposure value by making an estimate of the used area in the ground floors of the buildings;
- calculation of the combined vulnerability indicator taking into account exposure, the intrinsic vulnerability of buildings and the intrinsic vulnerability of the surrounding open spaces;
- calculation of the impact indicator, taking into account the combined vulnerability and the pluvial flooding hazard scenario.

Calculation of the Exposure
The evaluation of the exposed value, corresponding to the area of use on the ground floors, was calculated by considering the number of ground floors per unit area, and finally achieving a weighted average for different building category.
To determine the number of ground floors, a quick check by a visual analysis of the updated aerial photos was carried out, identifying for each building the activities in the ground floors (commercial, production, housing, storage, entrance, basement and other types). The exposure value was extracted by dividing the assessment of the number of activities on the ground floors by the building coverage area. This value was subsequently appropriately classified by means of calibration analysis, using the same classification scale used for the intrinsic vulnerability indicator of buildings and open spaces.

Calculation of the combined vulnerability
The combined vulnerability indicator for the urban system

- calcolo dell'indicatore di vulnerabilità integrata prendendo in considerazione l'esposizione, la vulnerabilità intrinseca degli edifici e la vulnerabilità intrinseca degli spazi aperti circostanti;
- calcolo dell'indicatore di impatto, prendendo in considerazione la vulnerabilità integrata e lo scenario di *hazard* al *pluvial flooding*.

Calcolo dell'Esposizione

La stima dell'entità del valore esposto, corrispondente alla superficie di utilizzo ai piani terra, è stata compiuta calcolando il numero dei piani terra per unità di superficie, realizzando infine una media pesata per diverse categorie di edifici.
Per determinare il numero di piani terra è stata compiuta una verifica di tipo speditivo, mediante analisi visiva da foto aeree aggiornate, delle attività ai piani terra relative alle diverse tipologie d'uso riscontrabili in ogni edificio (commerciale, produttiva, abitativa, deposito, ingresso, presenza di seminterrati e locali di altro tipo). Il valore di esposizione è stato estratto dividendo la stima del numero di attività ai piani terra per la superficie coperta al suolo dell'edificio. Tale valore è stato successivamente opportunamente classificato mediante analisi di taratura, utilizzando la stessa scala di classificazione impiegata per l'indicatore di vulnerabilità intrinseca di edifici e spazi aperti.

Calcolo della vulnerabilità integrata

L'indicatore di vulnerabilità integrata del sistema urbano è stato calcolato prendendo in considerazione l'esposizione, la vulnerabilità intrinseca degli edifici e la vulnerabilità degli spazi aperti circostanti e prossimi all'edificio. Poiché i tre indicatori devono essere assegnati all'edificio, la vulnerabilità degli spazi aperti prossimi all'edificio è stimata calcolando la media pesata dei valori di vulnerabilità degli spazi aperti inclusi in un'estensione circolare di 100 m di raggio intorno all'edificio. La vulnerabilità integrata è stata ottenuta mediante l'ausilio di esperti del dominio e l'impiego di opportuni processi di taratura che hanno permesso di generare un *rule set* per l'attribuzione della classe di vulnerabilità integrata.
La carta di vulnerabilità integrata del sistema urbano al *pluvial flooding*, mostra con chiara evidenza che gli edifici maggiormente vulnerabili sono collocati in una zona centrale prettamente a vocazione industriale. Essi sono edifici prevalentemente industriali con una vulnerabilità intrinseca non trascurabile e un'esposizione elevata, a causa del numero consistente di strutture ai piani terra per unità di superficie.
La vulnerabilità del sistema urbano nell'area di studio è dunque elevata (classi Alta e Medio-alta) per il 22% degli edifici dell'area di studio, mentre è mediamente trascurabile (classi Bassa e Medio-bassa) per il 65%% degli edifici.

Produzione degli scenari di impatto

Le carte di scenario di impatto sono state ottenute combinando opportunamente la vulnerabilità integrata con gli scenari di *hazard* climatico rispetto al *pluvial flooding*.
Poiché l'area di studio non è soggetta a fenomeni significativi di carattere alluvionale, si è operata la scelta di configurare uno scenario di *hazard* correlato alla concentrazione nell'area di studio delle segnalazioni fornite dall'Ufficio della Protezione Civile del comune di Napoli. Questa scelta è basata sulla considerazione che più sono elevate le concentrazioni delle chiamate di segnalazioni nella zona in cui è sito l'edificio e più è vulnerabile l'edificio, maggiori saranno gli impatti di fenomeni di *pluvial flooding* sui piani terra degli edifici.

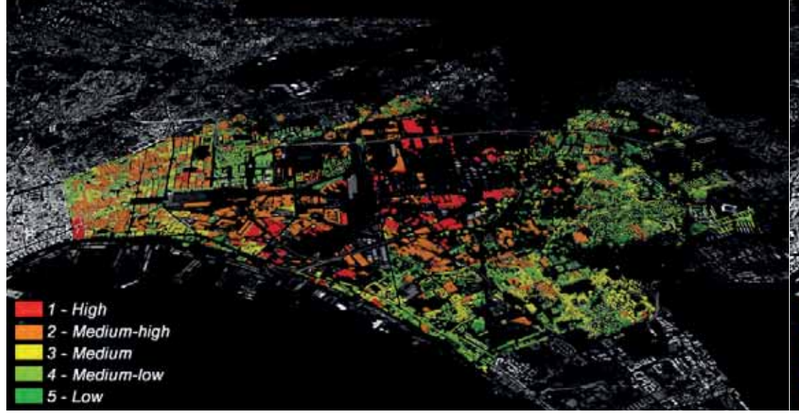
RULE SET FOR ASSESSING THE COMBINED PLUVIAL FLOODING VULNERABILITY			
Buildings Vulnerability	**Neighboring Open Spaces Vulnerability**	**Exposure**	**Combined vulnerability**
<3	<3	<3	1
<3	≥3	<3	2
<3	<3	≥3	2
<3	≥3	≥3	3
≥3	<3	<3	3
>3	≥3	<3	3
3	≥3	<3	3
3	<3	≥3	3
>3	<3	≥3	4
3	≥3	≥3	4
>3	≥3	≥3	5

Rule set per la stima della vulnerabilità integrata del sistema urbano al *pluvial flooding* / *Rule set for the assessment of the complete pluvial flooding vulnerability.*

has been calculated by taking into account the exposure, the intrinsic vulnerability of buildings and the mean intrinsic vulnerability of open spaces surrounding and next to any building. Since the three indicators must be assigned to the building, the vulnerability of open spaces close to the building is estimated by calculating the weighted average of the open space vulnerability values included in a circular extension of 100 m radius around the building. The combined vulnerability was obtained through the help of domain experts and the use of appropriate calibration processes that allowed the generation of a rule set for the attribution of the combined vulnerability class. The rule set is shown in the table.
The combined vulnerability map of the urban system to pluvial flooding, in the following figure, shows clearly that the most vulnerable buildings are located in the purely industrial central area. They are predominantly industrial buildings with intrinsic non-negligible vulnerability and high exposure due to the large number of structures on the ground floors per area unit.
The histogram shows the relative frequencies of buildings belonging to a specific combined vulnerability class. The histogram highlights that the vulnerability of the urban system in the study area is high (high and upper-middle classes) for 22% of the buildings in the study area, while it is negligible (low and medium-low classes) for 65 %% of the buildings.

Development of impact scenarios
The impact scenario maps were obtained by suitably combining the combined vulnerability with the pluvial flooding hazard scenarios. Since the study area is not subject to significant flooding phenomena, the hazard scenario was configured in relation to the concentration on the study area of alarm incidents, provided by the Civil Protection Office of the municipality of Naples. This choice is based on the consideration that the higher is the concentration of alarm incidents in the area in which the building is located and the more vulnerable the building is, the greater the impact of pluvial flooding on the ground floors of buildings will be.

Carta della vulnerabilità integrata al *pluvial flooding* / *Combined pluvial flooding vulnerability map.*

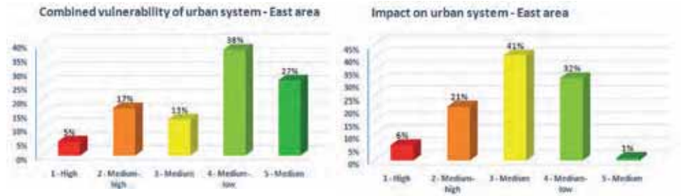


Scenario di impatto del *pluvial flooding* / *Pluvial flooding impact scenario.*

Through the application of geocoding functionality, the alarm incidents were geo-located along the road network in the study area and a kernel density function was subsequently applied to break down the Esat Naples area in zones with different alarm incidents density, indicating the presence of major disruptions. The two figures show, respectively, the impact scenario map obtained and a histogram with the frequencies of buildings by impact class.
The impact scenario map shows a presence of buildings with high impact class especially in the west zone of the study area. This result is mainly due to the very high frequency in this area of alarm incidents. Buildings with predominantly medium-high and medium impact classes are also present in the central part of the study area; they are predominantly industrial buildings

Mediante l'applicazione di funzionalità di geocoding le segnalazioni sono state geolocalizzate lungo la rete stradale nell'area di studio ed è stata successivamente applicata una funzionalità di kernel density per scomporre l'area di Napoli est in zone con differenti densità di segnalazioni di dissesti.
La carta dello scenario di impatto evidenzia edifici con classe di impatto Alta soprattutto nella zona ovest dell'area di studio. Questo risultato è dovuto principalmente alla frequenza molto elevata, in questa zona, di segnalazioni fornite dall'ufficio della Protezione Civile del comune di Napoli. Edifici caratterizzati da classi di impatto prevalentemente Medio-Alta e Media sono presenti anche nella zona centrale dell'area di studio; essi sono prevalentemente edifici industriali con una elevata esposizione.
Lo scenario di impatto, è classificato prevalentemente tra i valori 3 (Media), 4 (Medio-bassa), in misura, rispettivamente del 41% e del 31% degli edifici. É importante evidenziare che il 68% degli edifici a classe di impatto non trascurabile: Alta (6%), Medio-Alta (21%) e Media (41%); essi sono prevalentemente collocati nella zona occidentale e centrale dell'area di studio.

A sinistra istogramma delle frequenze relative di edifici appartenenti alle classi di vulnerabilità integrata al *pluvial flooding*.
A destra istogramma delle frequenze relative di edifici appartenenti alle classi di impatto del pluvial flooding / *On the left histogram of the relative frequencies of residential buildings belonging to the pluvial flooding vulnerability classes. On the right histograms of the relative frequencies of buildings belonging to the pluvial flooding impact classes.*



References

Bucchignani E., Montesarchio M., Zollo A.L., Mercogliano P. (2015), "High-resolution climate simulations with COSMO-CLM over Italy: Performance evaluation and climate projections for the 21st century", *International Journal of Climatology*.
D'Ambrosio, V., Di Martino, F. (2016), "The Metropolis research. Experimental models and decision-making processes for the adaptive environmental design in climate change", *UPLanD - Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, 1, 187-217.
IPCC (2014), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, & L.L. White (Eds.)]. Cambridge and New York: Cambridge University Press (1132 pp.).
Mercogliano P., Rianna G., Zollo N.C. (2016), "Scenari di cambiamento climatico su aree urbane: problematiche di downscaling", in D'Ambrosio V., Leone M.F. (Eds.), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental Design for Climate Change adaptation. 1. Innovative models for the production of knowledge*, Clean, Napoli, pp.208-217.
van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G.C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S.J., Rose, S.K. (2011), "The representative concentration pathways: an preview", *Climatic Change*, vol. 109(1-2), pp. 5-31.
Visconti F. (2016), "Gli elementi tipo-morfologici del sistema urbano: tradizione attualità e futuro", in D'Ambrosio V., Leone M.F. (Eds.), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental Design for Climate Change adaptation. 1. Innovative models for the production of knowledge*, CLEAN, Napoli, pp. 80-91.
Zollo A.L., Rillo V. Bucchignani E., Montesarchio M., Mercogliano P. (2015), "Extreme temperature and precipitation events over Italy: assessment of high resolution simulations with COSMO-CLM and future scenarios", *International Journal of Climatology*, 36 (2): 987-1005.

with a high exposure. The histogram in the figure shows that the impact scenario is mainly classified among the values 3 (Medium), 4 (Medium-low), to an extent, respectively, of 41% and 31% of the buildings. It is important to highlight that 68% of buildings are classified with non-negligible impact classes: High (6%), Medium-High (21%) and Medium (41%); they are predominantly located in the western and central zone of the study area.

Soluzioni di climate-adaptive design per la riduzione degli impatti sul sistema urbano

Cristian Filagrossi Ambrosino, Carmela Apreda

Climate-adaptive design solutions to reduce the impact on the urban system

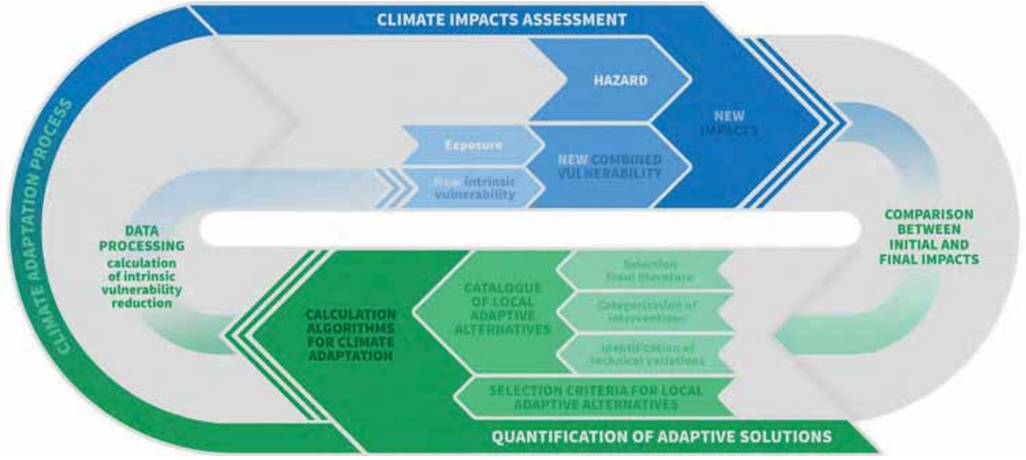
Testing of a process for climate adaptation assessment

A significant part of the METROPOLIS research project concerned the testing of the process for climate adaptation assessment described in the chapter 1, "Adaptation processes in urban areas. Metropolis Platform as a decision support tool". Climate adaptation is assessed through an iterative process, in which vulnerability and impacts are reworked after the potential adjustment of physical and environmental characteristics of the urban system determined by adaptive actions. The outcome of this process is a new impact scenario: the comparison with the previous scenario related to the unmodified urban environment allows identifying the achievable levels of adaptation.
The framework shown below integrates the process developed for assessing impacts that is based on the IPCC approach (IPCC, 2014) (described in "Methodology and hierarchical model for the assessment of the climatic vulnerability of the urban system", p. 46, and "Vulnerability and climate impacts in urban areas: experimental processes", p. 84) with a quantification of climate adaptation of the urban system. According to the international guidelines for adaptation (Spearman and McGray, 2011; EC, 2013a; 2013b; EEA, 2017; Rosenzweig et al., 2018), it may support adaptive design by strengthening the knowledge base and enabling the integration of climate issues into policies and planning tools. This framework allows decision-makers to assess, by means of a catalogue of technical alternatives, the contribution of adaptive design interventions in reducing the vulnerability of the built environment and, therefore, the impacts resulting from a certain hazard scenario. Through spatial analysis processes developed for calculating vulnerability indicators, the new intrinsic vulnerability maps of urban subsystem (Building, Open spaces, Population) are developed and, consequently, the combined vulnerability and impact maps resulting from the interaction of intrinsic vulnerability with exposure and hazard.
The indicator-based model developed for assessing vulnerability of urban system to heat wave and pluvial flooding ("Heat wave and pluvial flooding vulnerability models in urban area", p. 58) is also used in assessing the reduction of impacts through adaptation. To each quantitative indicator, which is related to the "Buildings" or "Open spaces" subsystem[1], are linked one or more adaptive technical alternatives that allow to adjust the main physical characteristics adopted for the calculation of vulnerability. In this way, is possible to verify the effectiveness of the alternatives by quantifying the contribution of each of them to the reduction of climate vulnerability of urban system.
The test carried out on the study area of east Naples has allowed to verify the validity of the model with regard to both climate phenomena, controlling the various steps

Sperimentazione del processo per la valutazione dell'adattamento climatico

Una parte rilevante del progetto di ricerca METROPOLIS ha riguardato la sperimentazione del processo di valutazione dell'adattamento climatico descritto nel capitolo 1, "Processi di adattamento in ambito urbano. La Piattaforma METROPOLIS come strumento di supporto alle decisioni" (p. 32). L'adattamento climatico è stimato mediante un processo iterativo, in cui la vulnerabilità e gli impatti sono rielaborati in seguito alla possibile variazione delle caratteristiche fisiche e ambientali del sistema urbano determinata dalle azioni adattive. Il risultato di questo processo è un nuovo scenario di impatto: il confronto con lo scenario precedente relativo al tessuto urbano non modificato consente di individuare i livelli di adattamento perseguibili.
Il framework illustrato nella figura seguente integra il processo sperimentato per la valutazione degli impatti (descritto nei paragrafi "Metodologia e modello gerarchico per la valutazione della vulnerabilità climatica del sistema urbano", p. 46, e "Vulnerabilità e impatti climatici nei tessuti urbani: processi sperimentali", p. 84) elaborato a partire dall'approccio proposto dall'IPCC (IPCC, 2014) con la quantificazione dell'adattamento climatico del sistema urbano. In linea con gli indirizzi internazionali in materia di adattamento (Spearman e McGray, 2011; EC, 2013a; 2013b; EEA, 2017; Rosenzweig et al., 2018), esso può supportare il progetto adattivo rafforzando la conoscenza di base e consentendo l'integrazione delle questioni climatiche nelle politiche e negli strumenti di pianificazione territoriale. Tale framework permette ai *decision-makers* di valutare, attraverso l'utilizzo di un catalogo di alternative tecniche, il contributo degli interventi di *adaptive design* alla riduzione della vulnerabilità del costruito e, quindi, alla riduzione degli impatti generati da uno specifico scenario di *hazard*. Con l'utilizzo dei processi di analisi spaziale messi a punto per il calcolo degli indicatori di vulnerabilità, sono state rielaborate le nuove carte di vulnerabilità intrinseca dei sottosistemi urbani (Edifici, Spazi aperti, Popolazione) e, di conseguenza, le carte di vulnerabilità integrata e di impatto determinate dall'interazione della vulnerabilità intrinseca con i fattori di esposizione e *hazard*.
Il modello *indicator-based* per la valutazione della vulnerabilità del sistema urbano ai fenomeni di *heat wave* e *pluvial flooding* (descritto nel paragrafo "Modelli di vulnerabilità ai fenomeni di *heat wave* e *pluvial flooding* in ambito urbano", p. 58) è, quindi, riutilizzato nella valutazione della riduzione degli impatti mediante azioni di adattamento.
. A ciascun indicatore quantitativo, correlato al sottosistema "Edifici" o "Spazi aperti"[1] , sono associate una o più alternative tecniche adattive in grado di modificare le principali caratteristiche fisiche utilizzate per il calcolo della vulnerabilità del costruito. In tal modo è possibile verificare l'efficacia delle alternative quantificando il contributo offerto da ciascuna di esse alla riduzione della vulnerabilità climatica del sistema urbano.
La sperimentazione condotta sull'area studio di Napoli est e ovest ha consentito di verificare la validità del modello in relazione ad entrambi i fenomeni climatici, controllando le varie fasi e ricalibrando i processi di calcolo in corso d'opera al fine di migliorarne sia l'eseguibilità da parte dell'operatore che l'applicabilità in contesti diversificati. A tale scopo, le alternative tecniche adottate, selezionate a partire dalla letteratura scientifica (manuali, linee guida, *best practices*) secondo i criteri di adattività, replicabilità, diffusione e multifunzionalità, sono state classificate tramite l'individuazione di categorie di intervento e adeguate localmente attraverso la definizione di opportune variabili tecniche. Ciascuna alternativa incide sulla modifica di una specifica caratteristica fisica già considerata nel calcolo della vulnerabilità intrinseca di edifici e spazi aperti. Di conseguenza, l'associazione di ogni singola alternativa ad uno o più indicatori ha consentito il ricalcolo degli stessi in relazione al contributo adattivo offerto mediante l'individuazione di opportuni algoritmi. Tale ricalcolo è stato eseguito sulla base di alcune considerazioni relative al contesto locale. Così come esposto in seguito, l'attribuzione delle alternative a ciascun elemento "edificio" o "spazio aperto" è avvenuta considerando il

Framework per la valutazione degli impatti climatici e dell'adattamento adottato nel progetto di ricerca Metropolis / *Framework for the assessment of climate impacts and adaptation adopted in the Metropolis research project.*

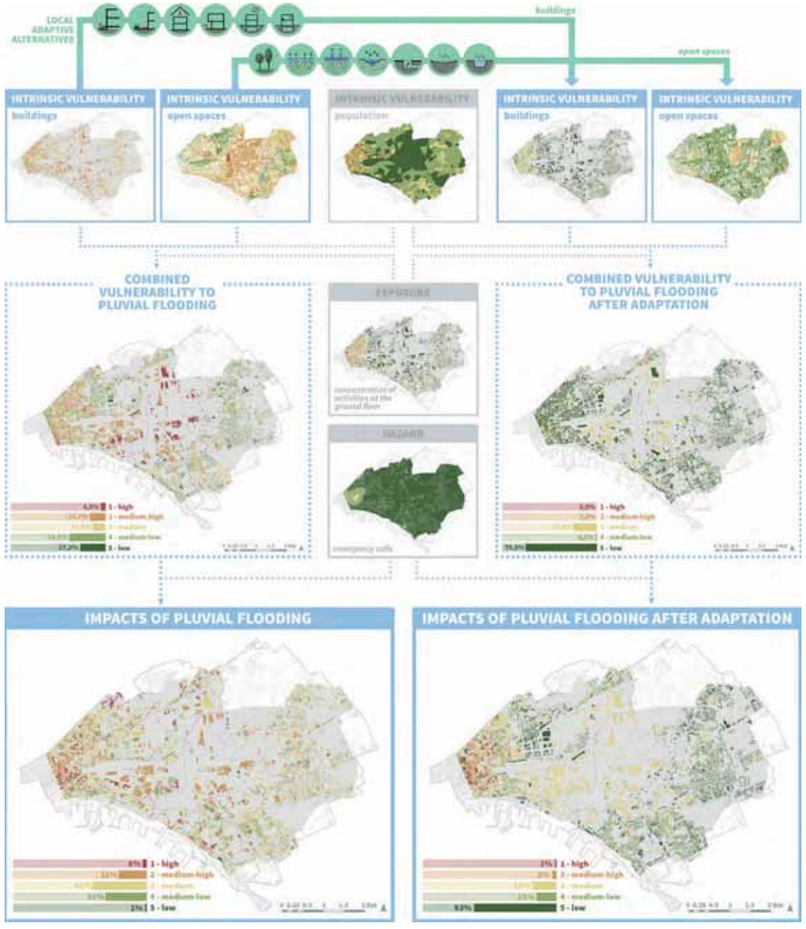


and adjusting the calculation processes in progress, in order to improve both the execution by the operator and the feasibility in different contexts. To this end, the technical alternatives adopted which were selected from scientific literature (handbooks, guidelines, best practices) according to adaptivity, replicability, diffusion and multifunctionality criteria, are classified through the identification of categories of intervention and locally adjusted with the definition of suitable technical variables. Each alternative affects the modification of a specific physical characteristic that was already included in the calculation of intrinsic vulnerability of buildings and open spaces. Thus, the association of each alternatives to one or more indicators has allowed their recalculation in relation to the adaptive contribution provided using appropriate algorithms. This recalculation has been carried out on the basis of some considerations about local context. As explained below, the attribution of alternatives to each "building" or "open space" element is based on the starting level of intrinsic vulnerability and on the presence of normative, technical and historical-cultural restrictions, maximizing the reduction of vulnerability and minimizing the number of alternatives implemented. Through these selection criteria, it has been possible to identify the set of alternatives to be applied to each element of the built environment, allowing the calculation of the new intrinsic vulnerability of "Buildings" and "Open spaces" subsystems. These new values, jointly with the exposure values, have been used for the recalculation of combined vulnerability of urban system.
The calculation process briefly described above has been carried out for both phenomena of heat wave and pluvial flooding: as an example, in the following figure are shown the maps produced after the application of the pluvial flooding model and the adaptive technical alternatives adopted.
The comparison of the maps reveals a significant contribution of adaptive solutions to the reduction of urban vulnerability to pluvial flooding: although much

livello di vulnerabilità intrinseca di partenza e la presenza di eventuali vincoli normativi, tecnici e storico-culturali, cercando di massimizzare la riduzione di vulnerabilità e minimizzare il numero di alternative applicate. Tramite tali criteri di selezione è stato possibile individuare il set di alternative da applicare a ciascun elemento del sistema costruito, consentendo il calcolo della nuova vulnerabilità intrinseca dei sottosistemi "Edifici" e "Spazi aperti". I nuovi valori, congiuntamente ai valori di esposizione, sono stati adoperati per il ricalcolo della vulnerabilità integrata del sistema urbano.
Il processo di calcolo brevemente descritto è stato eseguito sia per il fenomeno di *heat wave* che di *pluvial flooding*: a titolo esemplificativo, nella figura seguente si riportano le mappe risultanti dall'applicazione del modello per il fenomeno *pluvial flooding* e le alternative tecniche adattive adottate. Dal confronto delle mappe emerge un rilevante contributo offerto dalle soluzioni adattive alla riduzione della vulnerabilità del sistema urbano al *pluvial flooding*: sebbene buona parte delle alternative previste non siano applicabili in maniera diffusa a causa delle condizioni di contesto (realizzazione tetti e superfici verdi, corpi d'acqua e pavimentazioni permeabili), tutti gli edifici in classe di vulnerabilità intrinseca alta e medio-alta subiscono una consistente riduzione. In seguito all'applicazione delle soluzioni adattive nessun edificio presenta vulnerabilità alta e solo uno rientra in classe medio-alta (9% media; 16% medio-bassa; 75% bassa). Parallelamente, anche la vulnerabilità degli spazi aperti si riduce notevolmente, con più del 75% degli spazi in classe medio-bassa o bassa e nessuno in classe alta. Tutto ciò ha effetti notevoli sul ricalcolo della vulnerabilità integrata (eseguito considerando il valore esposto costituito dalle unità occupate poste ai piani terra degli edifici): la totalità degli edifici in classe alta e medio-alta subisce una riduzione di vulnerabilità, con il 24% degli edifici totali in classe media e più del 75% in classe bassa.
In generale, l'intervento sugli spazi aperti rappresenta il contributo principale alla riduzione della vulnerabilità, necessario per incrementare il livello di sicurezza e vivibilità degli spazi *indoor* e *outdoor*. La sperimentazione ha evidenziato inoltre una differente attitudine delle varie parti di città ad accogliere interventi di trasformazione e rigenerazione urbana con finalità adattive ai fenomeni di flooding. Ad esempio, la riconfigurazione e l'elevazione della quota di calpestio dei piani terra degli edifici sono alternative adottabili nella quasi totalità dei casi, mentre la realizzazione di tetti giardino è applicabile su un numero esiguo di edifici con copertura piana. Le soluzioni previste per gli spazi aperti, come pavimentazioni permeabili, superfici verdi e corpi d'acqua, possono essere applicate prevalentemente nelle aree esterne di pertinenza degli edifici residenziali o industriali ubicate nella parte sviluppatasi più di recente (dai primi del '900 in poi) e contrapposta al centro storico, dove i vincoli normativi e storico-culturali impediscono l'applicazione di numerose soluzioni tecniche. Al contrario, l'intervento relativo alla manutenzione periodica delle caditoie è attuabile su tutte le aree stradali, gli slarghi e le piazze interessate dall'attraversamento sotterraneo di reti fognarie.
Il confronto tra i due scenari di impatto mostra una grande efficacia delle soluzioni adattive applicate nell'area industriale, in cui la maggioranza degli edifici rientra in classe di impatto medio, soprattutto grazie alla riconfigurazione dei piani terra e

nella pagina accanto / next page

Impatti del *pluvial flooding* sul sistema urbano prima e dopo l'applicazione delle soluzioni adattive / *Impacts of pluvial flooding on the urban system before and after the implementation of adaptive solutions.*



of the alternatives are not widely applicable due to the local conditions (construction of green roofs and surfaces, water bodies and permeable pavements), all the buildings with high and medium-high level of intrinsic vulnerability have a considerable reduction. After the implementation of adaptive solutions, there are no buildings with high vulnerability and only one has a medium-high level of intrinsic vulnerability (9% medium; 16% medium-low; 75% low). Simultaneously, also the vulnerability of open spaces is considerably reduced, with more than 75% of spaces in medium-low or low class and no one in the high class. This has significant effects on the recalculation of combined vulnerability (that take into account the exposed value consisting of the building units located on the ground floors): all the buildings with high and medium-high level of vulnerability have a reduction, with 24% of the total buildings in medium class and more than 75% of buildings with a low combined vulnerability.
Generally, the intervention in the open spaces is the main contribution to the reduction of vulnerability, which is required to increase the level of security and liveability of indoor and open spaces. The test highlights also a different predisposition of various urban areas to accommodate interventions of urban transformation and regeneration for flooding adaptation. For example, the reconfiguration and elevation of the ground floors of buildings can be adopted in almost all cases, while the construction of green roofs is possible on a small number of buildings with flat roof. The options considered for open spaces, such as permeable pavements, green surfaces and water bodies, can be applied mainly in the external areas of residential and industrial buildings situated in the more recent part of town (developed from the beginning of the 20th century) and opposed to the historical centre in which normative, historical and cultural restrictions prevent the implementation of many technical solutions. Conversely, the regular maintenance of inlets can be implemented on all street areas, open spaces and squares with the underground storm drainage system.
The comparison between two impact scenarios shows a great effectiveness of adaptive solutions applied in the industrial area, with most of the buildings with a medium level of impact thanks to the reconfiguration of the ground floors and the implementation of rainwater storage and reuse systems. In the historical centre, however, the conditions remain critical due to current rules and restrictions that prevent the intervention in that area and in particular in the open spaces.
These results underline the relevance of a study carried out at local level and based on detailed data: in this way, critical conditions can be exactly detected, identifying the areas with priority of intervention and strategically planning the actions. To this end, the development of calculation algorithms and the identification of selection criteria are the key activities of the process of quantification of adaptive measures, which allow to locally adjust the technical alternatives to be applied on each building or open space and to verify their related contribution. Furthermore, this process allows for the monitoring over time of potential variations: when some characteristics change (physical, environmental, etc.), is possible to update the data and recalculate the indicators and/or the technical alternatives, verifying the worsening or improvement of local conditions.

all'implementazione di impianti di raccolta e riuso delle acque meteoriche. Nel tessuto storico, invece, permangono condizioni di criticità dovute prevalentemente al regime vincolistico vigente che non consente l'intervento diffuso nell'area e in particolare negli spazi aperti.
I risultati ottenuti evidenziano l'importanza di condurre uno studio a scala locale fondato su dati dettagliati: in tal modo è possibile individuare puntualmente le criticità, localizzando le aree su cui intervenire in via prioritaria e programmando strategicamente gli interventi. A tale scopo, lo sviluppo di algoritmi di calcolo e la definizione di criteri di selezione rappresentano le attività chiave del processo di quantificazione delle misure di adattamento, consentendo di regolare localmente le alternative tecniche da applicare su ciascun edificio o spazio aperto e verificarne il relativo contributo. Inoltre, tale processo consente di monitorare nel tempo eventuali cambiamenti: al variare di alcune caratteristiche (fisiche, ambientali, etc.) è possibile aggiornare i dati e procedere con il ricalcolo degli indicatori e/o delle alternative tecniche, verificando il peggioramento o il miglioramento delle condizioni locali.

Modalità di calcolo e applicabilità di set di soluzioni tecniche per l'adattamento climatico

Allo scopo di testare l'applicazione delle alternative tecniche contenute nel catalogo sviluppato nell'ambito del progetto Metropolis e validare il loro contributo in termini di riduzione della vulnerabilità, è stata effettuata una sperimentazione applicativa in ambito urbano, individuando come caso studio l'area di Napoli est.
La sperimentazione è consistita nell'individuare, per gli edifici e gli spazi aperti definiti per il caso studio, il set di soluzioni, ossia la combinazione di una o più alternative appartenenti a classi tecniche differenti, in grado di apportare i maggiori benefici in termini di riduzione della vulnerabilità intrinseca, e successivamente di quella integrata e quindi degli impatti, ai fenomeni di *heat wave* e *pluvial flooding*.
La prima fase ha previsto la valutazione dell'incidenza di ciascuna alternativa tecnica sul *core set* di indicatori in funzione del contesto di riferimento, connotato da caratteristiche peculiari del tessuto edilizio e urbano. È stato dunque necessario elaborare una serie di algoritmi che, in funzione delle possibili variabili prese in considerazione, nonché dei dati peculiari relativi al contesto di riferimento (come ad esempio la tecnica costruttiva, la tipologia di aggregato urbano, i valori iniziali di ciascun indicatore di vulnerabilità, etc.), fossero in grado di restituire la modificazione che ciascuna combinazione di soluzione-variabile tecnica-contesto genera sui valori dei singoli indicatori di vulnerabilità sollecitati. Gli algoritmi sono stati elaborati attraverso l'utilizzo di dati provenienti da fonti di diversa natura: informazioni tratte dalla letteratura scientifica, simulazioni e calcoli con software dedicati (ad esempio PAN 6.0 per i valori di sfasamento e attenuazione, Autodesk Ecotect Analisys 2011 per i valori di soleggiamento dell'involucro e di SVF, ENVI_MET 3.1 per i valori di NDVI, etc.), simulazioni progettuali (ad esempio per l'aumento o l'incremento di volume, per l'incidenza dell'uso dei piani terra, etc.).
La fase di conoscenza degli ambiti di studio ha permesso di raccogliere le informazioni necessarie allo svolgimento delle simulazioni software sulle condizioni ambientali e microclimatiche, in modo che queste risultassero maggiormente rispondenti alle condizioni reali. Dati climatici e microclimatici, dati geometrici degli edifici, la presenza di vegetazione e le tipologie di materiali dello spazio aperto urbano costituiscono il bagaglio di informazioni necessarie affinché i software siano in grado di restituire dati affidabili.
La complementarietà dei software scelti (in particolare ENVI_MET ed Ecotect), ha suggerito lo sviluppo di una metodologia operativa in grado di esplicitare e verificare la definizione delle criticità dello spazio urbano costruito attraverso i seguenti passaggi:

- la modellazione tridimensionale dell'area di studio (edifici, pavimentazioni, vegetazione, etc.);
- la configurazione dei software (dati climatici, caratteristiche dell'edificato, etc.);
- l'esecuzione delle simulazioni (stato attuale e previsionale);
- l'estrazione e l'interpretazione dei risultati.

Lo sviluppo del processo operativo ha permesso di organizzare le fasi delle simulazioni e di ottenere risultati confrontabili fra le aree di studio, i quali sono stati poi utilizzati per la fase di valutazione della riduzione di vulnerabilità intrinseca dei due sottosistemi fisici considerati.
A titolo di esempio si riporta l'elaborazione degli algoritmi per il calcolo della valutazione dell'incidenza delle alternative tecniche su alcuni indicatori.

Soleggiamento Involucro (hillshade)

Target: *Heat wave*
Sottosistema: Edifici
L'incidenza delle alternative tecniche considerate sull'indicatore è stata calcolata simulando, mediante l'impiego del software Autodesk Ecotect Analysis 2011, l'applicazione di ciascuna alternativa sugli edifici del campione rappresentativo e ricavando un valore medio percentuale di riduzione della radiazione solare incidente, in base ai dati climatici del luogo.
Il valore dell'indicatore "Soleggiamento involucro" viene generato attraverso il calcolo di una media pesata tra le due tipologie di chiusura (facciata e copertura) in base alle indicazioni riportate in tabella.
Pertanto l'incidenza delle alternative tecniche sull'indicatore è stata calcolata elaborando un algoritmo basato sulla media ponderata tra i nuovi valori di *hillshade* per facciate (calcolato con una media ponderata tra elementi opachi e trasparenti) e copertura, a seguito dell'applicazione delle alternative, e il loro relativo peso definito della combinazione tra altezza e fattore di forma:

$$HS_n=(HS_{nf} \times P_f)+ (HS_{nc} \times P_c)$$

Calculation methods and applicabiliy of sets of technical solutions for climate adaptation

In order to test the application of the technical alternatives, and especially their contribution in terms of vulnerability reduction, an application testing was carried out, identifying as a case study the area of East Naples.
The experimentation consisted in identifying, for buildings and external spaces identified in the case study, the set of solutions, meant as the combination of one or more alternatives belonging to different technical classes , able to deliver significant benefits in terms of intrinsic vulnerability, and subsequently integrated vulnerability reduction, and hence of impacts, for the Heat wave and Pluvial flooding phenomena.
The first phase provided the assessment of the incidence of each technical alternative on the core set of indicators according to the reference context, characterized by specific characteristics of the building and urban fabric. It was therefore necessary to develop a series of algorithms that, depending on the possible variables taken into account, as well as the peculiar data relating to the reference context (such as the construction technique, the urban aggregate typology, the initial values of each vulnerability indicator, etc.), are able to return the modification that each combination of technical alternative-context-design variable generates on the values of the vulnerability indicator. Algorithms have been elaborated using data from sources of different nature: information from scientific literature, simulations and calculations with dedicated software (eg PAN 6.0 for phase shift and attenuation values, Autodesk Ecotect Analisys 2011 for shading values and Sky View Factor - SVF, ENVI_MET 3.1 Beta 5 for NDVI values, etc.), design simulations (for example, increase or increase in volume, incidence of use of floor plans, etc).
The knowledge phase of the environment study has allowed to gather the information needed to carry out software simulations on environmental and microclimatic conditions, so that they are more responsive to the actual conditions. Climatic and microclimatic data, geometric data of buildings, vegetation presence, and types of outdoor space surface materials provide the nformation necessary for the software to be able to return reliable data.
The complementarity of the chosen software (in particular Envi-MET and Ecotect) has suggested the development of an operational methodology that can spell out and assess the

Pesi attribuiti alle facciate e alle coperture in rapporto alla combinazione tra altezza e fattore di forma / *Weights attributed to facades and roofs in relation to the combination of height and form factor.*

WEIGHTS ATTRIBUTED TO FACADES AND ROOFS IN RELATION TO THE COMBINATION OF HEIGHT AND FORM FACTOR			
HEIGHT (m)	FORM FACTOR	FACADE WEIGHT	ROOF WEIGHT
< 6	>0,4	0,5	0,5
≥ 6 e ≤ 12	>0,4	0,7	0,3
≥ 12	>0,4	1	0
< 6	≤ 0,4	0,6	0,4
≥ 6 e ≤ 12	≤ 0,4	0,8	0,2
≥ 12	≤ 0,4	1	0

criticality of urban space built through the following steps:
- 3D modeling of the study area (buildings, floors, vegetation, etc.)
- software configuration (climatic data, features of the building, etc.)
- execution of simulations (current and predicted state)
- extraction and interpretation of results
The development of the operating process allowed to organize the simulation phases and to obtain comparable results among the study areas, which were then used for the evaluation of the intrinsic vulnerability reduction of the two physical subsystems considered.
In the following pages, as example the description of algorithms for calculating the impact of technical alternatives on some indicators is shown.

Building Envelope Hillshade
Target: Heat wave
Subsystem: Buildings
The impact of the technical alternatives on the indicator has been calculated by simulating, using the Autodesk Ecotect Analysis 2011 software, the application of each alternative on the representative sample buildings and obtaining an average percentage reduction in the incident solar radiation, based on local climatic data.
The value of the indicator is generated by calculating a weighted average between the two types of closure (facade and roof) according to the table.

Therefore, the impact of the technical alternatives on the indicator has been calculated by computing an algorithm based on the weighted average of new façade shade values (calculated by a weighted average of opaque and transparent elements) and roof, and their relative weight of the combination of height and shape factor:

$$HS_n=(HS_{af} \times P_f)+(HS_{nc} \times P_c)$$

where
HS_n = New global hillshade value after applying the solution
HS_{af} = New facade hillshade value after applying the solution
P_f= Weight of facades based on height and shape factor
HS_{nc} = New hillshade value for roof after applying the solution

dove
HS_n = Nuovo valore globale di *hillshade* dopo aver applicato la soluzione
HS_{af} = Nuovo valore di *hillshade* relativo alle facciate dopo aver applicato la soluzione
P_f= Peso delle facciate in base ad altezza e fattore di forma
HS_{nc} = Nuovo valore di *hillshade* relativo alle coperture dopo aver applicato la soluzione
P_c= Peso delle coperture in base ad altezza e fattore di forma

Sfasamento e Attenuazione
Target: *Heat wave*
Sottosistema: Edifici
Per il calcolo dei nuovi valori di sfasamento e attenuazione, si è proceduto alla simulazione, attraverso l'utilizzo del software PAN 6.0, dei pacchetti costituenti l'involucro edilizio (opaco, verticale e orizzontale), partendo dalle stratigrafie dei campioni rappresentativi per ciascuna tecnica costruttiva, e applicando ad esse, per ogni soluzione che determina degli effetti sui due indicatori, tutte le combinazioni possibili tra tecnica costruttiva e variabili tecniche considerate.
A titolo di esempio si riporta in tabella la sintesi di tutti i nuovi valori degli indicatori per l'alternativa tecnica "Isolamento a cappotto", per la quale le variabili tecniche considerate sono state:
- materiale dell'isolante (fibra di legno, lana di roccia, EPS);
- spessore dell'isolante (4, 6, 8, 10 cm).

Dal momento che il valore finale degli indicatori di sfasamento ed attenuazione viene generato attraverso il calcolo di una media pesata tra le due tipologie di chiusura (facciata e copertura) in base ai pesi attribuiti a ciascuna di esse, è stato elaborato un algoritmo che, in base all'elemento di applicazione dell'alternativa tecnica (ossia facciata o copertura) e alla combinazione tra altezza e fattore di forma dell'edificio, effettua una media pesata restituendo il valore finale dell'indicatore.
L'algoritmo tiene conto anche della possibilità dell'applicazione simultanea di più soluzioni che agiscono sia in facciata che in copertura e dunque elabora una media pesata considerando contemporaneamente valori diversi di sfasamento ed attenuazione per le due tipologie di chiusura.

Nuovi valori degli indicatori Sfasamento ed Attenuazione per la soluzione "Isolamento a cappotto" in base alla tecnica costruttiva e alle variabili tecniche / *New values of thermal lag and attenuation indicators for the tewchnical alternative "External thermal insulation" based on the construction technique and the technical variables.*

NEW VALUES OF THERMAL LAG AND ATTENUATION INDICATORS FOR THE TECHNICAL ALTERNATIVE "EXTERNAL THERMAL INSULATION" BASED ON THE CONSTRUCTION TECHNIQUE AND THE TECHNICAL VARIABLES										
INSULATING MATERIAL AND ITS THICKNESS	CONSTRUCTION TECHNIQUE									
	Tufa masonry		Concrete frame - tufa		Concrete frame - bricks		Prefab concrete panels		Steel frame – prefab concrete panels	
	Sf (h)	Fa	Sf (h)	Fa	Sf (h)	Fa	Sf (h)	Fa	Sf (h)	Fa
Wood Fiber Insulation, th. 4 cm	Not applicable		Not applicable		09:09	0,309	13:01	0,032	13:29	0,019
Wood Fiber Insulation, th. 6 cm	Not applicable		Not applicable		10:06	0,265	13:53	0,024	14:18	0,014
Wood Fiber Insulation, th. 8 cm	Not applicable		Not applicable		11:10	0,230	14:54	0,019	15:19	0,011
Wood Fiber Insulation, th. 10 cm	Not applicable		Not applicable		12:21	0,197	16:03	0,016	16:28	0,009
Rock wool insulation, th. 4 cm	Not applicable		Not applicable		08:44	0,310	12:40	0,030	13:07	0,018
Rock wool insulation, th. 6 cm	Not applicable		Not applicable		09:13	0,278	13:05	0,024	13:29	0,014
Rock wool insulation, th. 8 cm	Not applicable		Not applicable		09:43	0,257	13:33	0,020	13:56	0,012
Rock wool insulation, th. 10 cm	Not applicable		Not applicable		10:17	0,240	14:05	0,018	14:27	0,010
EPS insulation, th. 4 cm	Not applicable		Not applicable		08:38	0,312	12:35	0,030	13:02	0,018
EPS insulation, th. 6 cm	Not applicable		Not applicable		09:01	0,281	12:55	0,024	13:19	0,014
EPS insulation, th. 8 cm	Not applicable		Not applicable		09:25	0,262	13:16	0,021	13:38	0,012
EPS insulation, th. 10 cm	Not applicable		Not applicable		09:50	0,248	13:40	0,018	14:01	0,010

Sky View Factor
Target: *Heat wave*
Sottosistema: Spazi Aperti
L'incidenza delle alternative tecniche sull'indicatore è stata calcolata associando ad ogni combinazione di alternativa-variabile tecnica un valore medio di SVF, desunto da una serie di simulazioni della componente *Sky View Factor* effettuate, attraverso l'utilizzo del software ENVI_MET 3.1 Beta 5, applicando le alternative tecniche considerate in diverse tipologie di spazio aperto, e successivamente elaborando un algoritmo basato sulla media ponderata tra l'estensione superficiale di spazio aperto su cui non interviene la soluzione (e per la quale dunque il valore di SVF rimane immutato) e quella su cui la soluzione viene applicata (e che assume dunque il valore di SVF medio determinato dall'applicazione della soluzione stessa):

$$SVF_n = \frac{(A_{sa} \times SVF_{sam})+(A_s \times SVF_s)}{A_{tot}}$$

dove

SVF_n = Nuovo valore di SVF dopo aver applicato la soluzione
A_{sa} = Superficie dello spazio aperto su cui non interviene la soluzione
SVF_{sam}= Valore medio di SVF dello spazio aperto
A_s = Superficie dello spazio aperto su cui viene applicata la soluzione
SVF_s = Valore medio di SVF della soluzione scelta

P_c= Weight of roof by height and shape factor

Thermal Lag and Attenuation
Target: Heat wave
Subsystem: Buildings
For the calculation of these indicators, the behaviour of the building envelope (vertical and horizontal opaque elements) was simulated, using the PAN 6.0 software, starting from the stratigraphies of representative samples for each constructive technique, and applying to them, for each solution that determines the effects on the two indicators, all the possible combinations between the constructive technique and the technical variables considered.
As an example, below is a summary table of all new values for the technical alternative "Exterior Thermal Insulation", for which the technical variables considered were:
- Insulating material (wood fiber, rock wool, EPS)
- Insulation thickness (4, 6, 8, 10 cm)
Since the final value of these indicators is generated by calculating a weighted average between the two types of closure (facades and roofs) according to the weights assigned to each of them, an algorithm has been developed which, based on the element of application of the technical alternative and the combination of height and form factor of the building, returns the wighted average as final value of the indicator.
The algorithm also takes into account the possibility of application of multiple solutions acting both in the facade and in the roof system and therefore elaborates a weighted average while simultaneously considering different values of thermal lag and attenuation for the two types of external envelope.

Sky View Factor
Target: Heat wave
Subsystem: External Spaces
The incidence of the technical alternatives on the indicator has been calculated by associating to each combination of technical alternatives and design variables a SVF average value, derived from a series of simulations of the Sky View Factor component, using the ENVI_MET 3.1 Beta 5 software, applying the technical alternatives considered in different types of external spaces, and then elaborating an algorithm based on the weighted average between the external space surface on which the solution does not intervene (and therefore the SVF value remains unchanged) and the one on which the solution is applied (and therefore assumes the value of the SVF average determined by the application of the solution itself):

$$SVF_n = \frac{(A_{sa} \times SVF_{asmn}) + (A_s \times SVF_s)}{A_{tot}}$$

where
SVF_n *= New SVF value after applying the solution*
A_{sa} *= Area of external space on which the solution does not intervene*
SVF_{asmn} *= Average SVF value of the external space*
A_s *= Area of the external space on which the solution is applied*
SVF_s *= SVF average value of the solution applied*
A_{tot} *= Total area of the external space*

Soil permeability
Target: Pluvial flooding
Subsystem: External Spaces
The incidence of the technical alternatives on the indicator was calculated by associating, to each combination of technical-variable alternatives, an influw coefficient value derived from the scientific literature[1] and then elaborating an algorithm based on the weighted average between the surface extension of external space on which does not intervene the solution (and therefore the value of the inflow coefficient remains unchanged) and the one on which the solution is applied (and thus assumes the value of the inflow coefficient of the solution):

$$\varphi_n = \frac{(A_{sa} \times \varphi_{msa}) + (A_{sas} \times \varphi_s)}{A_{sat}}$$

where
φ_n *= New inflow coefficient value after applying the solution*
A_{sa} *= Area of external space on which the solution does not intervene*
φ_{ms} *= Average inflow coefficient of the external space*
A_{sas} *= Area of the external space on which the solution is applied*
φ_s *= Average value of inflow coefficient average value of the solution applied*
A_{sat} *= Total area of the external space*

A_{tot} = Area totale dello spazio aperto

Permeabilità dei suoli
Target: *Pluvial Flooding*
Sottosistema: Spazi Aperti
L'incidenza delle alternative tecniche sull'indicatore è stata calcolata associando, ad ogni combinazione di alternativa-variabile tecnica, un valore coefficiente di afflusso tratto dalla letteratura scientifica[2] e successivamente elaborando un algoritmo basato sulla media ponderata tra l'estensione superficiale di spazio aperto su cui non interviene la soluzione (e per la quale dunque il valore del coefficiente di afflusso rimane immutato) e quella su cui la soluzione viene applicata (e che assume dunque il valore del coefficiente di afflusso proprio della soluzione).

$$\varphi_n = \frac{(A_{sa} \times \varphi_{msa}) + (A_{sas} \times \varphi_s)}{A_{sat}}$$

dove
φ_n = Nuovo valore del coefficiente di afflusso dopo aver applicato la soluzione
A_{sa} = Superficie dello spazio aperto su cui non interviene la soluzione
φ_{ms} = Valore medio di albedo dello spazio aperto
A_{sas} = Superficie dello spazio aperto su cui viene applicata la soluzione
φ_s = Valore di albedo della soluzione scelta
A_{sat} = Area totale dello spazio aperto
L'algoritmo tiene conto anche della possibilità che più soluzioni, appartenenti a classi tecniche diverse ma applicate contemporaneamente, siano caratterizzate da valori del coefficiente di afflusso diversi tra loro e dunque elabora una media ponderata considerando n porzioni di superficie con n valori di coefficiente di afflusso differenti.

Definizione dei criteri di selezione dei set di alternative tecniche
La fase immediatamente successiva è stata quella di stabilire alcuni criteri con i quali guidare la scelta del set di soluzioni da applicare a ciascun edificio e spazio aperto.
In questo senso, le strade da poter seguire infatti, sono diverse.
Si potrebbe decidere di applicare una stessa soluzione (o uno stesso set di soluzioni) su tutti gli edifici, e uno stesso set per tutti gli spazi aperti, allo scopo di determinare lo scenario di riduzione massimo ottenibile con quella specifica soluzione (o set di soluzioni) e reiterare, poi, il processo per altre soluzioni (o set di soluzioni), in modo da poter fare un confronto tra diversi scenari.
In alternativa, si potrebbe decidere di porre come criterio guida il raggiungimento della migliore classe di vulnerabilità intrinseca (classe 5) per ciascun edificio e/o spazio aperto, combinando l'utilizzo di tante soluzioni quante ne risultano necessarie per ottenere tale obiettivo.

AVERAGE SKY VIEW FACTOS (SVF) VALUES ATTRIBUTED TO TECNHICAL ALTERNATIVES AND THEIR RELATED VARIABLES THROUGH SIMULATION MADE WITH ENVIMET 3.1 SOFTWARE

TECHNICAL ALTERNATIVE	TECHNICAL VARIABLE	SVF
Fixed shelter	Brick tiles	0,30
	Canadian shingles	0,30
	Green emerald cities cool painting	0,30
	Light grey painting	0,30
Mobile shelter	Light membranes	0,30
	Dark membranes	0,30
Rows of trees	Distance between trees equal to 2 meters	0,15
	Distance between trees equal to 2,5 meters	0,17
	Distance between trees equal to 3 meters	0,20
Green pergolas	-	0,50

Valori di *Sky View Factor* (SVF) medi attribuiti alle alternative tecniche e alle relative variabili attraverso le simulazioni effettuate con il software ENVI_MET 3.1
/ Average Sky View Factor (SVF) values attributed to technical alternatives and their related variables through simulations made with ENVI_MET 3.1 software.

In questo modo sarebbe possibile individuare quei set di soluzioni necessari per determinare la riduzione di vulnerabilità potenziale di edifici e spazi aperti, indipendentemente dalla fattibilità economica o tecnica degli interventi stessi.
Dal momento però che, al di là dell'importanza dei livelli prestazionali che una soluzione offre rispetto ad un'altra, gli aspetti tecnici, normativi, sociali ed economici rappresentano dei limiti reali e, molto spesso invalicabili, nei processi di trasformazione dell'esistente, nella sperimentazione applicativa si è deciso di tenere conto di tali considerazioni nella scelta dei criteri con cui privilegiare l'applicazione di determinate soluzioni rispetto ad altre.
Infatti, non tutte le soluzioni tecniche individuate possono essere applicate in maniera indiscriminata su ciascuno degli edifici o degli spazi aperti del caso studio (dipendenza dal contesto tecnico e normativo specifico). Una stessa soluzione, applicata su edifici o spazi aperti con caratteristiche iniziali diverse, non avrà la stessa incidenza sulla riduzione della vulnerabilità intrinseca (dipendenza dalle caratteristiche iniziali); la stessa riduzione di vulnerabilità, su uno specifico edificio e/o spazio aperto, può essere raggiunta applicando set di soluzioni diversi, che presentano però diversi livelli di fattibilità tecnica ed economica.
Valutate le diverse opzioni, dunque, sono posti come criteri base per la scelta del set di alternative tecniche le seguenti considerazioni:

1 Valutazione delle caratteristiche iniziali dell'edificio/spazio aperto (ossia individuazione degli indicatori e delle classi tecniche su cui agire in maniera prioritaria).

Edifici e spazi aperti, anche se caratterizzati, nello stato di fatto, dallo stesso livello di vulnerabilità intrinseca, presentano tuttavia valori diversi dei singoli indicatori. In questo senso quindi l'applicazione di soluzioni che massimizzano le prestazioni degli indicatori più "deboli" possono determinare un contributo maggiore nella riduzione della vulnerabilità maggiore rispetto ad altre soluzioni.
Inoltre, siccome non tutti gli indicatori hanno lo stesso peso nella determinazione della vulnerabilità intrinseca, scegliere soluzioni che agiscono su quelli caratterizzati da un

The algorithm also takes into account the possibility that multiple solutions, belonging to different technical classes but applied at the same time, are characterized by values of the different inflow coefficient, and therefore elaborate a weighted average considering n surface portions with n different values.

Definition of Selection Criteria for Technical Alternate sets
The next step was to establish some criteria to guide the choice of the set of solutions to be applied to each building and external spaces.
In this sense, the paths that can be followed are, in fact, different.
One might decide to apply the same technical alternative (or set) to all buildings, and the same set for all external spaces, in order to determine the maximum reduction scenarios obtainable with that specific alternative (or set) and then repeat the process for other alternatives (or sets) so that it would be possible to make a comparison between different scenarios.
Another one could be that of deciding to set the best class of intrinsic vulnerability (class 5) for each building and/or external space as a guiding criterion, combining the use of as many technical alternative as needed to achieve this goal. In this way it would be possible to identify those sets needed to determine the potential vulnerability of buildings and external, regardless of the economic or technical feasibility of the interventions themselves.
However, beyond the importance of the performance levels offered by one alternative to another, the technical, regulatory, social and economic aspects represents real and often significant limits in the transformation processes of the existing urban areas, in the application experiment such constraints have been taken into account when selecting the application of certain alternative rather than others.
In fact, not all of the technical alternatives identified can be applied indiscriminately on each of the buildings or external spaces of the case study (depending on the specific technical and regulatory environment); the same solution, applied to buildings or external spaces with different initial

Valori del coefficiente di afflusso attribuiti alle alternative tecniche e alle relative variabili / *Values of the inflow coefficient attributed to the technical alternatives and their variables.*

VALUES OF THE INFLOW COEFFICIENT ATTRIBUTED TO THE TECHNICAL ALTERNATIVES AND THEIR VARIABLES		
TECHNICAL ALTERNATIVE	TECHNICAL VARIABLE	INFLOW COEFFICIENT
Natural aggregates	Rubble	0,30
Cool Pavements	Lava stone basoli	0,70
	Lava stone cubes	0,70
	Plates of recomposed lava stone	0,70
	Dark grey UHPC plates	0,70
	Light grey UHPC plates	0,70
Open joinst pavements	Concrete self-locking blocks	0,70
	Recomposed stone self-locking blocks	0,70
	UHPC self-locking blocks	0,70
Green open joints pavements	Concrete self-locking blocks	0,40
	Recomposed stone self-locking blocks	0,40
	UHPC self-locking blocks	0,40
Porous surfaces	Draining asphalt	0,60
Roof garden (extensive)	-	0,10
Roof garden (intensive)	-	0,10
Green areas	-	0,10
Rows of trees	Distance between trees equal to 2 meters	0,10
	Distance between trees equal to 2,5 meters	0,10
	Distance between trees equal to 3 meters	0,10
Rain garden/Bioswale	-	0,10
Retention basins	-	0,10
Tanks and fountains	-	0,10
Water Squares	Dark grey UHPC plates	0,70
	Light grey UHPC plates	0,70

characteristics, will not have the same effect on reducing intrinsic vulnerability (dependence on initial features); the same vulnerability reduction, on a specific building and/or external space, can be achieved by applying different set of alternatives, however, which have different levels of technical and economic feasibility.
Considering the different options, therefore, it was decided to assume the following considerations as the basis for the choice of the technical alternatives:
1 Evaluation of the initial features of the building/external space (i.e. identification of the indicators and the technical classes to act on as a priority);
Buildings and external spaces, though characterized, in fact, by the same level of intrinsic vulnerability, however, show different values of individual indicators. In this respect, the application of technical alternatives that maximize the performance of the "weaker" indicators can have a greater contribution in reducing vulnerability than other alternatives. In addition, since not all indicators have the same weight in determining intrinsic vulnerability, choosing alternatives that act on those with a higher weight can cause a greater incidence than other.
Lastly, as regards buildings, since, depending on the combination of height and shape factor, different weights have been assigned to facades and roofs, depending on the case, it may be more effective to apply an alternative that it

maggior peso può determinare un'incidenza maggiore rispetto ad altre soluzioni.
Infine, per quanto riguarda gli edifici, dal momento che, in base alla combinazione dei valori di altezza e fattore di forma, sono stati attribuiti pesi diversi a facciate e coperture, a seconda dei casi può risultare più efficace l'applicazione di una soluzione che determina i propri effetti sulle facciate piuttosto che sulla copertura o viceversa.

2 Compatibilità delle soluzioni con i vincoli specifici.

A seconda dello specifico contesto che caratterizza un edificio o uno spazio aperto, non sempre una soluzione è applicabile *tout court*.
Una fase molto importante riguarda dunque la definizione dei vincoli, prevalentemente di natura tecnica e normativa, da tenere in considerazione per una verifica preliminare dell'applicabilità di una specifica soluzione in un determinato contesto. I vincoli individuati sono pensati ovviamente per le caratteristiche peculiari del patrimonio edilizio e del tessuto urbano di Napoli est, e sono stati articolati nelle due categorie "Edifici" e "Spazi Aperti".
Quelli relativi agli edifici prendono in considerazione compatibilità con vincoli normativi (storico, paesaggistico, etc.), con interventi sull'esistente, con la tipologia di copertura e con le diverse tecniche costruttive individuate.
Quelli relativi agli spazi aperti, invece, tengono conto della compatibilità con i tessuti urbani presenti nel caso studio (pre-ottocentesco, ottocentesco, moderno, etc.) e quella con alcune situazioni tecniche peculiari (larghezza della sede stradale, compatibilità con corti o spazi pertinenti).
Per ciascuna alternativa tecnica, è quindi individuata la compatibilità o meno con i vincoli definiti, attraverso una checklist del tipo SI/NO.
Infine, per le soluzioni che hanno come sottosistema target gli "Spazi Aperti", oltre alla *checklist* di compatibilità, è definita in relazione a ciascun ambito urbano omogeneo ed alla tipologia di spazio aperto, la percentuale massima di applicabilità di ciascuna alternativa tecnica.
La varietà e la complessità dei tessuti urbani presenti all'interno dell'ambito di studio possono considerarsi esemplificativi della varietà morfologica del territorio. Questa scelta ha determinato la possibilità di ottenere una più vasta classificazione delle forme urbane di spazi aperti, distinti tra strade, piazze, larghi, corti, cortili e spazi di pertinenza.
Lo studio delle aree di interesse, attraverso il rilievo e la definizione delle caratteristiche funzionali-spaziali, delle prestazioni tecnologiche e ambientali e fasi di sviluppo di analisi ambientali, rappresentano il livello di conoscenze essenziale nello sviluppo di un sistema semplificato per la valutazione del grado di adattività degli spazi aperti urbani della città di Napoli.
Gli ambiti urbani omogenei definiti rappresentano tessuti contraddistinti da differenti caratteristiche morfologiche, ambientali e tecnologiche, sia dello spazio aperto, sia degli edifici:

- A1 = Tessuto pre-ottocentesco;
- A2 = Tessuto ottocentesco;
- C = Tessuto urbano di impianto moderno;
- D = Tessuto urbano di impianto contemporaneo;
- E = Sprawl;
- F = Attrezzature servizi e terziario;
- G = Tessuto produttivo;
- H = Aree sottoutilizzate intra-urbane;
- I = Aree agricole.

Tutti i dati raccolti costituiscono un prezioso parimonio di conoscenza delle caratteristiche di piazze, strade, larghi, corti e spazi pertinenziali, nonché un campione significativo della complessità urbana napoletana, proponendo una prima caratterizzazione di relazione tra i fattori di contesto e delle caratteristiche delle superfici degli spazi urbani. Le aree scelte per la fase di simulazione, sono state definite in modo da rappresentare un campione vasto e significativo per descrivere la complessità del territorio dell'area di Napoli che si estende dal Centro Storico al quartiere di Ponticelli.
Le differenti percentuali massime di applicazione di alcune alternative tecniche sono state desunte attraverso la simulazione dell'applicazione delle soluzioni stesse sulle aree campione e rispondono alla capacità del tessuto di accogliere la soluzione specifica. Questo dipende in primo luogo dalla morfologia del tessuto: ad esempio una strada

determines its effects on the facades rather than on the roof or vice versa.
2 Compatibility of technical alternatives with specific constraints;
Depending on the specific context that characterizes a building or an open space, not always an alternative is applicable tout court.
A very important step was therefore to define the constraints, mainly of a technical and regulatory nature, to be considered for a preliminary verification of the applicability of a specific alternative in a given context.
The constraints identified are due to the peculiar characteristics of the building heritage and urban fabric of East Naples, and were articulated in the two categories "Buildings" and "Open Spaces".
For "Buildings" it has been take into account the compliance with regulatory constraints (historical, landscaping, etc.), with existing interventions, with the type of roof, and the various construction techniques identified.
For what concerns the "Open spaces", however, it has been taken into account the compatibility with the urban fabrics present in the case study (pre-nineteenth, nineteenth, modern, etc.) and that with some peculiar technical situations (width of the roadway, compatibility with courtyards or other type of private spaces).
For each technical alternative, the compatibility with defined constraints was established through a YES/NO checklist.
Finally, for the solutions acting on the "Open Space" physical subsystem, in addition to the compatibility checklist, it is also possible to define, in relation to each homogeneous urban environment and type of external space, the maximum percentage of applicability of each technical alternative.
The variety and complexity of urban fabrics in the case study area can be considered as exemplifying the morphological variety of the territory. This choice has allowed to obtain a wider classification of urban forms of outdoor spaces, such as streets, squares, wide, short, courtyards.
The study of the areas of interest, through the survey and definition of functional-spatial features, technological and environmental performance, and environmental analysis phases, represent the levels of knowledge essential to the development of a simplified system for assessing the degree of urban spaces in the city of Naples.
The defined homogeneous urban areas represent fabrics characterized by different morphological, environmental and technological characteristics, both in open space and in buildings:
- A1 = Pre-nineteenth-century fabric;
- A2 = nineteenth-century fabric;
- C = Modern urban fabric;
- D = Contemporary urban fabric;
- E = Sprawl;
- F = Service Equipment;
- G = Production Fabric;
- H = Intra-urban underutilized areas;
- I = Agricultural Areas.

All the collected data constitute a precious knowledge base of the characteristics of outdoor spaces as well as a significant sample of Neapolitan urban complexity, which proposes a first characterization of the existing relation between the context factors and the characteristics of the urban spaces. The areas chosen for the simulation have been defined to represent a large and significant sample to describe the complexity of the Eastern Area of Naples, which goes from the Historic Center to the Ponticelli district.
The different percentages of maximum application of some technical alternatives have been derived by simulating the application of the solutions themselves on the sample areas and responding to the fabric's ability to accommodate the specific solution; this depends primarily on the fabric morphology, for example a road with a reduced section, will not be able to accommodate more than a certain percentage of trees. In addition, the presence of historical fabrics requires respect for both stakeholders' and historical instances in order to achieve a consistent transformation of public spaces.
3 Maximizing vulnerability reduction;
Once established constraints and, where applicable, the limits of applicability of the single alternatives, the next step was to outline the vulnerability reduction goal that was identified by applying the more suitable case-by-case technical alternatives, and achieving the maximum possible reduction.
4 Minimizing the number of technical alternatives, giving preference to:
- easier to integrate into the building;
- already widely experienced and widespread on the construction market.
Since, as mentioned earlier, a same vulnerability class can be achieved, by applying different sets of technical alternatives, it is preferred, with the same performance benchmark, to prioritize those alternatives characterized by greater integrability with the building features (less invasive interventions), widespread on the market, and consequently also with a lower economic incidence.
The diagram shows the general process scheme that, starting from the catalogue of technical alternatives and the knowledge base that contains the intrinsic characteristics and values of each building and the open space of the case study, by applying the selection criteria just described, has led to the identification of the set of solutions and the calculation of the new intrinsic vulnerability.

caratterizzata da una sezione stradale ridotta, non sarà in grado di accogliere più di una certa percentuale di alberature. Inoltre la presenza di tessuti storici, impone il rispetto, sia di indirizzi provenienti da soggetti portatori di interessi, sia da istanze storiche, allo scopo di ottenere una coerente trasformazione degli spazi pubblici.

3 Massimizzazione della riduzione della vulnerabilità.

Stabiliti vincoli e i limiti di applicabilità delle singole alternative, il passo successivo è quello di delineare l'obiettivo di riduzione della vulnerabilità.
In base a specifiche condizioni contestuali, l'obiettivo può essere modulato differentemente, in termini di percentuale di riduzione della vulnerabilità, coincidente, nel caso in esame, con il massimo valore di riduzione possibile.

4 Minimizzazione del numero delle soluzioni, dando preferenza a quelle:

- più facilmente integrabili nell'organismo edilizio;
- già ampiamente sperimentate e ormai diffuse sul mercato edilizio.

Dal momento che, come già accennato in precedenza, una stessa classe di vulnerabilità può essere raggiunta, il più delle volte, applicando differenti set di soluzioni, si è preferito, a parità di prestazione ottenibile, dare priorità a quelle soluzioni caratterizzate da una maggiore integrabilità con l'organismo edilizio (interventi meno invasivi) e da una più ampia diffusione sul mercato, e dunque di conseguenza anche da una minor incidenza economica.

MAXIMUM RATE OF APPLICATION OF TECHNICAL ALTERNATIVES TO THE PHYSICAL SUBSYSTEM "OPEN SPACES" DEPENDING ON THE TYPOLOGY OF URBAN SPACE

	ALL TYPOLOGIES EXCEPT ROADWAYS				ROADWAY	
	HOMOGENEOUS URBAN AREAS				HOMOGENEOUS URBAN AREAS	
TECHNICAL ALTERNATIVE	A1	A2	C-D-E	F-G-H-I	A1-A2	C-D-E-F-G-H-I
Green areas	15%	30%	45%	60%	**	**
Rows of trees	15%	30%	45%	60%	**	**
Natural aggregates	-	30%	45%	60%	-	-
Open joints Pavement	30%	50%	70%	100%	-	-
Green open joints pavements	-	-	70%	100%	-	-
Porous surfaces	-	50%	70%	100%	-	70%
Cool pavements	30%*	50%*	70%	100%	70%	-
Cool paintings for pavements	-	50%	70%	100%	-	-
Rain garden	-	5%	30%	10%	-	-
Tanks and fountains	2%	3%	3%	5%	-	-
Water squares	-	10%	10%	20%	-	-
Green pergolas	-	10%	10%	20%	-	-
Fixed shelter	-	10%	10%	20%	-	-
Mobile shelter	5%	10%	10%	20%	-	-

*Recomposed lava stone
** the maximum rate of applicability in this case is determined by a further step, linked to the initial SVF values of the open space according to the following rule:
SVF from 0 to 0,30 => -
SVF from 0,31 to 0,40 => 15% max
SVF from 0,41 to 0,60 => 30% max
SVF from 0,61 to 0,80 => 45% max
SVF over 0,80 => 60% max

Percentuale massima di applicazione delle alternative tecniche relative al sottosistema fisico "Spazi aperti" in funzione delle tipologie di spazio urbano / *Maximum rate of application of technical alternatives to the physical subsystem "Open spaces" depending on the typology of urban space.*

Nella figura di seguito è riportato lo schema generale del processo che, a partire dal catalogo di alternative tecniche e dalle caratteristiche e i valori di vulnerabilità intrinseca di ciascun edificio e spazio aperto del caso studio, attraverso l'applicazione dei criteri di selezione appena descritti, ha portato all'individuazione dei set di soluzioni ed al calcolo della nuova vulnerabilità intrinseca.
Il processo è stato applicato per determinare i set di alternative tecniche preferibili e i nuovi valori di ciascuna delle quattro vulnerabilità intrinseche definite:

1. *Heat wave* - Edifici
2. *Heat wave* - Spazi Aperti
3. *Pluvial flooding* - Edifici
4. *Pluvial flooding* - Spazi Aperti

Risultati della sperimentazione sul caso studio

Al fine di fornire delle utili chiavi di lettura circa le criticità e le potenzialità dei vari contesti definiti e circa la preferibilità relativa all'applicazione di determinati set di soluzioni scelti, i dati ottenuti sono stati accorpati, in base alle tecniche costruttive e alle caratteristiche degli aggregati urbani per il sottosistema "Edifici", e secondo la classificazione per Ambiti Urbani Omogenei (AUO) per il sottosistema "Spazi Aperti".
Nelle pagine seguenti si riportano, a titolo esemplificativo, alcuni grafici e osservazioni che illustrano i risultati della sperimentazione della metodologia descritta per l'individuazione dei set di soluzioni e per la valutazione dei loro effetti di riduzione della vulnerabilità intrinseca sul caso studio di Napoli est, relativamente al sottosistema "Edifici" e al target di adattamento *Heat wave*.
Una prima lettura dei risultati può essere condotta analizzando la percentuale di edifici su cui è possibile intervenire per ridurne la vulnerabilità intrinseca. Dai dati si evince chiaramente che risulta molto difficile ridurre la vulnerabilità degli edifici con tecnica costruttiva in "muratura portante in tufo", tanto che su nessuno di questi edifici è stata prevista l'applicazione di un set di alternative tecniche.
I motivi alla base di questa condizione sono molteplici:

- tali edifici sono caratterizzati, già nello stato di fatto, da livelli di vulnerabilità molto buoni (nessuno di essi scende al di sotto della classe 4);
- per essi non ha molto senso applicare soluzioni per il miglioramento dei valori di sfasamento e attenuazione termica, per i quali presentano già valori ottimali;
- la maggior parte di questi edifici presenta un qualche tipo di vincolo storico o paesaggistico che non consente l'applicazione della maggior parte delle soluzioni sull'involucro edilizio né di agire per migliorare il valore dell'indicatore "volume" attraverso addizioni o sottrazioni;
- la maggior parte degli edifici, per la loro configurazione morfologica, presenta un rapporto tra altezza e fattore di forma per il quale è possibile agire esclusivamente sulle facciate (che sono anche gli elementi con una maggiore

The process was applied to determine the preferred sets of technical alternatives and new values for each of the four intrinsically defined vulnerabilities:
1. Heat wave - Buildings
2. Heat wave - External Spaces
3. Pluvial Flooding- Buildings
4. Pluvial Flooding - External Space

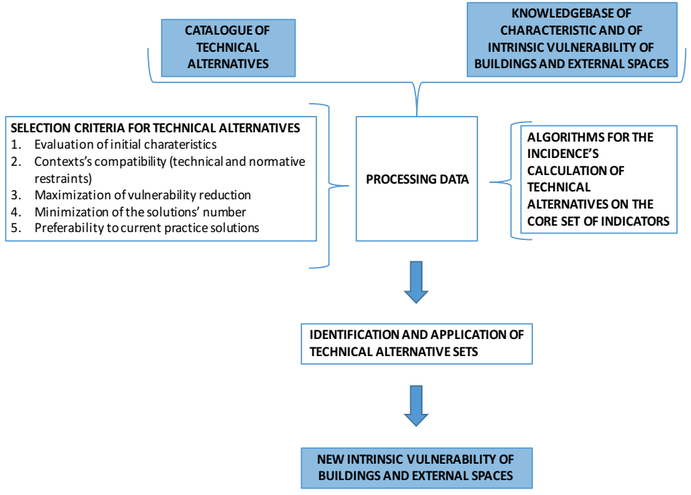
Results of Case Study experimentation

In order to provide useful reading keys about the criticalities and potentials of the various contexts defined and about the preference for the application of selected sets of technical alternatives, the data obtained were merged, based on construction techniques and urban aggregates, in the case of the "Buildings" subsystem and according to the classification for Omogeneous Urban Areas (AUO) in the case of the "Open Spaces" subsystem.
The following pages show, as an example, some graphs and observations illustrating the results of the experimentation of the described methodology for the detection of the set of technical alternatives and the evaluation of their effects of reducing vulnerability to the case study of Eastern Naples, regarding the "Buildings" subsystem and the adaptation target Heat wave.
A first reading of the results can be done by analyzing the percentage of buildings on which it is possible to intervene to reduce its intrinsic vulnerability. It is clear from the data that it is very difficult to reduce the vulnerability of buildings with load-bearing tuff masonry walls construction, so that no set of technical alternatives has been applied to any of these buildings.
The reasons behind this condition are many:
- These buildings are, in fact, characterized by very good vulnerability levels (none of them fall below class 4);
- it does not make much sense to apply solutions for the

improvement of thermal lag and thermal attenuation, for which they already have optimum values;
- most of these buildings have some kind of historical or landscaping constraint that does not allow the application of most technical alternatives to the building envelope or act to improve the value of the "volume" indicator through additions or subtractions;
- Most of the buildings, due to their morphological configuration, have a relationship between height and form factor for which it is possible to act solely on the façades (which are also the elements with greater insistence on a regulatory constraint) and not on the roofs.
For this reason, it follows that the few technical alternatives that can be applied, net of context conditions, can not make significant vulnerability reductions to allow them to move from current class 4 to class 5.
Different is the situation for buildings built with other construction techniques, in particular:
- buildings with construction technique "reinforced concrete frame - tuff walls", while presenting, as in the previous case, good values of thermal lag and attenuation, have fewer restrictions related to historical and/or landscape-related constraints, and also a different weight between facades and roofing, allowing to act in many cases on both elements. Therefore, it was possible to reduce the vulnerability of

possibilità di insistenza di un vincolo normativo) e non sulle coperture.
Per questo motivo, ne discende che le poche alternative tecniche applicabili, al netto delle condizioni del contesto, non riescono ad apportare significative riduzioni della vulnerabilità tali da consentirne il passaggio dalla attuale classe 4 alla classe 5.
Diversa è la situazione per gli edifici realizzati con le altre tecniche costruttive, in particolare:

- gli edifici con tecnica costruttiva "Telaio c.a. - tufo", pur presentando, come nel caso precedente, buoni valori di sfasamento ed attenuazione, risultano avere meno limitazioni legate a vincoli di tipo storico e/o paesaggistico ed anche un diverso peso tra facciate e copertura, consentendo di poter agire, in molti casi su entrambi gli elementi. Pertanto è stato possibile, applicando essenzialmente soluzioni su involucro opaco orizzontale (97%) e su quello trasparente (96,38%), ridurre la vulnerabilità del 57,11 % di essi;
- è possibile migliorare la classe di vulnerabilità intrinseca di quasi il 98% gli edifici con tecnica costruttiva "Telaio c.a. - laterizi", attraverso soluzioni che agiscono prevalentemente sull'involucro opaco verticale (100%), sull'involucro opaco orizzontale (73,20 %) e in misura minore su quello trasparente (53,35%). In questi edifici risulta molto efficace una soluzione come la "Facciata ventilata" in grado di



Schema metodologico generale per la determinazione della nuova vulnerabilità intrinseca di Edifici e Spazi aperti nella sperimentazione applicativa sul caso studio Napoli est / *General methodology scheme for determining the new intrinsic vulnerability of Buildings and External Spaces in applicative experimentation on the case study (Eastern Naples).*

migliorare sensibilmente e in maniera simultanea i valori di tre indicatori su quattro (Sfasamento, Attenuazione e *Hillshade*) oppure, nei casi in cui il valore di *Hillshade* sia già in classe 4, la soluzione più semplice di "Isolamento a cappotto", abbinate, quasi sempre, ad una soluzione di isolamento della copertura e, nella metà dei casi, anche ad una che agisca sulla riduzione del soleggiamento dell'involucro trasparente ("Brise-soleil" o "Infissi con vetri selettivi");
- è possibile migliorare la classe di vulnerabilità intrinseca della totalità degli edifici con tecniche costruttive in "Telaio c.a. - prefabbricati" e "Telaio acciaio - prefabbricati" agendo in massima parte sull'involucro opaco verticale (100% dei casi) e in misura minore su quello opaco orizzontale (rispettivamente 23,83% e 17,50%). Relativamente alle soluzioni più efficaci valgono gli stessi ragionamenti fatti per la tecnica costruttiva precedente, con la sola differenza che risulta superflua l'applicazione di soluzioni che agiscono sul soleggiamento dell'involucro trasparente.

Tutto questo porta ad una percentuale totale di edifici su cui è possibile intervenire, migliorando la vulnerabilità di almeno una classe, pari a circa il 47%.
Nel seguente grafico, è possibile comprendere come varia la classe di vulnerabilità intrinseca degli edifici al fenomeno *Heat wave* a seguito dell'applicazione dei set di soluzioni individuati a seconda della tecnica costruttiva.
In particolare si possono trarre le seguenti conclusioni:

- per gli edifici in muratura portante di tufo, non essendo previsti interventi per i motivi illustrati precedentemente, la vulnerabilità intrinseca rimane invariata (2,03% in classe 5, 97,46 % in classe 4 e 0,45% in classe 3);
- gli edifici con tecnica costruttiva "telaio c.a. - tufo" sui quali sono stati previsti interventi passano mediamente dalla classe 3 alla classe 4;
- per gli edifici con tecnica costruttiva "telaio c.a. - laterizi" sui quali sono stati previsti interventi si registra, nel peggiore dei casi, il salto di una classe (dalla 3 alla 4, o dalla 4 alla 5) e nel migliore dei casi addirittura un balzo di due classi (dalla 3 alla 5);
- per gli edifici con tecnica costruttiva "telaio c.a. - prefabbricati" sui quali sono stati previsti interventi si registra nella maggior parte dei casi il salto di una classe (dalla 3 alla 4, o dalla 4 alla 5);
- per gli edifici con tecnica costruttiva "telaio acciaio - prefabbricati" sui quali sono stati previsti interventi si registra quasi sempre un balzo di due classi (dalla 3 alla 5).

È possibile aggregare i risultati ottenuti anche secondo le tipologie di aggregati e isolati urbani. Dal grafico seguente si evince come risulti più difficile ridurre la vulnerabilità degli edifici appartenenti alla "Città Compatta", dal momento che in essa sono concentrati gli edifici in "Muratura portante di Tufo" per i quali valgono le considerazioni fatte in precedenza.
Più alte sono, invece, le percentuali di edifici appartenenti alla "Città Compatta" e alla "Città Informale" su cui è possibile agire in maniera incisiva per la riduzione della vulnerabilità. Ancora una volta le motivazioni sono molto semplici: in queste tipologie di

57.11%, essentially by applying solutions on roofs (97%) and glazing system (96.38%).
- it is possible to improve the intrinsic vulnerability class of almost 98% buildings with construction technique "reinforced concrete frame - brick walls", through solutions that mainly operate on the wall (100%) building envelope, on the roof (73.20%) and to a lesser extent on the glazing (53.35%). In these buildings, a solution such as the "Ventilated Facade" is able to dramatically and simultaneously improve the values of three indicators out of four (Thermal Lag, Thermal Attenuation and Hillshade) or, in cases where Hillshade's value is already in class 4, the simplest "External Insulation", coupled, almost always, with a roof insulation and in the half of the cases also to one that acts on the reduction of solar radiation on the glazing system ("Brise -soleil" or "Windows with Selective Glasses");
- it is possible to improve the intrinsic vulnerability class of all buildings with constructive techniques in "Reinforced concrete frame - prefabricated panels" and "Steel frame - prefabricated panels", mostly on the Wall system (100% of cases) and to a lesser extent on the roofs (23.83% and 17.50% respectively). Regarding the most sophisticated solutions, the same considerations apply to the previous construction technique, with the only difference that it is superfluous to apply technical alternatives that act on the hillshade of the transparent envelope.
All this leads to a total percentage of buildings that can be addressed, improving the vulnerability of at least one class, or about 47%.
In the following two graphs, it is possible to understand how the intrinsic vulnerability to the Heat wave phenomenon class changes following the application of the set of technical alternatives identified according to the construction technique.
In particular, the following conclusions can be drawn:
- for "load-bearing tuff masonry walls" buildings, no interventions have been proposed, and the intrinsic vulnerability remains unchanged (2.03% in class 5, 97.46% in class 4 and 0.45% in class 3) ;
- buildings with construction technique "Reinforced concrete - tuff walls" on which interventions have been planned, shift on average from class 3 to class 4;
- for buildings with construction technique "Reinforced concrete - brick walls" on which interventions were planned, in the worst cases, it happens the jump of a class (from 3 to 4, or from 4 to 5) and in some cases even of two classes (from 3 to 5) ;
- for buildings with construction technique "Reinforced concrete frame - prefabricated panels" on which interventions were planned, in most cases it happens the jump of a class (from 3 to 4 or from 4 to 5);
- for buildings with construction technique "Steel frame - prefabricated panels" on which interventions were planned, there is almost always a leap of two classes (from 3 to 5).
It is possible to aggregate the results obtained also according to the types of urban aggregates and urban fabric types.

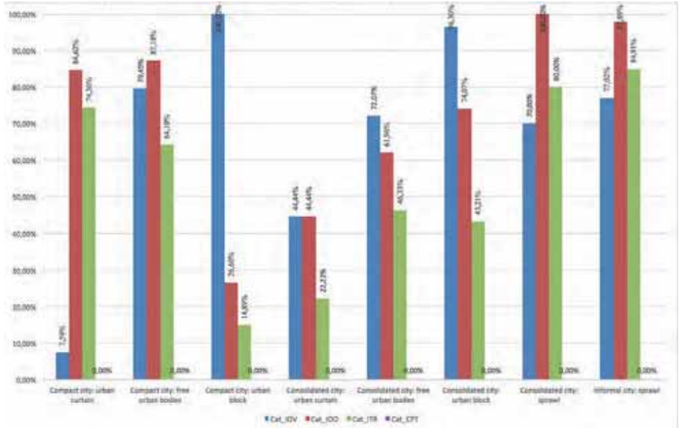
aggregati urbani, infatti, sia per la peculiare conformazione urbana (una più bassa densità edilizia) sia per la qualità del costruito (che incide notevolmente sulle prestazioni estive dell'involucro edilizio), gli edifici presentano, allo stato di fatto, valori più bassi per ciascun indicatore (in particolare Sfasamento, Attenuazione e *Hillshade*) e, al contempo, un minor numero di vincoli alla compatibilità del contesto, consentendo di applicare un più ampio ventaglio di soluzioni tecniche per la riduzione della vulnerabilità.
Ragionando, infine, sul rapporto tra classi di alternative tecniche ed isolati urbani, è possibile trarre alcune interessanti osservazioni:

- per la tipologia "isolato urbano", indipendentemente dall'aggregato di appartenenza (città compatta o consolidata), la classe di soluzione tecnica più utilizzata, e che dunque si configura come quella prioritaria su cui agire, risulta essere "Involucro Opaco Verticale" (con percentuali tra il 96% ed il 100%), seguito da "Involucro Opaco Orizzontale" (dal26% al 74%) e infine da "Involucro Trasparente" (con valori che oscillano tra il 14,89 % della Città Compatta e il 43,21% della Città Consolidata). Il motivo sembra risiedere nel fatto che si tratta di tessuti di città caratterizzati da una più alta densità edilizia, con edifici in cui il fattore di forma e i grandi volumi determinano una maggiore incidenza, rispetto al fenomeno *Heat wave*, delle facciate rispetto alle coperture;
- per la tipologia "elemento urbano con corpi liberi", è possibile notare come la situazione appena descritta inizi ad assumere contorni più incerti, in cui il ruolo delle coperture assume un ruolo più importante e dunque per la riduzione della vulnerabilità intrinseca risulta sempre più necessario agire non solo sulla classe "Involucro Opaco Verticale" (con percentuali che calano fino al 72,07% nel caso della Città Consolidata), ma anche sulla classe "Involucro Opaco Orizzontale" (con percentuali che arrivano fino all'87,18% nel caso della Città Compatta"). Inoltre è possibile notare come, al mutare dei rapporti di vetratura, cominciano ad assumere importanza anche le soluzioni appartenenti alla classe "Involucro Trasparente" (dal 46,33% all'87,18%);
- infine, la situazione si ribalta completamente nella tipologia "Sprawl", dove chiaramente al ridursi della densità edilizia, con edifici caratterizzati da volumi contenuti e maggiori superfici disperdenti, l'importanza di prevedere soluzioni tecniche della classe "Involucro Opaco Orizzontale" e di agire anche sulle parti vetrate diventa preponderante rispetto all'"Involucro Opaco Verticale" (le percentuali di queste due classi salgono rispettivamente fino al 100% della Città Consolidata e al 84,91% della Città Informale).

Per quanto riguarda la variazione della classe di vulnerabilità intrinseca degli edifici al fenomeno *Heat wave* a seguito dell'applicazione dei set di soluzioni individuati a seconda delle tipologie di aggregato ed isolato urbano, dai dati estratti si possono trarre le seguenti conclusioni:

- relativamente agli edifici appartenenti alla tipologia "Sprawl", i set di soluzioni applicati (sia Città Informale che Città Consolidata) riescono a migliorare la vulnerabilità con un guadagno medio di ben due classi (dalla classe 3 alla classe 5);
- relativamente agli edifici appartenenti alla tipologia "isolato urbano", i set di soluzioni applicati (sia città compatta che città consolidata) riescono a migliorare la vulnerabilità di una o due classi a seconda di quella di partenza (dalla 2 alla 4; oppure dalla 4 alla 5), ma per la maggior parte degli edifici con una classe 4 di partenza non è possibile applicare set di soluzioni che consentano riduzione di vulnerabilità;
- relativamente agli edifici appartenenti alla tipologia "elementi urbani con corpi liberi", i set di soluzioni applicati (sia città compatta che città consolidata) riescono a migliorare la vulnerabilità di una o due classi a seconda di quella di partenza (dalla 2 alla 4; oppure dalla 4 alla 5), ma per la maggior parte degli edifici con una classe 4 di partenza non è possibile applicare set di soluzioni che consentano riduzione di vulnerabilità;
- relativamente agli edifici appartenenti alla tipologia "cortina urbana", i set di soluzioni applicati (sia Città Compatta che Città Consolidata) riescono a migliorare la vulnerabilità di una o due classi a seconda di quella di partenza (dalla 2 alla 4; oppure dalla 3 alla 4), mentre per la maggior parte degli edifici con una classe 4 di partenza non è possibile applicare set di soluzioni che consentano riduzione di vulnerabilità.

In relazione al fenomeno dell'*heat wave* i risultati mostrano che nello scenario a breve termine (2018-2040 con durata di ondata di calore pari a 8 giorni consecutivi) gli interventi di *adaptive design* garantiscono il mantenimento di un valore di soglia



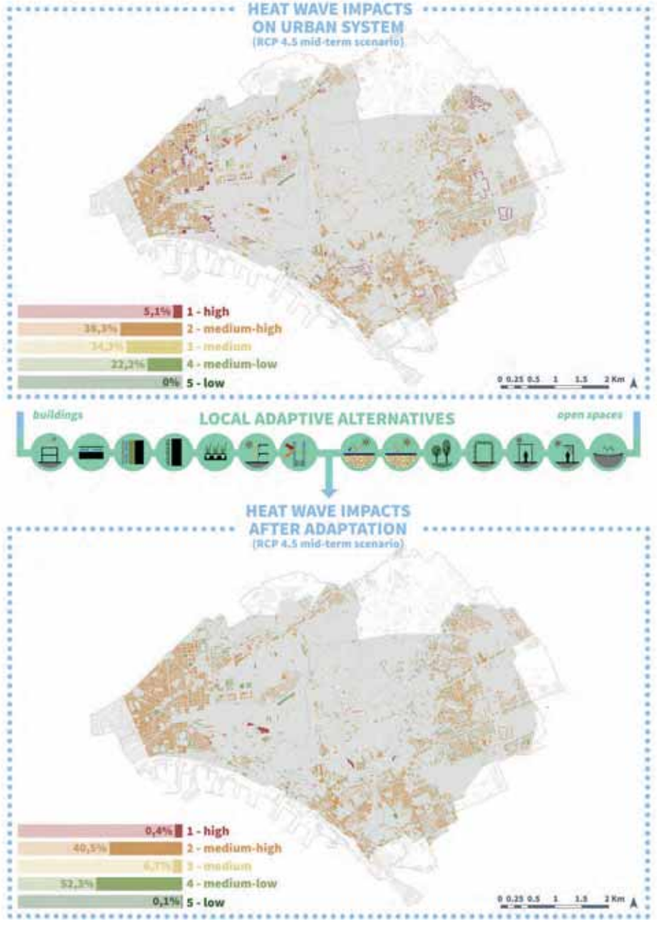
Applicazione delle classi di alternative tecniche suddivise per tipologia di aggregato e isolato urbano / *Application of the classes of technical alternatives by type of urban aggregates and blocks.*

The graph shows that it is more difficult to reduce the vulnerability of buildings in the "Compact City", since the buildings in "Load-bearing tuff masonry walls" are concentrated there.
On the other hand, the percentages of buildings belonging to the "Compact City" and the "Informal City" are higher, where it is possible to act in a way to reduce the vulnerability.
Again, the motivations are very simple: in these types of urban aggregates, in fact, both for the peculiar urban conformation (a lower density of construction) and for the quality of the construction (which significantly affects the summer performance of the building envelope) buildings have, in fact, lower values for each indicator (in particular Thermal Lag, Attenuation and Hillshade) and at the same time less constraints to the transformation of the context, enabling a wider range of technical solutions to be applied to reduce vulnerability.
Finally, considering the relationship between classes of technical alternatives and typology of blocks and urban aggregates, it is possible to draw some interesting observations:
- for the "UrbanBlocks" type, regardless of the type of urban aggregates (Compact or Consolidated City), the most commonly used technical alternative class, and thus constituting the priority one to act on, is "Wall system" (with percentages between 96% and 100%), followed by "Roof system" (from 26% to 74%) and finally "Glazing system" (with values ranging from 14.89% of the Compact City to 43,21% of the Consolidated City). The reason seems to be that these are urban fabrics with a higher building density, with buildings in which the shape factor and large volumes make the facades more relevant than the roofs;
- for the "Urban Element with free bodies" typology, it is possible to note that the situation described above begins to take on more uncertain contours, in which the role of roofs is more relevant, and therefore the reduction of intrinsic vulnerability becomes increasingly necessary not only in the "Wall system" technical class (with percentages falling to 72.07% in the case of the Consolidated City), but also on the "Roof system" class (with percentages reaching 87.18% in the Compact city). It is also possible to see how the technical alternatives of the "Glazing system" class begin to take on the importance, with the changing of the glazing ratio as well (from 46.33% to 87.18%).
- the situation is completely different in the "Sprawl" type, where clearly due to the decreasing of the building density, with buildings characterized by contained volumes and larger dispersing surfaces, the importance of providing technical solutions for the "Roof system" class and acting even on glazed parts becomes prevalent with respect to the "Wall system" (percentages of these two classes rise up to 100% of the Consolidated City and 84.91% of the Informal City respectively).
In the two final graphs, it is possible to understand how the intrinsic vulnerability class of buildings to the Heat wave phenomenon changes following the application of the set of technical alternatives identified depending on the aggregate and urban blocks types.
In particular, the following conclusions can be drawn:
- as regards buildings belonging to the "Sprawl" type, the set of applied solutions (both Informal and Consolidated City) can improve vulnerability with an average improvement of two classes (from class 3 to class 5);
- as regards buildings belonging to the "Urban Blocks", "Free urban bodies" and "Urban curtain" types, the set of applied solutions (both Compact and Consolidated cities) can improve the vulnerability of one or two classes depending on the starting situation (from 2 to 4 or from 3 to 4), while for most Class 4 buildings, it is not possible to apply any set of solutions to reduce vulnerability

The comparison between the two impact scenarios under RCP4.5 mid-term projection (2041-2070 - 31 dd.) highlights that the set of adaptive solutions is quite effective in reducing heat wave impacts on the urban system, with almost all buildings in medium and low classes. However, for long-term impact scenarios with a higher number of consecutive days with occurrence of heat wave (2071-2100, RCP4.5 - 60 dd. and RCP8.5 - 93 dd.) a more transformative design approach is required.

1. *The vulnerability assessment model adopted in the Metropolis project is based on the subdivision of urban system into the three subsystems of "Building", "Open spaces" and "Population". However, solely for the*

Impatto del fenomeno *heat wave* sul sistema urbano prima e dopo l'applicazione delle soluzioni adattive / *Heat wave impact on the urban system before and after the implementation of adaptive solutions.*



di classe di impatto media per la quasi totalità degli edifici residenziali (> 97 %). Al contrario, come mostrato in figura, già a partire da scenari di impatto a medio termine (2041-2070) la percentuale di edifici cui è attribuita una classe di impatto alta o medio-alta (> 40 %) resta mediamente inalterata nello scenario adattivo. Tali risultati evidenziano pertanto la necessità di avviare azioni strategiche di adattamento programmando interventi *deep* in grado di garantire condizioni di benessere e sicurezza per la popolazione residente.

1. Il modello di valutazione della vulnerabilità adottato nel progetto Metropolis prevede la scomposizione del sistema urbano nei tre sottosistemi "Edifici", "Spazi aperti" e "Popolazione". Tuttavia, ai soli fini dell'applicazione delle soluzioni adattive e del ricalcolo della vulnerabilità intrinseca, si considerano esclusivamente i primi due sottosistemi appartenenti alla dimensione fisica del sistema urbano.
2. Paolo Montin, Acque meteoriche di dilavamento, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2012; Norme DIN, FLL, A.T.V., scala Frühling, UNI 11235.

References

EC (2013a), *An EU Strategy on adaptation to climate change*, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Bruxelles: European Commission.

EC (2013b), *Guidelines on developing adaptation strategies*, Commission staff working document, Bruxelles: European Commission.

EEA (2017), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator based report*, Copenhagen: European Environment Agency, EEA Report n° 1/2017, doi: 10.2800/534806

IPCC (2014), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., White L.L. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge and New York.

Rosenzweig C., Solecki W., Romero-Lankao P., Mehrotra S., Dhakal S., Bowman T., Ibrahim S. (2018), *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*, Cambridge University Press, Cambridge, doi:10.1017/9781316563878.007

Spearman M., McGray H. (2011), *Making Adaptation Count. Concepts and Options for Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn.

purposes of implementation of adaptive solutions and recalculation of the intrinsic vulnerability, only the first two subsystems belonging to the physical dimension of urban system are considered.

2. *Paolo Montin, Acque meteoriche di dilavamento, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2012; Norme DIN, FLL, A.T.V., scala Frühling, UNI 11235.*

Soluzioni adattive condivise: un processo decisionale multi-criterio e multi-gruppo

Maria Cerreta, Roberta Mele, Giuliano Poli

Shared adaptive solutions: a multi-criteria and multi-group decision-making process

The evaluation, in its more general meaning, can be understood as the process which aims at the coherent organization of the information needed to make a choice, in order to make each actor of the decision-making process able to choose in a balanced manner (Njikamp et al., 1990). However, the role of the evaluations can also be constituted by their ability to interpret, predict and compare the impacts of different actions in relation to specific targets within the context of complex realities management (Fusco Girard et al., 2014).
In particular, the Multi-Criteria Analysis (MCA) provides a wide range of techniques for structuring the complex decision-making problems, evaluating the alternative solutions and, thus, sorting them on the basis of the priorities which have been defined by the groups of experts (Bryson and Ayodele, 1997).
The main phases of a Multi-Criteria Decision Making process include the definition and the selection of those criteria which are useful for making explicit the objectives and comparing the possible alternatives. Firstly, it is necessary to establish the evaluation criteria of the decision-making system on the basis of the objectives to be achieved and, therefore, to generate a variety of alternatives. Subsequently, it will be possible to evaluate the alternatives on the basis of the criteria, applying one or more suitable and appropriate evaluation methods.
The crucial stages of the decision-making process, finally, relate to the choice of one or more optimal alternatives.
The decision-making process does not follow linear trends, but generally moves according to cyclical logic wherein if some of the criteria or the final solution are not allowed, it is possible to repeat the steps. The initial step, however, is normally managed by the groups of experts which have the task of directing the choices, simplifying the procedures and streamlining available tools and methods. The last stages of the decision-making process are managed by decision makers, which have a key role in determining the weights, which, in the case of this study, represent the relative importance of the criteria respect to the goal. The weights define the structure of the preference of the decision-makers and/or experts (Opricovic and Tzeng, 2004).
The contribution shows, in the second section, the objectives and the methodological structure of the decision-making process, explaining three main phases; in the third section, the application of the Analytic Network Process (ANP) multi-criteria method is illustrated, in order to identify the priority solutions; in the fourth section, the possible costs of the solutions recognized as being significant are analyzed; the last section shows the results of the assessment and some thoughts on the developed decision-making process.

La valutazione, nella sua accezione più generale, può essere intesa come il processo che mira all'organizzazione coerente delle informazioni necessarie ad una scelta, al fine di rendere ciascun attore del processo decisionale in grado di scegliere in modo equilibrato (Njikamp et al., 1990). Tuttavia, il ruolo delle valutazioni può essere costituito anche dalla loro capacità di interpretare, prevedere e comparare impatti di azioni differenti in relazione a specifici obiettivi nel contesto della gestione di realtà complesse (Fusco Girad et al., 2014). In particolare, le analisi multi-criterio (AMC) forniscono un'ampia gamma di tecniche per strutturare i problemi decisionali complessi, valutare soluzioni alternative e ordinarle sulla base delle priorità definite da gruppi di esperti (Bryson e Ayodele, 1997).
Le fasi principali di un processo decisionale multi-criterio includono la definizione e la scelta di quei criteri utili alla esplicitazione degli obiettivi ed alla comparazione delle possibili alternative. Infatti, è necessario, in prima istanza, stabilire i criteri di valutazione del sistema decisionale sulla base degli obiettivi che si vogliono raggiungere e, quindi, generare una varietà di alternative. Successivamente sarà possibile valutare le alternative sulla base dei criteri scelti, applicando uno o più metodi di valutazione idonei e opportuni.
Le fasi decisive del processo decisionale, infine, riguardano la scelta di una o più alternative ottimali. Il processo decisionale non segue andamenti lineari, ma si muove generalmente secondo logiche cicliche in cui se alcuni dei criteri, o la soluzione finale, non vengono accettati, è possibile reiterare le fasi. Gli step iniziali, invece, vengono di norma gestiti dai gruppi di esperti che hanno il compito di indirizzare le scelte, semplificando le procedure e ottimizzando gli strumenti e i metodi a loro disposizione.
Le ultime fasi del processo decisionale sono gestite dai decisori, che esercitano un ruolo fondamentale nella determinazione dei pesi che, come nel caso di questo studio, rappresentano l'importanza relativa attribuita ai criteri rispetto all'obiettivo. I pesi definiscono la struttura delle preferenze dei decisori e/o degli esperti, fornendo un *ranking* delle possibili alternative (Opricovic e Tzeng, 2004). Il contributo presenta nella sezione 2 gli obiettivi e la struttura metodologica del processo decisionale, esplicitando le tre fasi principali; nella sezione 3 si illustra l'applicazione del metodo multi-criterio Analytic Network Process (ANP) nell'intento di individuare le soluzioni prioritarie; nella sezione 4 sono stati analizzati i possibili costi delle soluzioni riconosciute come significative; nella sezione 5 sono riportati i risultati della valutazione e alcune riflessioni sul processo decisionale sviluppato.

Obiettivi e metodi

L'obiettivo della ricerca è indirizzato a costruire un *ranking* delle soluzioni tecnologiche strutturate dalle altre unità di ricerca, al fine di supportare i decisori e gli esperti nella scelta delle soluzioni prioritarie da applicare al contesto di indagine. La metodologia impiegata consta di tre fasi operative, che permettono di individuare per ciascuna di esse l'esigenza di esplicitare un approccio valutativo di supporto all'identificazione di soluzioni adattive, condivise da un gruppo di esperti.
Fase 1- Strutturazione del problema decisionale. In questa fase è stata definita l'articolazione in base alla quale ciascuna soluzione tecnologica è stata valutata in relazione al set di indicatori fornito dalle altre unità di ricerca. Questa fase è stata propedeutica alla determinazione dei pesi che costituiranno le preferenze relative dei criteri rispetto alle soluzioni e che saranno attribuiti dagli esperti nelle fasi successive. In questa fase le singole soluzioni tecnologiche sono state suddivise in sette categorie: involucro trasparente, involucro opaco verticale, involucro opaco orizzontale, impianti, superfici esterne, schermature (spazi aperti), waterbodies.
Fase 2 - Coinvolgimento del panel di esperti. La seconda fase ha riguardato la somministrazione di questionari a un panel di esperti con l'intento di definire "Costi" e "Benefici" di ciascuna soluzione tecnologica prevista, intesi come svantaggi e vantaggi che si possono determinare in fase di implementazione. Lo scopo del questionario di valutazione è, infatti, definire se le soluzioni soddisfano positivamente o negativamente i requisiti rappresentati da ciascun indicatore. Il questionario è stato strutturato in forma di matrice. Sulle righe sono stati disposti gli indicatori (requisiti) mentre sulle colonne sono state riportate le soluzioni per ciascuna delle 7 categorie identificate. È stato richiesto a ciascun esperto di indicare se la soluzione risponde positivamente (SI), negativamente (NO) o non risponde (-) ai requisiti rappresentati da ciascun indicatore. In caso di risposta positiva l'indicatore è considerato un "Beneficio" rispetto alla soluzione, mentre viene considerato un "Costo" in caso di risposta negativa. Laddove per una determinata soluzione non è stato possibile categorizzare uno o più indicatori (requisiti) come costi o benefici, non sono stati considerati nel modello valutativo.
Fase 3 - Applicazione del metodo multi-criterio Analytic Network Process (ANP). In questa fase è stato utilizzato il metodo ANP in combinazione con l'analisi Costi-Benefici (CB) per determinare un *ranking* di soluzioni tecnologiche prioritarie. L'attribuzione del peso ha rappresentato uno degli aspetti maggiormente critici, rispetto al quale si è proceduto valutando la frequenza delle risposte ai questionari degli esperti e trasformando i valori di frequenza in giudizi di preferenza secondo una scala definita.

Il metodo ANP per la valutazione della priorità

Al fine di stabilire un ordine di priorità delle soluzioni tecnologiche individuate dal gruppo di ricerca che possano permettere di rispondere alla domanda "quali sono le soluzioni prioritarie in risposta all'*hazard* considerato?", è stata effettuata una valutazione

Objectives and methods

The objective of the research is addressed to build a ranking of technological solutions which have been structured by the other research units, in order to support decision-makers and experts in the choice of priority solutions to be applied to the context of the investigation.
The used methodology consists of three operating steps, which allow identifying for each of them the need to clarify an evaluative approach for supporting the identification of adaptive solutions, which have been shared by a group of experts.
Step 1 - Structuring the decision problem. At this stage, it has been defined as the articulation by which each technological solution has been evaluated with respect to the set of indicators provided by the other research units. This phase was preparatory to the determination of the weights that constitute the preferences of the criteria with respect to the solutions and which will be allocated by the experts in the later stages. In this phase, the individual technological solutions have been divided into seven categories: Glazing system (ITR), Wall system (IOV), Roof system (IOO), Equipment (IMP), Outdoor Flooring (PES), Open Space Shading systems (SSA), Water Bodies (WBD).
Step 2 - Involving the experts panel. The second stage involved surveying the panel of experts with the intent to define, for each envisaged technological solution, the "costs" and the "benefits", which can be understood as the advantages and disadvantages which could arise in the implementation phase. The purpose of the evaluation questionnaire, indeed, is defining whether the solutions positively or negatively fulfil the requirements represented by each indicator. The survey has been structured as a matrix. On the lines, the indicators (requirements) have been placed, while on the columns the solutions for each of the 7 identified categories have been reported. It has been requested to each expert to indicate whether the solution responds positively (YES), negatively (NO), or it does not respond (-) to the requirements represented by each indicator. In case of positive response, the indicator has been considered a "Benefit" with respect to the solution, while it has been considered a "Cost", in case of negative response. If it has not been possible to categorize one or more indicators (requirements) as costs or benefits for a particular solution, those indicators have not been considered in the valuation model.
Step 3 - Applying the Analytic Network Process (ANP) multi-criteria method. In this phase, the ANP method in synergy with the Cost-Benefit (CB) analysis has been used

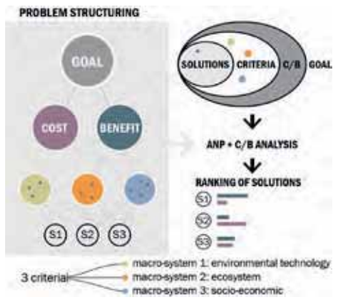
in order to determine a ranking of priority of technological solutions. The weights attribution has been one of the most critical aspects, with respect to which we proceeded by evaluating the response frequency to the experts' surveys and by transforming the frequency values in the judgments of preference according to a defined scale.

The ANP method for assessing priorities

In order to establish a priority ranking of the technological solutions identified by the research group that can allow answering the question: "What are the priority solutions in response to the hazard considered?", it has been performed an integrated assessment, using a multi-criteria and multi-group approach. The first level of evaluation is based on the involvement of the experts panel in order to define "Costs" and "Benefits" of each solution starting from the previously indicators' selection.

The analysis of the priorities has been carried out through the ANP multi-criteria method and with the aid of the software "SuperDecisions". The ANP method is an upgrade of the Analytic Hierarchy Process (AHP), devised by Saaty (Saaty and Vargas, 2006), with respect to which it is possible to include the relationships between elements within a hierarchy of criteria. Specifically, the ANP is structured into four main phases. First you need to define the objective of the analysis; as a result, the method allows structuring of the decision problem into two basic elements: the nodes, composed of the major categories, and the clusters, which

La strutturazione gerarchica del problema decisionale con il metodo ANP / *The hierarchical framework of the decision problem with the ANP method.*



integrata, avvalendosi di un approccio multi-criterio e multi-gruppo. Il primo livello di valutazione è stato basato sul coinvolgimento di un panel di esperti nell'intento di definire i "Costi" e i "Benefici" di ciascuna soluzione a partire dagli indicatori precedentemente selezionati.

L'analisi delle priorità è stata effettuata attraverso il metodo multi-criterio ANP con l'ausilio del software "SuperDecisions". Il metodo ANP è un avanzamento dell'Analytic Hierarchy Process (AHP), ideato da Saaty (Saaty e Vargas, 2006), rispetto al quale è possibile includere le relazioni tra elementi all'interno di una gerarchia di criteri. Nello specifico, l'ANP è strutturato in quattro fasi principali. In primo luogo è necessario definire l'obiettivo dell'analisi; in seguito, il metodo consente di strutturare il problema decisionale in due elementi fondamentali: i nodi, composti dalle categorie principali, e i cluster, che costituiscono le sotto-categorie dei nodi. La terza e la quarta fase consistono, rispettivamente, nella costruzione di una super-matrice che combina le interrelazioni tra cluster e nodi attraverso la tecnica del confronto a coppie e, infine, nella determinazione dei pesi, esplicitati dagli autovalori delle matrici di priorità relative a ciascun cluster principale (Bottero e Ferretti, 2011; Cerreta et al., 2011).

Nel caso specifico, il problema decisionale è stato strutturato in due cluster principali: Costi e Benefici. Ciascuno di questi contiene un primo livello di nodi che rappresentano rispettivamente le tre macro-categorie di sistemi: tecnologico-ambientale, ecosistema e socio-economico.

A loro volta i nodi del livello superiore (le macro-categorie) diventano i cluster di una sotto-rete che contiene i nodi per ciascuna di queste macro-categorie. Tali nodi sono rappresentati dai seguenti criteri: gestione, integrabilità e benessere per il sistema tecnologico-ambientale; salvaguardia dell'ambiente e uso razionale delle risorse per l'ecosistema; sostenibilità finanziaria e fruibilità per il sistema socio-economico. Infine, nei cluster dei criteri i nodi sono costituiti dagli indicatori.

Dopo aver definito i Costi e i Benefici per ciascun cluster è stato possibile effettuare due livelli di confronto a coppie: uno relativo ai cluster, più generale, e l'altro relativo ai nodi, più specifico poiché coinvolge il livello degli indicatori. I confronti a coppie si basano sulla scala fondamentale di Saaty che trasforma i valori da 1 a 9 in giudizi semantici, dove il valore 1 rappresenta lo stesso grado di importanza degli indicatori confrontati, mentre il valore 9 definisce un'importanza estrema di un indicatore rispetto all'altro.

Nella valutazione non sono stati presi in considerazione i giudizi intermedi (costituiti dai numeri pari) per semplificare la procedura di attribuzione dei valori.

Il risultato della valutazione ha prodotto un *ranking* delle soluzioni tecnologiche al fine di determinare le priorità di intervento rispetto alla valutazione dei Costi e dei Benefici. Inoltre, l'analisi di sensitività ha consentito di valutare la coerenza dei risultati finali, in una logica "what-if" secondo cui variando il peso assegnato agli indicatori è possibile verificare il cambiamento del *ranking* finale delle soluzioni.

Soluzioni adattive: valutazione dei costi di costruzione

Le diverse soluzioni adattive ipotizzate sono state analizzate in modo specifico effettuando una stima parametrica dei costi di costruzione unitari, in coerenza con le sette categorie di soluzioni selezionate dal gruppo di ricerca. Per ciascuna categoria sono stati definiti: il parametro unitario di riferimento, la fonte del dato e un intervallo di variazione del costo unitario. L'intervallo di variazione dei costi di costruzione è stato ottenuto applicando alle quantità caratteristiche i corrispondenti costi parametrici, rilevati o desunti da interventi similari già realizzati, o ricavati consultando i prezziari regionali e comunali, i listini ufficiali vigenti nell'area interessata o in altre aree geografiche comparabili, oppure mediante le stime di interventi specifici che riportano l'indicazione dei prezzi della soluzione ricercata. I risultati della stima parametrica sono stati inclusi nell'analisi Costi-Benefici integrata al metodo ANP al fine di dare una specificazione all'indicatore di costo per ciascuna delle soluzioni.

Intervalli di variazione dei costi unitari per ciascuna soluzione tecnologica / *Variations of unit costs for each technological solution.*

CATEGORIES OF SOLUTIONS	PARAMETER	UNIT COST	SOURCE
Transparent Building Envelope (ITR)			
Solar Shields	€ / sqm	30.00 to 550.00	Price list Region Campania 2016 / Ente Sardo for research and technological development
Selective glass	€ / sqm	71.00 to 95.00	Price list Provincial Trentino Alto Adige 2012
Opaque Vertical Building Envelope (IOV)			
Ventilated facade	€ / sqm	180.00 to 230.00	Price list Civil Works Construction autonomous province of Bolzano - South Tyrol 2016
Green facades (green wall)	€ / sqm	100.00 to 800.00	Greening the building envelope, façade greening and living wall systems (Perini et al., 2011)
Green Facade (rampants)	€ / sqm	30.00 to 75.00	Greening the building envelope, façade greening and living wall systems (Perini et al., 2011)
Coat insulation	€ / sqm	85.00 to 110.00	Price list Civil Works Construction autonomous province of Bolzano - South Tyrol 2016
Opaque Horizontal Building Envelope (IOO)			
Inclined roof insulation (Fan roof)	€ / sqm	90.00 to 120.00	Project Metropolis
Flat roof insulation (Warm roof)	€ / sqm	40.00 to 60.00	Project Metropolis
Inclined roof overlay	€ / sqm	110.00 to 230.00	Price list Civil Works Construction autonomous province of Bolzano - South Tyrol 2016
Roof Garden (extensive)	€ / sqm	50.00-70.00	Price list Assoverde 2013-2014
Roof garden (intensive)	€ / sqm	100.00 to 120.00	Price list Assoverde 2013-2014
Microventilated flat roof	€ / sqm	110.00 to 230.00	Price list Civil Works Construction autonomous province of Bolzano - South Tyrol 2016
Reflective Roof	€ / sqm	10.00 to 30.00	globalcoolcities.org
Facilities (IMP)			
Shutter maintenance	€ / CAD	20.00 to 35.00	Price list Piedmont Region in 2016
Rainwater collection and reuse of rainwater	€ / CAD	4000.00 to 6500.00	Price list of Public Works of the City of Venice in 2014
Solar thermal	€ / CAD	2850.00 to 4275.00	Price list of Public Works of the City of Venice in 2014
Outdoor Flooring (PES)			
Cool floors	€ / sqm	10.00 to 30.00	globalcoolcities.org
Cool paints for pavements	€ / sqm	8.00-10.00	globalcoolcities.org
Natural aggregates	€ / sqm	10.00 to 30.00	Price list Provincial Autonomous Province of Trento in 2012
Open joint pavements	€ / sqm	50.00 to 130.00	Price list Civil Works Construction autonomous province of Bolzano - South Tyrol 2016
Open joint pavements with grass	€ / sqm	30.00 to 50.00	Price list Assoverde 2013-2014 / Price list Civil Works Construction autonomous province of Bolzano - South Tyrol 2016
Porous surfaces	€ / sqm	2.00 to 4.00	Price list Puglia Regional Public Works 2012
Green areas	€ / sqm	30.00 to 40.00	Product OF 2012 (Milan Civil Engineers)
Rows of trees	€ / CAD	55.00 to 565.00	Price list Campania Region in 2016
Rain Garden/Bioswale	€ / sqm	50.00 to 460.00	http://nemo.uconn.edu/raingardens/calculator.htm
Open Space Screens (SSA)			
Fixed Covers	€ / sqm	150.00 to 450.00	Price list Campania Region in 2016
Removable covers	€ / sqm	5.00 to 330.00	Price list of Public Works Regional Friuli Venezia Giulia 2015
Green pergolas	€ / sqm	70.00 to 140.00	Price list of Public Works of the City of Venice in 2014
Water Bodies (WBD)			
Retention basin	€ / CAD	120.00 to 400.00	Price list Region Basilicata 2010
Tubs and fountains	€ / sqm	30.00 to 60.00	Product OF 2012 (Milan Civil Engineers)
Water squares	€ / sqm	500.00	http://www.publicspace.org

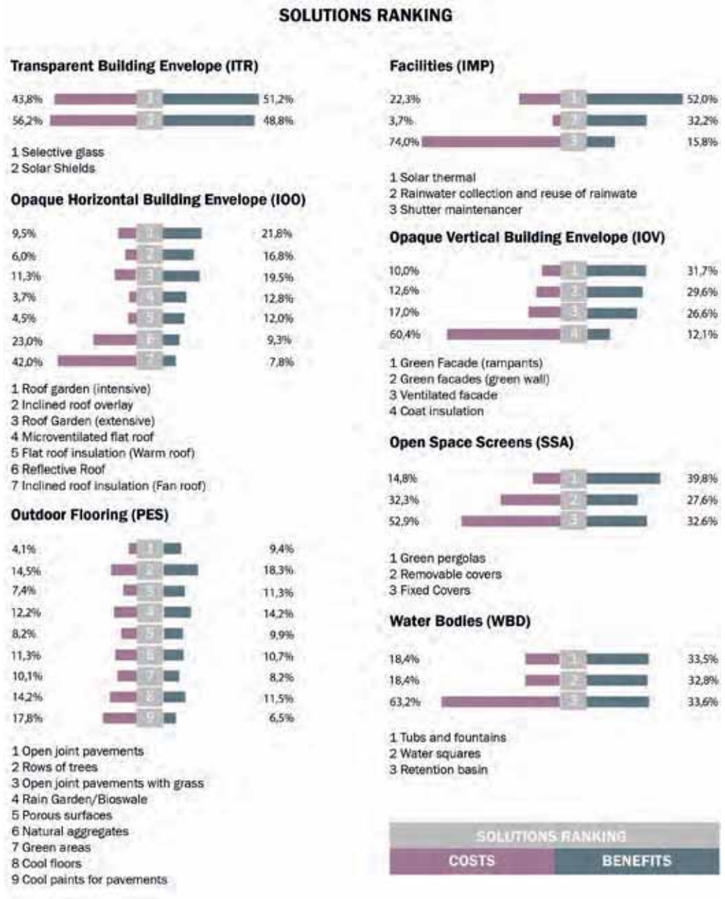
constitute the sub-categories of the nodes. The third and fourth phases involve, respectively, building a super-matrix that combines the interrelations of clusters and nodes, through the technique of pairwise comparison, and, finally, determining the weights which have been made explicit by the eigenvalues of the priority matrixes related to each main cluster (Bottero and Ferretti, 2011; Cerreta et al., 2011).

In this case, the decision problem has been structured into two main clusters: Costs and Benefits. Each of these contains the first level of nodes which represent respectively the three macro-categories of systems: environmental

Ranking delle soluzioni tecnologiche /
Ranking of the technological solutions.

technology, ecosystem and socio-economic. In turn, the nodes of the upper layer (the macro-categories) become the cluster of a sub-network that contains the nodes for each of these macro-categories. These nodes are represented by the following criteria: management, integration and well-being for the environmental technology system; environmental protection and rational use of resources for the ecosystem; financial sustainability and usability for the socio-economic system. Finally, in the criteria clusters, the nodes are made up of indicators.
After defining the Costs and Benefits for each cluster, it has been possible to carry out two levels of comparison in pairs: one is related to cluster level, more general, and the other is related to nodes level, which is more specific because it involves the level of indicators. Pairwise comparisons are based on the fundamental scale of Saaty which transforms values from 1 to 9 in semantic ratings, where the value 1 represents the same degree of importance of the compared indicators, while the value 9 defines an extreme importance of one indicator with respect to the other. Intermediate assessments (consisting of even numbers) were not taken into account in the evaluation in order to simplify the procedure for attributing values.
The result of the evaluation has produced a ranking of the technological solutions in order to determine the priorities for intervention with respect to the evaluation of Costs and Benefits. In addition, the sensitivity analysis let to assess the consistency of the final results, in "what-if" logic according to which by varying the weight assigned to the indicators it is possible to verify the change of the final ranking of the solutions.

Adaptive Solutions: evaluation of construction costs
The different adaptive hypothesized solutions have been analyzed in a specific way by performing a parametric estimate of the unitary construction costs, consistently with the seven categories of solutions selected by the research group. For each category, the following has been defined: the unit reference parameter, the data source and a range of the unit cost.
The range of variation of construction costs has been obtained by applying the corresponding parametric costs to the characteristic quantities, which have been measured or inferred from similar interventions already carried out, or obtained by consulting the regional and municipal price lists, the official prices lists existing in the area concerned or in other comparable geographical areas, or by estimating specific interventions that indicate the solution sought prices.
The results of the parametric estimation have been included in the Costs and Benefits analysis integrated with the ANP method in order to give a specification to the indicator cost for each solution.



Risultati e conclusioni

Nella figura si riportano i risultati di sintesi che rappresentano i diversi *ranking* delle soluzioni tecnologiche per ciascuna delle sette categorie. Il modello ANP consente due livelli di analisi in relazione alla struttura gerarchica del problema decisionale. Il livello più alto (*top-level*) riporta in modo sintetico i valori normalizzati dei Costi e dei Benefici per ciascuna delle soluzioni (alternative). Il secondo livello lavora sui cluster di criteri che, nel caso in esame, sono rappresentati dai tre sistemi tecnologico-ambientale, ecosistema e socio-economico, definendo separatamente i valori normalizzati e i relativi *ranking* delle soluzioni nel *network* dei Costi e in quello dei Benefici. Le soluzioni preferibili sono quelle che totalizzano un bilanciamento tra le percentuali dei valori di Benefici e di Costi, massimizzando i primi e minimizzando i secondi. Ad esempio, nella categoria "superfici esterne" la soluzione ottimale, collocata al primo posto nel *ranking* finale, è costituita dalle "pavimentazioni a giunto aperto" che, pur non ottenendo la percentuale più alta di Benefici (9,4 %), riesce a minimizzare i Costi (4,1%) rispetto alle altre soluzioni. Nella stessa categoria, la soluzione "pitture cool per pavimentazioni", invece, è nella posizione più bassa del *ranking* dal momento che massimizza i Costi (17,8%) e minimizza i Benefici (6,5%). Un altro esempio è rappresentato dalla categoria "Waterbodies" in cui la soluzione "bacino di ritenzione" pur riportando la maggior percentuale di Benefici (33,6%) non è preferibile perché fra tutte presenta la più alta percentuale di Costi (63,2%). Il percorso metodologico strutturato permette di selezionare le soluzione tecnologiche secondo un approccio flessibile ed adattivo, che tiene conto del punto di vista degli esperti ma, allo stesso tempo, considera alcuni indicatori significativi che identificano le tipologie di *perfomance* in termini oggettivi. Attraverso il processo decisionale proposto è possibile pervenire all'identificazione di soluzioni preferibili condivise da selezionare in base alla capacità di armonizzare i Costi con i Benefici, in coerenza con i principi della sostenibilità ambientale, sociale, economica ed istituzionale.

References

Bottero M., Ferretti V. (2011), "Assessing urban requalification scenarios by combining environmental indicators with the Analytic Network Process", *Journal of Applied Operational Research*, 3 (2): 75-90.
Bryson N., Ayodele M. (1997), "An action learning evaluation procedures for multiple criteria decision making problems", *European Journal of Operational Research*, 96 (2): 379-386.
Cerreta M., Cannatella D., Poli G., Sposito S. (2015), "Climate change and transformability setting evaluation for Venice (Italy) port-city through ANP method", in *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2015*, PT IV. Lecture Notes in Computer Science, 9158: 50-63, Berlin, Springer-Verlag.
Fusco Girard L., Cerreta M., De Toro P. (2014), "Integrated Assessment for Sustainable Choices". *ScienzeRegionali*, 13 (9): 111-142.
Njikamp P., Rietveld P., Voogd H. (1990), *Multicriteria Evaluation in Physical Planning*, Elsevier, Amsterdam.
Opricovic S., Tzeng G.H. (2004), "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of Vikor and Topsis", *European journal of operational research*, 156 (2): 445-455.
Saaty T.L., Vargas L.G. (2006), *Decision Making with the Analytic Network Process*, Springer, USA.

Results and conclusions
The figure shows the outcomes which represent the ranking of the different technological solutions for each of the seven categories.
The ANP model allows two levels of analysis in relation to the hierarchical structure of the decision-making problem. The highest level (top-level), summarises the standardised values of the Costs and Benefits of each solution (alternatives). The second level works on the cluster-criteria that are represented by the systems, ecosystems and socio-economic, defining separately the normalized values and the relative ranking of the solutions in the Cost network and in the Benefit network. The preferred solutions are those which totalize a balance between the percentages of the Benefits and Costs values, maximizing the former and minimizing the latter. In the example, in the "Outdoor Flooring" category the optimal solution, placed at first place in the final ranking, is the "Open joint pavements" which, although not achieving the highest percentage of benefits (9.4%), succeeds in minimize costs (4.1%) compared to other solutions.
In the same category, the "Cool paints for pavements" solutions in the lowest position of the ranking since it maximizes the costs (17.8%) and minimizes the benefits (6.5%).
Another example is represented by the category "Water Bodies" in which the "Retention basin" solution although reporting the highest percentage of benefits (33.6%) is not preferable because of the highest percentage of costs (63.2%).
The structured methodological approach allows to select the technological solution according to a flexible and adaptive approach, which takes account of the experts' point of view but, at the same time, considers some significant indicators that identify the types of performance in objective terms. Through the proposed decision-making process, it is possible to identify shared preferable solutions to be selected according to their ability to harmonize Costs with Benefits, in line with the principles of environmental, social, economic and institutional sustainability.

Ponticelli Smart Lab: un ambiente ibrido per l'implementazione di approcci esperienziali al cambiamento climatico

Maria Federica Palestino

Ponticelli Smart Lab: a hybrid environment for the implementation of experimental approaches to climate change

A number of recent EU-funded projects have pushed towards a reinterpretation of the smartness concept to widen it on a social level[2]. Following such a new conception, urban smartness is not limited to rewarding the technological innovation of a specific urban service, nor simply the effectiveness or efficiency of its performance, but it is also analysed in terms of the relationship dimension it generates: the ability to develop policies and plans responding to people's needs and desires.
Designing new services focused on the people means, in this sense to finalize urban planning and design towards the creation of service design tools and methods stabilizing and strengthening bottom-up initiatives.
It is interesting to notice that in recent Italian and foreign urban studies - born in response to emerging needs and values of contemporary society - there is a growing design tendency to include in its scope intangible elements such as signs, interactions, processes, and services (Manzini et al., 2011, 2012, 2013).
Recently, the focus on the intangibles is bringing closer designers and planners thanks to the experimentation of collective practices included in cooperative projects. In fact, as opposed to the former, planners have a rooted tradition of interaction with stakeholders, especially based on the idea of bringing administrators and citizens close to the strategic decision dimension, concerning the transformation of urban environments.
Besides, it is also true that the concept of Smart City, and consequently the idea of Smart Neighbourhood, have further promoted the relationship between design and urban planning, nurturing the idea that the harmonized development of a contemporary city, its public open spaces, and its built heritage, is based on the ability to design and manage the interaction between the city configuration and the new information network to provide it with.
Building virtuous interaction of this nature thus means to test and promote smart service ideas and solutions that, in response to growing needs of citizens and city users, may truly change existing spaces, not only by remodelling the city as a physical environment, but also modifying the ways in which people use it and give it meaning.

Alcuni recenti progetti Europei hanno spinto a rivedere il concetto di *smartness* per ampliarlo in chiave sociale[1]. Secondo questa nuova concezione, la *smartness* urbana non si limita a premiare l'innovatività tecnologica di un determinato servizio urbano, né l'efficacia e l'efficienza della sua *performance*, ma va guardata anche per la dimensione relazionale che riesce a innescare: ovvero per la capacità di sviluppare politiche e programmi rispondenti ai bisogni e ai desideri delle persone.
Concepire nuovi servizi centrati sulla persona significa, in questa ottica, finalizzare le competenze dell'*urban planning* e del *design* all'ideazione di strumenti e metodi di *service design* che stabilizzino e rafforzino le iniziative veicolate dal basso.
Un dato interessante in questa direzione riguarda il fatto che negli studi urbani recenti, nati per rispondere a bisogni e valori emergenti della società contemporanea, si coglie sempre di più, anche in Italia, la tendenza del *design* a includere nel proprio dominio artefatti intangibili quali segni, interazioni, processi e servizi (Manzini et al., 2011, 2012, 2013). Recentemente l'attenzione all'immateriale sta avvicinando i *designer* ai *planner*, grazie alla sperimentazione di pratiche partecipative legate al progetto collaborativo. Infatti, diversamente dai primi, i *planner* hanno una radicata tradizione di interazione con gli *stakeholders*, basata soprattutto sull'idea di avvicinare amministratori e cittadini al campo strategico delle decisioni sulla trasformazione degli ambienti urbani.
D'altra parte, è anche vero che il concetto di *Smart City* e, con esso, quello di *Smart Neighbourhood*, hanno ulteriormente promosso la relazione fra *design* e *urban planning*, rafforzando l'idea che lo sviluppo armonioso della città contemporanea, dei suoi spazi pubblici e aperti, e del suo patrimonio costruito si basi sulla capacità di progettare e gestire l'interazione fra la forma della città e la nuova infrastruttura informativa di cui dotarla. Costruire interazione virtuosa di siffatta natura significa, allora, sperimentare e promuovere idee e soluzioni di servizi "smart" che, rispondendo a bisogni emergenti di cittadini e utenti, modifichino realmente gli spazi esistenti, non solo rimodellando la città fisica, ma anche lavorando sui modi in cui le persone la producono e le danno senso.
Il significato di *Human Smart City* (Concilio et al., 2016) recentemente affiancato all'originaria dicitura di *Smart City* mira, dunque, a sfidare l'approccio tecnocentrico con cui si è fin qui prevalentemente guardato alla *smartness*, per scegliere una direzione più orientata agli aspetti umani e, in ogni caso, meno legata al profitto economico.

L'aggiunta dell'aggettivo "human", d'altra parte, evita, o per lo meno sfuma, l'ingannevole punto di vista di quei *designer* che tuttora propongono se stessi come *problem solver*. Esso invita, infatti, a riflettere su come impostare piattaforme tecnologiche che rendano più giusti e più efficaci i sistemi sociali urbani, utilizzando processi incrementali di progettazione partecipata capaci di integrare, entro una prospettiva coerente e condivisa, sperimentazione, educazione e mobilitazione comunitaria, ricerca applicata e interpretazioni in chiave plurale delle politiche pubbliche.
Nonostante l'interesse di questa proposta teorica, la concettualizzazione della dimensione sociale della *smartness* rimane ancora dominio di pochi. Necessita, pertanto, di essere irrobustita attraverso sperimentazioni che favoriscano il più possibile l'incontro fra le discipline del *design* e del *planning*, all'interfaccia con gli utenti.
Coerentemente con questa tesi, a Ponticelli si è scelto di sperimentare un ambiente ibrido (laboratorio di ascolto attivo + workshop di autocostruzione), ove i punti di vista del *planner* e del *designer* fossero complementari l'uno all'altro per rispondere all'obiettivo comune di sensibilizzare una piccola comunità locale al tema del cambiamento climatico.

Laboratorio di ascolto attivo

> *«A significant part of our ability to address our big problems is social, because addressing real problems in a real way means addressing them collectively. Addressing climate change, to choose an obvious example, will not be "solved" by a small elite who will do it for us, even if made up entirely of geniuses. We clearly need "smart people" for our smart cities, but our hope is that their smartness is augmented with something that is closer to what has been traditionally called wisdom - and what we are calling here civic intelligence » (Schuler, 2016, pp. 51-52).*

In linea con la citazione riportata, la tipologia di laboratorio al quale la ricerca Metropolis ha puntato nell'implementazione del *Ponticelli Smart Lab* mirava a convogliare intelligenza civica intorno ai primi segnali riverberati dal cambiamento climatico su uno degli ecosistemi urbani più fragili della città, sia dal punto di vista ecologico, che sociale (Palestino, 2017). Si tratta dell'ecosistema delle ex paludi di Napoli originatosi entro un *milieu* contadino che è stato affiancato e poi via via sostituito, nel giro di pochi decenni, da quartieri operai abitati da popolazioni in rapida evoluzione.
In questo senso il laboratorio ha offerto un *setting* ove esperti e non esperti hanno avuto tre mesi a disposizione (da settembre a dicembre 2016) per interagire, finalizzandosi al raggiungimento di una narrazione in chiave ambientale del quartiere che fosse condivisa dai partecipanti.

The definition of Human Smart City (Concilio et al., 2016), a recent addition to the original meaning of Smart City, thus aims to challenge the technocentric approach on which smartness has been mainly founded upon to date and choose a direction more focused on human - and in any case less profit-based - aspects.
Indeed, the addition of the adjective "human" avoids, or at least blurs, the misleading perspective of designers who even nowadays introduce themselves as problem solvers.
In fact, the new definition invites to a reflection on how to set up technological platforms making urban social systems more equal and efficient, by using ameliorative collective design processes able to integrate - within a coherent and shared perspective - community-based experimentation, education, mobility, applied research, and interpretation of public policies.
Despite the interest in such theoretical proposal, the conceptualization of a social dimension of smartness still remains available to a selected few. It must therefore be fortified through experimentation favouring the link between design and planning with the user interface as much as possible.
Coherently with such approach, in Ponticelli the researchers have chosen to test a hybrid environment (active listening laboratory + self-building workshop) in which planner's and designer's perspectives could be complementary to one another in order to respond to the common objective of making a small local community aware of the climate change topic.

Active listening laboratory

«A significant part of our ability to address our big problems is social, because addressing real problems in a real way

Floricoltura / *Floriculture.*

means addressing them collectively. Addressing climate change, to choose an obvious example, will not be "solved" by a small elite who will do it for us, even if made up entirely of geniuses. We clearly need "smart people" for our smart cities, but our hope is that their smartness is augmented with something that is closer to what has been traditionally called wisdom - and what we are calling here civic intelligence» (Schuler, 2016, pp. 51-52).

In line with the above quote, the type of laboratory the Metropolis research project has chosen for the implementation of the Ponticelli Smart Lab was aimed at funnelling civic intelligence towards the initial signs of climate change on one of the most fragile urban ecosystems of the city - both on an environmental and social level (Palestino, 2017). The ecosystem in concern is the former wetland of Naples, once located in a farming context that has been paired and gradually replaced - within a few decades - by industrial areas with a rapidly increasing resident population.
In this scope, the experiment has offered a setting in which both experts and non-experts have had a 3-month time period (September to December 2016) to interact, which has aided the purpose of formulating an environmentally-based narration of the neighbourhood that could be approved by the lab participants themselves.
In this experimentation process, the DiARC (Department of Architecture at the University of Naples) has purposely taken on the role as linking element not only between researchers and residents, but also between the latter and the local administration. The intention of anchoring applied research to a strategic vision has moreover allowed to maintain the following meta-questions in the background:
1. Should one of the first certainties to fail be the participation of users in the choices leading to the transformation of their living spaces, is it possible to make the University an ethical point of reference, and make the research a tool to support local administration through the protection of scarcely represented interests?
2. To avoid that uncontrolled transformation processes would crash fragile territories, is it possible to implement the concept of community resilience?
3. Given that community involvement has long been a practice exploited by local administration - in the best case to communicate public policies, in the worst case deformed for populist and political consent purposes- and given the fact that the financial crisis is not helpful in making a better use of it, what kind of involvement must be guaranteed, today, in the scope of protecting the right to urban environments?
The Smart Lab has worked as a hub responding to multiple purposes: first of all, to attest and examine more in depth the results of the collaborative mapping created throughout the analysis phase of the Metropolis project (see: Palestino, 2017); secondly, to present initial answers to the previously outlined research questions.
From an operational perspective, the lab was managed by DiARC in cooperation with the cultural organization ARCI Movie in Ponticelli, which has offered its headquarters for meetings and has coordinated video documentation of the project phases, working in synergy with a network of local entities headlined by a drug users rehabilitation centre coordinated by the ASL (local health authority) Napoli 1.
For the past few years, the Environmental Department of the Municipality of Naples has granted "temporary management"[2] which has allowed it to launch the participative management initiative involving about 25% of the area included in the "Fratelli De Filippo" park, that had been created within the so-called 167 area (a category of Italian public housing areas built after the issuance of Law 167/1962) using the reconstruction funds allocated after the 1980 earthquake by the PSER (extraordinary public housing program).
Because of the dormant financial breakdown of the City of Naples, and the consequent lack of funding for management of the city's green spaces, the park has gradually lost its public use, becoming an abandoned relict of a past season of welfare that today's administration can no longer afford. Of course, the temporary managed area is a positive exception, and has been converted to an "Orto Sociale Urbano" (community garden), also thanks to the active participation of parish churches, schools, NGOs, and families that garden its terraces since 2014, practising urban agriculture following a strongly disciplined form of volunteering[3].

Il DiARC, nell'ambito di questa sperimentazione, ha inteso svolgere un ruolo di cerniera non solo fra studiosi e abitanti, ma anche fra questi ultimi e chi amministra il territorio. L'intenzione di ancorare la ricerca applicata a una visione strategica ha consentito, inoltre, di tenere sullo sfondo le seguenti meta-domande:
1. Allorquando una delle prime garanzie a saltare è la partecipazione degli utenti alle scelte che presiedono alla trasformazione dei propri luoghi di vita, è possibile fare dell'Università un riferimento etico, e della ricerca uno strumento per supportare il governo del territorio attraverso la difesa di interessi debolmente rappresentati?
2. Per evitare che processi incontrollati di trasformazione travolgano i territori fragili, è possibile mettere al lavoro il concetto di resilienza comunitaria?
3. Atteso che la partecipazione è da tempo pratica strumentalizzata dalle amministrazioni locali: nel migliore dei casi utilizzata per comunicare le politiche pubbliche, nel peggiore deformata a fini populistici e di consenso politico, e tenendo conto del fatto che la crisi non aiuta certo a farne usi migliori, che tipo di partecipazione va garantito, oggi, nella difesa del diritto agli ambienti urbani?
Lo *Smart Lab* ha funzionato come luogo rispondente a più scopi: prima di tutto verificare e approfondire i risultati della mappatura collaborativa portata a termine nella fase analitica della ricerca Metropolis (cfr. Palestino, 2017); in secondo luogo mettere in campo prime risposte alle domande di ricerca appena formulate.

Serre / *Greenhouses*.

Dal punto di vista operativo, esso è stato gestito dal DiARC in collaborazione con l'associazione culturale Arci Movie di Ponticelli, che ha offerto la sede per incontrarsi e ha curato le video-riprese del percorso intrapreso, e in sinergia con una rete di soggetti locali guidati da un centro di riabilitazione per le tossicodipendenze al servizio della Azienda Sanitaria Locale Napoli 1.
Questo attore, in particolare, è responsabile da qualche anno di un "affido"[2] da parte dell'assessorato all'ambiente del comune di Napoli che gli ha consentito, in quanto capofila, di avviare l'esperienza di gestione partecipata di circa un quarto delle superfici che compongono il parco urbano "Fratelli De Filippo" realizzato, al centro del quartiere 167, con i fondi della ricostruzione del terremoto del 1980 entro il Programma straordinario di Edilizia Residenziale Pubblica (PSER).
Il parco, a causa del latente dissesto finanziario del comune di Napoli, e della conseguente carenza di fondi per la gestione del verde cittadino, è stato via via sottratto all'uso pubblico, trasformandosi nel relitto abbandonato di una passata stagione di *welfare* che l'odierna amministrazione comunale non può più permettersi. Fa eccezione, ovviamente, la *tranche* in affido, che è stata trasformata in "Orto Sociale Urbano" grazie alla cooperazione attiva di parrocchie, scuole, associazioni e famiglie che ne coltivano i terrazzamenti dal 2014, praticando l'agricoltura urbana attraverso una formula di volontariato fortemente disciplinata[3].

Infrastruttura civica e open innovation

> *«When we think of our society as a lab that is consciously launching experiments, we are reframing the world in our minds as, potentially, a vast experiment in progress. With this type of reframing (…) we would incorporate civic intelligence into a new type of "civic infrastructure" with citizens think tanks or civic intelligence labs» (Shuler, 2016, p. 56).*

«Ponticelli Smart Lab. Il cambiamento climatico si misura con la comunità di Napoli est» è il nome degli incontri che hanno dato vita alla fase di ascolto attivo di abitanti e utenti presso la sede dell'associazione Arci Movie. Per condensare intelligenza civica - ovvero *human smartness* - sono stati realizzati sei incontri a cadenza settimanale e un *workshop* che hanno visto il confronto diretto fra ricercatori del DiARC e *stakeholder* di Ponticelli.
Gli incontri sono stati articolati attraverso alcune comunicazioni frontali intervallate da confronti strutturati con i partecipanti, nonché da una serie di sopralluoghi territoriali concordati con residenti e utenti del quartiere.
I contenuti degli incontri sono stati i seguenti:
1. Il primo incontro ha sollecitato una riflessione sugli effetti del cambiamento climatico ragionando sulla diversità di approccio con cui casi esemplari come quelli implementati nelle città di New York (*top-down*) e Lima (*bottom-up*) hanno posto il

Civic infrastructure and open innovation
«When we think of our society as a lab that is consciously launching experiments, we are reframing the world in our minds as, potentially, a vast experiment in progress. With this type of reframing (…) we would incorporate civic intelligence into a new type of "civic infrastructure" with citizen think tanks or civic intelligence labs» (Schuler, 2016, p. 56).

"Ponticelli Smart Lab. Tackling climate change with the East-side Naples community" is the name of the series of meetings that have launched the (residents and city users) active listening phase at the ARCI Movie organization headquarters.
In order to extract the juice of civic intelligence - or "human smartness" - as organizers, we have scheduled six meetings, one per week, and a workshop, that have featured a direct debate between DiARC researchers and Ponticelli stakeholders.
The schedule included both presentations and structured discussion between participants, as well as a series of in-situ surveys agreed with residents and users of the suburb.
Contents of the meetings are listed as follows:
1. In the first meeting a reflection upon the effects of climate change has been launched. Different approaches towards implementation of the topic in the public agenda have been analysed, namely prime examples such as New York City (top-down approach) and Lima (bottom-up approach).
2. The second meeting featured a discussion between participants on the results of a territory-based survey performed in two previous departmental research projects[4], to be used as a starting point. The discussion was functional to the formulation of the idea of video documentation to be created throughout surveys to be carried out in parallel to the meetings (focus on strengths and weaknesses of the site in terms of exposure to pluvial flood and heat wave effects).
3. The third meeting served as a filter for the requests and matters emerged in the previous meetings and surveys, comparing them with the initial indications of weak points recorded by DiARC researchers and thus formulating - together with the participants - in-depth analyses and custom-made interpretation tools.
4. The fourth meeting was dedicated to the discussion of indicators, requirements, and performance that the vulnerable open spaces and constructions could have benefited of for an improved well-being and habitability of the borough and microclimate.
5. The fifth meeting - preparatory to the launch of the "Cellule socio-tecniche resilienti" (resilient social-technical units) workshop - has served to discuss active projects in the suburb (in particular the PRU - plan for urban regeneration - led by the City of Naples) and to understand the legislative and procedural mechanisms that have hindered its regeneration and nurtured a stall in urban planning.

tema all'agenda delle politiche pubbliche.
2. Nel secondo incontro gli esiti dell'inchiesta territoriale condotta nel corso di due precedenti ricerche dipartimentali[4] sono stati discussi con gli intervenuti e utilizzati come base di partenza. Ciò è stato funzionale a stimolare l'ideazione delle documentazioni video da realizzare con sopralluoghi paralleli agli incontri (messa a fuoco dei punti di forza e delle problematiche del sito dal punto di vista dell'incidenza degli effetti di *pluvial flood* e di ondata di calore).
3. Il terzo confronto ha filtrato le sollecitazioni e le questioni emerse dai precedenti incontri e sopralluoghi, confrontandosi con primi rilievi di vulnerabilità prodotti dai ricercatori del DiARC per elaborare, insieme ai partecipanti, approfondimenti e chiavi interpretative su misura.
4. Il quarto appuntamento è stato dedicato a discutere indicatori, requisiti e prestazioni dei quali gli spazi aperti, i contenitori e gli edifici vulnerabili avrebbero potuto giovarsi per migliorare il benessere microclimatico e la vivibilità del quartiere.
5. Il quinto incontro, propedeutico all'avvio del workshop «Cellule socio-tecniche resilienti», è servito a confrontarsi con gli strumenti di piano attivi nel quartiere (in particolare con il progetto del PRU curato dall'amministrazione comunale di Napoli), e a comprendere le logiche normative e procedurali che ne hanno ostacolato la rigenerazione, favorendo lo stallo della programmazione urbanistica.

L'orto come pratica comunitaria /
A community garden.

Allo *Smart Lab* è stato, in questa fase, agganciato il *workshop* di autocostruzione nell'orto comunitario situato all'interno del parco urbano "Fratelli de Filippo" di Ponticelli. Esso è stato gestito da una dottoranda in tecnologia dell'architettura dell'Università Federico II che lo ha curato insieme al co-tutor presso l'Università TU Berlin. Il workshop, finalizzato a sperimentare dimensioni di *co-design*, è da ritenersi parte applicativa integrante dello *Smart Lab*, con il quale ha condiviso una buona fetta del pubblico dei partecipanti locali.
6. Il sesto e ultimo incontro è servito a gerarchizzare idee e proposte emerse nel corso del laboratorio, scegliendo le azioni prioritarie su cui puntare in un'ottica di progettazione sostenibile.
Riguardo alla metodologia utilizzata per stimolare il confronto con i partecipanti, si è attinto alle tecniche di interazione strutturata (focus groups, mappature collettive, passeggiate di quartiere, raccolta di storie orali, interviste qualitative su base storia di vita, ecc.) che di volta in volta si sono presentate più adeguate a rispondere alle diverse sollecitazioni ed esigenze messe in luce dagli intervenuti.
Il laboratorio, che è stato frequentato da un numero di partecipanti variabile fra 25 e 10, si è servito della percezione e del vissuto degli abitanti come dati qualitativi utili a "situare" le analisi e le ipotesi progettuali elaborate nel corso della ricerca Metropolis.

Cura dell'orto / *Taking care of a garden.*

At this stage, the Smart Lab has been accompanied by a self-building workshop in the community garden within the "Fratelli De Filippo" urban park in Ponticelli. The workshop was managed by a PhD candidate in Architectural Technology at the Federico II University of Naples, partnered with a co-tutor of the TU University of Berlin. The activity, with the end purpose of experimenting co-design solutions, may be considered an integral applied portion of the Smart Lab, with which it has shared the majority of local participants.
6. The sixth and final meeting had the purpose of drafting a hierarchy of the ideas and proposals arisen throughout the lab, by selecting primary actions to embrace in the scope of sustainable design.
In terms of the methods adopted to stimulate a discussion with participants, structured interaction techniques have been used (focus groups, collective mapping, walks around the neighbourhood, collection of oral storytelling, qualitative interviews based on real-life experiences etc.), proving to be growingly suitable in response to the different requests and demands highlighted by those present.
The lab - attended by a number of participants varying from 10 to 25 - has availed itself of the perception and experience of residents as qualitative data useful to the "positioning" of the analyses and design hypotheses developed throughout the Metropolis research project. The lab experience has served as an experimentation of a "middle tongue" melding technical/scientific and storytelling language and experience, bringing applied research closer to the community and vice versa, integrating ideas and peculiarities of the community in the research process, and finally communicating them to the local administration.
The result of such experimentation has the ambition - among others - to amplify the outcomes of mutual interaction from a communication perspective through the use of a medium - video documentation[5] - that is added to ordinary scientific dissemination tools in order to bring awareness even to otherwise distant interlocutors.
In particular, it must be underlined that the narration used in the video documentation of the awareness initiative launched with the lab experience - was based on a multi-voice storyboard. This narrative tool - accounting for all participant perspectives and the topics arising during neighbourhood walks - has expressed, on one hand, how the nature of the site has always been intertwined with the physical structure of the borough and the know-how of its

residents, and on the other hand how the initial effects of climate change will indeed have repercussions on the social dimension of the suburban lifestyle.
Such shared narration, as the result of the entire Smart Lab itinerary, may thus be considered the first innovative element of the experiment. The second "open innovation" concerns the experimentation of community-based solutions for sustainable management of rainwater, and the related prototyping of a self-built water recirculation system.

1. Referenced programs include, in particular, the Peripheria European Project (2010-13) and My Neighbourhood (2013-2015).
2. The temporary management system has been introduced during Luigi De Magistris' first term as mayor of Naples, and is being fine-tuned by the City of Naples to this day. It is included among experimental tools with which the Naples administration has planned to share management of the city's common goods with the civil society. The system was born to experiment collective administration of different types and sizes of open public spaces: from streetside flowerbeds to significant portions of large urban parks such as those in the 167 areas of Ponticelli and Scampia neighbourhoods (for the temporary management of the Scampia public park, see Berruti and Palestino, 2016).
3. The community garden was born as a work reintegration initiative for former drug users, benefiting of work-scholarships and the services of the local retirees who - given the farming background of their families - have performed a fundamental social tutoring function (personal interview with Dr. Anna Ascione of the Lilliput adult daycare centre managed by ASL Napoli 1 and manager of the "Orto Sociale Urbano" project).
4. Particular reference is made to the 2011 FARO research and the first phase of the Metropolis research project.
5. A short video version (about six minutes) and a long one (about 20 minutes) is available online in Italian or English language by typing "Resilient Ponticelli" on the main search engines or at http://www.progetto-metropolis.it/napoli-est-e-ovest.The documentary has been co-produced together with Parallelo 41, thanks to the technical collaboration by Filmap and Arcimovie.

L'esperienza laboratoriale è servita a sperimentare una sorta di "lingua di mezzo" entro la quale i linguaggi tecnico-scientifici e i linguaggi dell'esperienza e del vissuto si sono incontrati e organizzati per portare la ricerca applicata più vicina alla comunità, per fare entrare le idee e le specificità della comunità nella ricerca e, infine, per comunicare tutto questo a chi amministra il territorio.
Il prodotto di questa sperimentazione ambisce, fra le altre cose, ad amplificare in chiave comunicativa gli esiti di questa mutua interazione attraverso l'uso di un supporto, il video-documento[5], che si aggiunge agli ordinari strumenti di divulgazione scientifica per sensibilizzare anche interlocutori altrimenti irraggiungibili. In particolare, per quanto riguarda la narrazione che sostanzia la video-documentazione del percorso di conoscenza avviato attraverso il laboratorio, va sottolineato che essa è stata strutturata attraverso la scrittura di uno *story-board* a più voci. Espediente narrativo che, tenendo conto dei punti di vista espressi dai partecipanti, e delle tematiche emerse dalle passeggiate di quartiere, ha esplorato, da un lato, come la natura del sito sia da sempre intrecciata con la struttura fisica del quartiere e i *know-how* dei suoi abitanti; dall'altro, come i primi effetti del cambiamento climatico andranno nei prossimi anni a riverberarsi sulla dimensione sociale dell'abitare periferico.
Questa narrazione condivisa, esito dell'intero percorso di *Smart Lab*, può essere dunque considerata a tutti gli effetti il primo prodotto innovativo realizzato nell'ambito del laboratorio; la seconda "open innovation", riguarda la sperimentazione di soluzioni *community-based* per la gestione sostenibile delle acque piovane e per la prototipizzazione di un sistema auto-costruito di riciclo delle stesse.

Semina dell'orto / *Sowing phase in a garden.*

1. Il riferimento è, in particolare, ai programmi Peripheria European Project (2010-13) e My Neighbourhood (2013-2015).
2. La formula dell'affido è stata introdotta nel corso della prima sindacatura di Luigi De Magistris ed è tuttora in via di perfezionamento da parte del comune. Essa fa parte degli strumenti sperimentali con cui l'amministrazione di Napoli ha inteso condividere con la società civile la gestione dei beni comuni della città. L'affido è nato per sperimentare la gestione collettiva di spazi aperti di diversa tipologia e misura: dalle aiuole stradali a parti rilevanti di grandi parchi urbani come quelli delle 167 di Ponticelli e Scampia (sull'affido del parco di Scampia si rimanda a Berruti e Palestino 2016).
3. L'Orto è nato attraverso il reinserimento lavorativo di alcuni ex tossicodipendenti che hanno fruito di borse-lavoro, godendo del servizio volontario di pensionati del quartiere che, attingendo alla cultura contadina da cui le famiglie locali provengono, hanno svolto una determinante funzione di tutoraggio sociale (colloquio personale con la dottoressa Anna Ascione del Centro Diurno Lilliput della ASL Napoli 1, responsabile del progetto Orto Sociale Urbano).
4. Si tratta, nello specifico, delle ricerche F.A.R.O. 2011 e della fase analitica della ricerca Metropolis.
5. Il video, disponibile in versione breve (sei minuti circa) e in versione lunga (20 minuti circa), è consultabile in italiano e inglese digitando il titolo "Ponticelli resiliente", oppure "Resilient Ponticelli" sui principali motori di ricerca; oppure all'indirizzo http://www.progetto-metropolis.it/napoli-est-e-ovest. La documentazione, prodotta con Parallelo 41, si è avvalsa del supporto tecnico di Filmap e Arcimovie.

References

Berruti G., Palestino M. F. (2016), "Le politiche della partecipazione. Scampia", Rossomando L. (Eds.), *Lo stato della città. Napoli e la sua area metropolitana*, Monitor edizioni, Napoli, pp. 395-402.

Concilio G. (2016), "Urban Living Labs: Opportunities in and for Planning", in Concilio G., Rizzo F. (Eds.), *Human Smart Cities. Rethinking the Interplay between Design and Planning*, Springer, Switzerland, pp. 21-40.

Concilio G., Marsh J., Molinari F., Rizzo F. (2016), "Human smart cities: a new vision for redesigning urban community and citizen's life", in Kunifuji S., Papadopoulos G. A., Skulimowski A. M. J., Kacprzyk, J. (Eds.), Knowledge, *Information and Creativity Support Systems: recent trends, advances and solutions*, Springer, Switzerland, pp. 269-278.

Manzini E., Rizzo F. (2011), "Small projects/large changes: participatory design as an open participated process", *CoDesign*, 7(3-4), pp. 199-215.

Manzini E., Rizzo F. (2012), "The SEE project: a case based study to investigate the role of design in social innovation initiatives for smart cities", in Campagna M., De Montis A., Isola F., Lai S., Pira C., Zoppi C. (Eds.), *Planning support tools: policy analysis, implementation and evaluation*, Franco Angeli, Milano.

Manzini E., Staszowski E. (2013), "Introduction", in Manzini E., Staszowski E. (Eds.), *Public and collaborative: exploring the intersection of design, social innovation and public policy*, DESIS Network, Milano.

Palestino M. F. (2017), "La mappatura collaborativa di Napoli est: fra cambiamento climatico e community resilience", in D'Ambrosio V., Leone M. F. (Eds.), *Progettazione ambientale per l'adattamento al climate change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza*, Clean, Napoli, pp. 158-168.

Shuler D. (2016), "Smart Cities + Smart Citizens = Civic Intelligence?", in Concilio G., Rizzo F. (Eds.), *Human Smart Cities. Rethinking the Interplay between Design and Planning*, Springer, Switzerland, pp. 41-60.

Iconographic references

Le fotografie, gentilmente concesse dal fotografo Gianni Fiorito, sono pubblicate in *Terra buona. Ponticelli, il paesaggio e la memoria*, 44 Edizioni, Napoli.

Iconographic references
The photographs by Gianni Fiorito are published in Terra buona. Ponticelli, il paesaggio e la memoria, *44 Edizioni, Naples.*

Cellule socio-tecniche resilienti: sperimentazione di soluzioni tecnologiche per l'adattamento alla scala della comunità

Cristina Visconti

Socio-Technical Resilient Cells: testing of adaptive technological solutions at community scale

The holistic approach of the Water Sensitive Urban Design

The reintroduction of natural flows and water cycle within the built environment is a key climate change adaptation strategy developed through an integrated water management in urban planning and environmental design measures (UNEP, 2014). Among the approaches to the Sustainable Stormwater Management the Water Sensitive Urban Design (WSUD) is emerging as an effective adaptive design methodology (Hoyer et. al., 2011, Flörke et al., 2011). All the elements of water cycle and its interconnection with the urban system are considered to achieve results that are coupling the reintegration of ecosystem services with social needs (Kazmierczak and Carter 2010) in order to reduce the climate-related risks through a synergic network of green and blue infrastructures (TEEB, 2011, Raven et al., 2018).

Indeed a multi-scale grid of green and blue adaptation options (e.g. wooded areas, vegetated soils, courtyard-gardens, urban forest and gardens, green roofs and facades, water surfaces, drainage and storage basins, reuse systems) can provide an improvement in micro-climatic comfort conditions, a reduction of health risks while enhancing urban regenerative processes in a logic of co-benefit (Visconti, 2015). This supports the resilience of the built environment decreasing environmental and socio-economical vulnerabilities (UNEP, 2012). Therefore, according to a holistic approach, the adaptive design for the transition of the built environment considers both the ecological and social spheres to engage a process in which the local community is capable to develop resilience and adaptive capacity.

In this perspective the conditions to be included in the evaluation of enabling factors for urban resilience concern not only the characteristics of the built environment (e.g. typology, construction technologies, implants, materials, typology of surfaces, availability of ecosystem services) but also the features of community (e.g. endogenous knowledge and know-how, social networking, local initiatives and practices, local institutions and NGOs). This coupling of community and built environment resilience is effectively produced by the development of community-based adaptation measures that are capable to vehiculate strategies of adaptation at local level (Forsyth, 2017).

L'approccio olistico del Water Sensitive Urban Design

La reintegrazione dei flussi naturali e del ciclo dell'acqua nell'ambiente costruito è una strategia chiave di adattamento ai cambiamenti climatici che si sviluppa attraverso una gestione integrata della risorsa acqua in misure di progettazione ambientale e di pianificazione (UNEP, 2014). All'interno di diversi approcci al Sustainable Stormwater Management, il Water Sensitive Urban Design (WSUD) è emergente come metodologia progettuale efficace per il design adattivo del sistema urbano (Hoyer et. al., 2011, Flörke et al., 2011). Tutti gli elementi del ciclo dell'acqua e le sue interconnessioni con il sistema urbano sono riconsiderati per conseguire un risultato che supporti la reintroduzione dei servizi ecosistemici includendendo contemporaneamente i bisogni sociali (Kazmierczak e Carter, 2010) e la riduzione dei rischi relativi al clima attraverso la progettazione di *network* sinergici di infrastrutture blu e verdi (TEEB, 2011, Raven et al., 2018). Difatti una rete multiscalare di opzioni di adattamento blue e verdi (aree alberati, suoli vegetati, cortili-giardino, foreste e orti urbani, tetti verdi e facciate, superfici d'acqua, bacini di drenaggio e accumulo, dispositivi per il riuso) può garantire un miglioramento delle condizioni di benessere micro-climatico, ridurre i rischi per la salute e favorire processi di rigenerazione urbana in una logica di co-beneficio (Visconti, 2015), che supporta la resilienza del sistema urbano diminuendo sia le vulnerabilità ambientali che quelle socio-economiche (UNEP, 2012). In un'ottica di progettazione adattiva la trasformazione dell'ambiente costruito in chiave olistica deve tenere quindi in considerazione sia la sfera ecologica che quella sociale per tradursi in un'azione processuale in cui la comunità locale diventa in grado di sviluppare resilienza e capacità adattiva.

In tale prospettiva le condizioni da includere nella valutazione dei fattori che contribuiscono alla resilienza non riguardano solo le caratteristiche dell'ambiente costruito (come tipologie abitative, tecnologie costruttive, dotazione impiantistica, materiali, tipologie di superfici, presenza di servizi ecosistemici) ma anche gli aspetti propri della comunità (capacità e conoscenza endogena, reti sociali, attività e pratiche, associazioni e istituzioni locali) al fine di indirizzare le misure di adattamento come soluzioni basate sulla comunità (*community-based solutions*), ritenute indispensabili per la veicolazione delle strategie di adattamento a scala locale (Forsyth, 2017).

Micro-scale technological measures for the community of Ponticelli

The Water Sensitive Urban Design approach is subscribed as adaptation option to respond to flash floods and heat waves phenomena affecting East Naples, the area of study of Metropolis project.

The experimental phase of the research within the "Ponticelli Smart Lab"[1] is based on the WSUD criteria and it was conducted to realize a prototype of a rainwater reuse system for the Social Garden of Ponticelli with the aim to develop and test micro-scale adaptive technological solutions for an integrated water management.

The study has been articulated through the activities of the workshop "Socio-technical resilient cells", based on the hypothesis that the goal of resilience in a multi-risk and fragile scenario has to include the social capital in the actions for the transition of the built environment. This process to be effective has to integrate in the measures for the adaptation the local bottom-up initiatives with the objective of promoting a transition towards sustainable life styles, informed use of the resources, reduction of the consumptions, use of environmental friendly materials and low-impact technologies.

The workshop has been structured as a research tool according to a learning-by-doing approach to realize a small scale device conceived as a resilient organism which acts both socially and technically in a sustainable way to adapt, transform and respond locally to climate change (D'Alençon and Visconti, 2016). This experience has been co-ordinated by Prof. Renato D'Alençon (Technische Universitat Berlin, Pontificia Universidad Catolica de Chile) and by Ph.D candidate Cristina Visconti (DiARC, Federico II) in collaboration with local actors "Lilliput" (Re-habilitation daily center), "Casa Mia Nitti"(Social Center) and "ReMida" (Creative recycle laboratory) and with the experts of "Archintorno"(no profit for international cooperation and self-construction).

Participants through the methodology of service learning[2] shared knowledge and know-how with the community in an experimental process finalized to the design and built of a prototype as response of the claims of inhabitants of East Naples wetland, who are engaged in experiments of urban agriculture as an action of cultural and social release in a vulnerable context[3]. Furthermore the workshop was developed on the model of "design-build", an acknowledged method as educational tool for student of architecture to learn in a practical way a construction of a project at 1.1 scale[4].

Experimental phases

The work is been based on the participation of community to facilitate: the process of inclusion; the integration

Misure tecnologiche alla micro-scala per la comunità di Ponticelli

L'approccio del WSUD è stato studiato e sviluppato come efficace misura di adattamento in risposta ai fenomeni di *flash floods* e ondate di calore che interessano Napoli est, area campione del progetto Metropolis. La fase sperimentale di tale studio condotta all'interno del "Ponticelli Smart Lab"[1] è stata incentrata sulla realizzazione di un prototipo per il riciclo dell'acqua piovana, installato all'interno dell'orto sociale del quartiere di Ponticelli, situato nel Parco comunale Fratelli de Filippo. L'obiettivo della sperimentazione è stato quello di sviluppare soluzioni tecnologiche alla micro-scala per la gestione integrata della risorsa acqua attraverso un processo di autocostruzione.

Lo studio condotto attraverso le attività del workshop "Cellule Socio-Tecniche Resilienti", nasce dall'ipotesi che l'obiettivo della resilienza in uno scenario multirischio e di fragilità come quello oggetto di studio richiede di includere il capitale sociale nelle azioni di trasformazione del costruito attraverso l'integrazione nelle misure adattive delle pratiche dal basso attive sul territorio con la finalità di promuovere una transizione verso stili di vita sostenibili, uso consapevole delle risorse, riduzione dei consumi, utilizzo di materiali compatibili e tecnologie a basso impatto per l'adattamento. Il workshop è stato strutturato come uno strumento di ricerca secondo l'approccio del *learning by doing* per la realizzazione di dispositivi di piccola scala che traducessero l'idea di un organismo "resiliente" che agisce sia sul piano tecnico che sociale in maniera sostenibile per adattarsi, trasformarsi, reagire rispondendo localmente ai cambiamenti climatici (D'Alençon e Visconti, 2016). L'esperienza è stata coordinata dal Prof. Renato D'Alençon (Technische Universitat Berlin, Pontificia Universidad Catolica de Chile) e dalla dottoranda Cristina Visconti (DiARC, Federico II) in collaborazione con il Centro Diurno "Lilliput" U.O.C Dipendenze, Asl Na 1 Centro, il laboratorio per il riciclo creativo "ReMida", il centro sociale "Casa Mia Nitti" e l'associazione di cooperazione internazionale e autocostruzione "Archintorno". I partecipanti attraverso il metodo del *service learning*[2] hanno messo a servizio della comunità le competenze e i saperi in un processo sperimentale finalizzato alla progettazione e costruzione di un prototipo come risposta alle esigenze degli abitanti dell'area umida di Napoli est, impegnati in esperimenti di agricoltura urbana come azione di riscatto culturale e sociale in un territorio vulnerabile[3]. Il lavoro inoltre è stato basato sul modello del *design-build*, un metodo consolidato come strumento pedagogico per studenti di architettura per apprendere in maniera pratica la costruzione di un progetto in modello scala 1:1[4].

Fasi della sperimentazione

Il lavoro basato sulla partecipazione della comunità attraverso l'individuazione di *stakeholder* come referenti specifici per ogni attività, è stato strutturato con l'intento di favorire il processo di inclusione, la raccolta delle istanze e dei bisogni

Quadro sintetico della struttura del workshop Risorse/Fasi sperimentali/Risultati / *Synthesis of the field testing and workshop structure.*

della popolazione locale e la collaborazione attiva per il supporto delle attività svolte dai ventitré partecipanti, selezionati tra studenti del Dipartimento di Architettura dell'Università Federico II di Napoli, architetti, tirocinanti presso associazioni locali, utenti dell'orto sociale di Ponticelli.
L'articolazione del percorso durato dieci giorni si è sviluppata in tre fasi Ricerca/Design/Costruzione di seguito esaminati e dettagliate in tabella.

1) Ricerca: i partecipanti sono stati invitati alla scoperta del territorio attraverso lo sguardo della comunità e ad una lettura della storia delle paludi, dei rioni post-terremoto, delle attuali vulnerabilità ambientali e sociali, delle iniziative dal basso in corso e dei luoghi maggiormente degradati e a rischio. Tali tematiche emerse dal laboratorio di ricerca partecipata "Ponticelli Smart Lab", sono servite

RESOURCES	PHASES	OUTCOMES
INSTITUTIONS • DiARC, University of Naples Federico II • HABITAT UNIT Technische Universität Berlin • ESCUELA DE ARQUITECTURA, P. Universidad Católica de Chile	**1/RESEARCH: Scouting with community** • Introductive seminars • Neighbourhood survey • Focus Groups • Visioning • Creative reuse experiments	• Analysis of green spaces and modalities of use • Development of a shared vision about Resilient Ponticelli, future resilient scenarios for the neighbourhood • Knowledge-transfer about climate change effects, adaptation measures, WSUD approach, methods for creative reuse, local methods of gardening, traditional water management devices, traditional and current gardening technique • Data collection about modalities of use, current criticalities and potentialities of the Ponticelli's Social garden
LOCAL ACTORS • REMIDA Creative recycle lab • LILLIPUT ,U.O.C Dipendenze, Asl NA 1 Centro Re-hab daily center • CASAMIA NITTI Social Center	**2/DESIGN: Proposal of a WSUD solution** • Harvesting of recycled materials • Design and dimensioning of technical systems • Proposal development • Back-talk with the community • Gathering of community inputs • Re-development of a community-based design solution	• Development of technical features of the device: analysis of collecting rainwater surfaces, study of existent coverage structures and drainpipes • Dimensioning of rainwater reuse system, calculation of water demand, modular solution tc satisfy the seasonally demand of one terrace of the garden • Selection of materials to be reused in the project • Proposal for a future implementation of the system • Community based WSUD solution through the inclusion of users advices and claims, both for the technical aspects (typology of irrigation, water demand, modality of maintenance) and for the social instances (support of shared spaces for social integration, multi-functional devices)
EXTERNAL EXPERTS ARCHITORNO, no profit for International cooperation and self-construction	**3/CONSTRUCTION: Prototype realization** • Design-build on site • Positioning of elements • Realization of technical nodes • Refinement of elements • Presentation to the community	• Self-construction of a modular prototype scale 1:1 • Experimentation of a technical system through creative reuse with recycled materials • Participative construction process: collaboration between garden users, experts and workshop participants • Experimentation of a socio-technical resilient cell • Socio-technical niche of innovation at microscale
PARTICIPANTS • 23 Volunteers among architecture students, architects and practitioners • 10 Garden users		

Orto sociale di Ponticelli all'interno di Parco De Filippo / *Social garden of Ponticelli in the Public Park Fratelli De Filippo.*

per offrire ai partecipanti un bagaglio consapevole di conoscenze attraverso cui formulare un'appropriata risposta progettuale come misura di adattamento *community-based*.

2) *Design*: la fase progettuale è stata incentrata sullo sviluppo di soluzioni tecniche per la gestione delle acque meteoriche con l'utilizzo di materiali di riciclo messi a disposizione dal laboratorio ReMida. L'obiettivo del percorso progettuale è stato mirato a elaborare proposte che combinassero l'aspetto tecnico con quello sociale, puntando all'accettazione delle misure, gestione e manutenzione diretta dei sistemi, facilità di costruzione, replicabilità. I partecipanti suddivisi in gruppi hanno affrontato le questioni e le istanze emerse dalle precedenti giornate di lavoro mettendo a disposizione della comunità delle visioni progettuali per il miglioramento degli spazi aperti e una soluzione tipo per l'orto sociale. La proposta progettuale attraverso lo strumento della *back talk*, è stata discussa pubblicamente con la comunità chiamata a partecipare attivamente all'elaborazione di un progetto che fosse inclusivo delle loro necessità e che tenesse conto della loro conoscenza diretta del territorio, dell'ambito di intervento, delle modalità di uso dell'orto e di fabbisogni non solo ecologici per il risparmio della risorsa acqua ma anche ricreativi.

3) Costruzione: insieme alla comunità è stato costruito un prototipo per la raccolta, stoccaggio e utilizzo dell'acqua piovana per l'irrigazione di una terrazza dell'orto

in the project of the needs of inhabitants; the active collaboration for the support of the workshop activities carried on by the participants, selected among architecture students of University "Federico II", architects, interns of local associations and users of thes social garden. The articulation of the workshop has been developed in three phases Research/Design/Construction and it lasted ten days.
1) Research: the participants were engaged in the scouting of the neighborhood through the perspective of the community to focus on the analysis of: wet-land history, post-earthquake blocks, current socio-environmental vulnerabilities, on-going bottom-up initiatives, places most decaying and at risk. These topics emerging from the laboratory of participatory research "Ponticelli Smart Lab" were systematize to offer to the participants an appropriate knowledge to formulate a design proposal as community-based adaptive solution.
2) Design: the design phase focused on the development of technical options for rainwater management through the reuse of recycled materials offered by "ReMida" lab. The object of the design process has been the elaboration of proposals where the technical aspect is combined with the social claim aiming to the acceptance of the measures, direct management and maintenance, readiness of construction, replicability. Participants were divided in work groups with different tasks to operate a match between technical requirements and issues emerged in

the previous part of the workshop and to produce several design visions for the improvement of open spaces and examples of interventions for the social garden. Using the "back talk" tool, the design proposals were discussed with the community that was called to actively participate in the co-production of the project. The aim of the team was the inclusion of their their visions, their direct knowledge of the context and of the use of the garden, to achieve both the ecological goal of saving water resources and the recreational need.
3) Construction: together with community a prototype for rainwater harvesting, storage and reuse was built for experimental purpose to irrigate an area of the social garden. The construction is lasted four days and it succeeded in the realization of a part of the prototype that is been completed by successive interventions by the participants, showing a proactive engagement for the support of the initiative and the establishment of a continuative relationship with local community. Due to the short duration of the experiment of design-build, the characteristics of the technical system and the choice to operate through the creative reuse, the design phase and the construction phase were partially overlapped, generating a process of design-build on site. Consequently, the outcome is a project designed by the available materials, the immediate feasibility of solutions, the collaboration between participants and garden's users,

sociale a scopo sperimentale. Il cantiere durato quattro giorni è riuscito nella realizzazione di una parte del prototipo ultimato poi con interventi successivi al workshop dagli stessi partecipanti testimoniando un impegno attivo per il supporto dell'iniziativa e l'instaurarsi di un legame continuativo con il territorio e con la realtà locale. Data la breve durata di questo esperimento di *design-build*, la natura del sistema tecnico realizzato e la scelta di operare attraverso il riuso creativo, la fase progettuale e quella realizzativa si sono di fatto sovrapposte dando vita a quello che si può definire un processo di *design-build on site*, in cui il progetto è nato dai materiali a disposizione, dalla fattibilità immediata delle soluzioni, dalla collaborazione tra i partecipanti e la comunità e con strumenti di lavoro limitati. La fase di costruzione ha seguito un processo creativo e interattivo in cui le capacità dei partecipanti e quelle della comunità hanno trovato le giuste modalità per interfacciarsi e scambiare conoscenze, collaborando nello svolgimento delle diverse fasi del cantiere in corso d'opera.

Prototipo di cellula socio-tecnica resiliente

La soluzione progettuale elaborata attraverso il workshop ha inglobato i differenti input (ambientali, sociali e tecnici) a partire da una griglia di criteri e obiettivi progettuali basata sullo sviluppo di concetti teorici legati alle tematiche del WSUD,

Orto sociale di Ponticelli, vista / *Social garden of Ponticelli, view of the cultivated parcels.*

Vista del sistema complessivo per la gestione sostenibile dell'acqua di supporto all'orto sociale: moduli di captazione e di accumulo, strutture per l'ombreggiamento e ventilazione naturale, aree per la convivialità / *View of the complete system for the sustainable management of water in the social garden: collection and harvesting volumes, structures for shading and natural ventilation, social aggregation areas (courtesy of Abita A.).*

sostenibilità contestuale, resilienza e partecipazione. In particolare gli attributi progettuali individuati riprendono i concetti teorici sulla teoria della resilienza applicata al *design* adattivo del sistema urbano (Mehaffy e Salingaros, 2013) per la realizzazione di una cellula resiliente, unità-base di un *network* sinergico di soluzioni blu e verdi in grado di rispondere a fattori di stress secondo le sue caratteristiche intrinseche, frutto di tecnica e contesto sociale rimarcando la prospettiva sistemica e l'approccio olistico e multi-scalare proposto. La metodologia del *design-build* ha applicato nello specifico le tecniche per il riuso creativo attraverso due strumenti per il *brainstorming* progettuale[5], impiegati per la creazione di nuove idee per elaborare usi diversi da quello di origine di oggetti e materiali (*repurpose*):

- *attribute listing*, l'elencazione degli attributi del sistema e loro problematizzazione per la formulazione di associazioni creative che ripensano agli attributi dell'oggetto;
- *breakdown*, attenta destrutturazione del sistema per la comprensione delle sue parti e funzionamento attraverso corrispondenze semantiche visualizzate.

Attraverso questi due strumenti è stato possibile operare un'astrazione degli elementi di un sistema di raccolta dell'acqua piovana per facilitare e sollecitare il processo creativo necessario per il reimpiego di materiali di riciclo e per lo sviluppo della capacità di ridefinire una nuova funzione.

limited work tools. The construction phase has followed a creative and interactive process in which the participants' and community's skills have found fruitful ways to interface and exchange knowledge, collaborating in the various stages of the on-going self-construction.

Prototype of socio-technical resilient cell

The design solution produced by the workshop embeds several inputs (environmental, social and technical) which are based on a grid of criteria and objectives developed on the base of theoretical concepts linked to the topics of WSUD, contextual sustainability, resilience and participation. In particular, the design features were shaped on theoretical concepts of resilience applied to the adaptive design of the urban system (Mehaffy and Salingaros, 2013) to create a resilient cell as a basic unit of a synergic network of green and blue infrastructures. This cell is conceived as capable to respond to stress factors according to its intrinsic characteristics, determined by technology and social context remarking a systemic perspective of the proposed holistic and multi-scale approach. Specifically the "design-build" methodology applied techniques of creative reuse through two main tools for design brainstorming[5], used for the creation of new ideas to repurpose objects and materials:
- attribute listing, catalogue of the characteristics of the

Proposta progettuale per l'aumento della superficie di captazione e di ombreggiatura / *Design proposal to increase the rainwater collection and shading surfaces* (courtesy of Abita A.).

Dal punto di vista progettuale, la proposta ha elaborato una strategia globale per l'intero orto sociale (superficie totale di 1 ettaro), in cui le caratteristiche morfologiche delle strutture esistenti (copertura in cemento armato al di sopra del camminamento centrale, con modulo fisso), il disegno delle terrazze orticole e la ripetizione di tali elementi tipologici anche nel resto del Parco De Filippo hanno suggerito una modalità di intervento modulare, di cui il workshop si impegnava a realizzare una cellula prototipale.
Lo studio tecnico del sistema si è articolato secondo le seguenti fasi:

- individuazione e calcolo delle superfici di captazione;
- calcolo del fabbisogno idrico attuale per l'irrigazione e studio per l'ottimizzazione del fabbisogno attraverso l'utilizzo di un impianto di irrigazione a goccia;
- calcolo della piovosità media stagionale per la definizione del potenziale di accumulo dell'acqua piovana e potenziale d'uso.

Nella strategia progettuale complessiva pensata per l'orto, sono usate come superfici di captazione sia la copertura esistente che il suo eventuale ampliamento nella parte centrale per favorire l'ombreggiamento, la ventilazione naturale, la convivialità e soprattutto per aumentare la capacità di captazione in funzione dell'elevato fabbisogno idrico registrato dalle modalità di coltivazione in uso. L'attuale fabbisogno idrico dell'orto, difatti, calcolato sulle medie stagionali corrisponde a 720 l al giorno per ogni terrazza (superficie media di 150 m^2) se paragonato ai 238 l previsti dal progetto attraverso l'utilizzo dell'impianto a goccia, diventa indice di un uso dispersivo e poco efficiente della risorsa acqua.
La soluzione prototipale pertanto ha sviluppato una strategia stagionale risultante maggiormente efficiente in base alla piovosità media e un'effettiva capacità di accumulo dell'impianto (1500 l). La scelta è stata quella di testare la soluzione accumulando l'acqua nel periodo di piovosità massima (mesi di novembre-febbraio) per poi usarla nel periodo tra marzo e aprile (periodo di 20 giorni) dove il fabbisogno idrico è ridotto, poiché favorito dalle temperature miti, dall'apporto di umidità ottimale del terreno, dalla messa a dimora di piante e semi per l'orto estivo e dalla riduzione dell'irrigazione che da giornaliera diventa settimanale.
Il prototipo posizionato all'interno della campata centrale della struttura di copertura esistente sfrutta la pendenza della scalinata per convogliare l'acqua ad una delle terrazze poste nella parte più bassa dell'area dell'orto. Il sistema completamente passivo, accumula l'acqua proveniente da un modulo di copertura (35 m^2 di captazione) con capacità di accumulo tra i 60-90 l mensili medi, nei due serbatoi di acciaio zincato e per caduta grazie allo sfruttamento del dislivello riesce a raggiungere una pressione ottimale per il funzionamento dell'impianto a goccia, permettendo l'irrigazione della terrazza.
Le tubazioni di collegamento tra le due cisterne, la cui distanza è stata calcolata per ottenere una pressione ottimale e i nodi maggiormente vulnerabili sono inglobati nel disegno degli arredi che ha portato alla realizzazione di un tavolo e delle sedute.
Il sistema è stato completato con una vasca aperta per il troppo pieno posizionata alle spalle della cisterna verticale. Per tale vasca è stato predisposto un riempimento di *layer* di terreno e ghiaia a granulometria differenziata, in modo da costituire una piccola vasca di fitodepurazione che evita il ristagno dell'acqua piovana raccolta.
Tutti gli ancoraggi e gli attacchi del sistema sono a secco per permettere la facile rimozione dell'intervento, l'ispezionabilità e la manutenzione, la sostituzione delle parti e una futura implementazione.
Dalle valutazioni di tipo tecnico che hanno contribuito al dimensionamento dell'intervento anche nell'ottica di una sua futura implementazione, si sono elaborate una serie di proposte progettuali discusse con la comunità. Dal processo partecipativo, l'aspetto tecnico si è andato combinando con le esigenze e le osservazioni dei reali fruitori del progetto evidenziando alcune tematiche chiave delle loro istanze per il miglioramento dello stato attuale: orto vissuto come spazio conviviale di scambio e collaborazione, luogo di incontro e ricreativo; necessità di protezione dagli atti di vandalismo; riduzione dei consumi idrici; volontà di promozione e diffusione dell'iniziativa; necessità di supporto istituzionale. Nel confronto e nel dibattito su quello che significava nella pratica cellula socio-tecnica, la comunità interessata agli aspetti tecnici e di funzionamento ha espresso una ferma volontà nel richiedere ai partecipanti del workshop degli arredi (tavolo e sedute)

system and their problematisation to formulate creative associations that reflect on the attributes of the object;
- breakdown, attentive de-structuring of the system for understanding its parts and functioning through visual semantic correspondences.
Using these tools, it is been possible to develop an abstraction of the elements of a rainwater harvesting system to facilitate and solicit the creative process needed for the repurpose of recycled materials engaging the ability to visioning a new function for the available objects.
From a design point of view, the proposal developed a comprehensive strategy for the whole social garden (total surface of 1 hectare), in which the morphological features of the existing structures (a modular concrete roof that covers the central walkway), the typology of gardened areas and the repetition of these typological elements in the park De Filippo have suggested a modular intervention of which the workshop aimed to realize a prototypal cell.
The technical study of the system is articulated in the following stages:
- individuation and calculation of the catchment surfaces;
- calculation of current water needs for irrigation and study for optimization of demand through the use of a drip irrigation system;
- calculation of the seasonal rainfall for the determination of the potential for rainwater storage and potential use.
In the design strategy formulated for the social garden both the existing roofs and its potential buildup in the not covered central area, are used as catchment surfaces to enhance the shading, natural ventilation, conviviality and moreover to improve the catchment capacity considering the high water demand of the garden. In fact, the current demand is 720 l per day for each gardened parcel (average surface of 150 m^2) calculated on the seasonal averages is strongly decreased by the project that with the introduction of a drip irrigation system is capable of achieving the objective of 238 l per day, obtaining a reduction of the 65% of drinkable water use for irrigation. Therefore, the prototype developed a seasonal strategy more effective on the basis of average rainfall and on the storage capacity of the system (1500 l). The choice was to test the solution storing the rainwater during the period of higher rainfall (Nov.-Feb.) to use it between March and April (about a period of 20 days), when the demand is reduced because of favorable weather conditions with an optimal moisture of the soil, planting of seeds for the summer crop and a weekly irrigation. The prototype was placed in the central part of the existing roof structure, using the slope of the stairs to catch the rainwater towards one parcel of the Garden, located in the lower area of it.
The system is completely passive and it stores the rainwater coming from a module of the roof (35 m^2 of catchment surface) in the two tanks with an average storage capacity of 60-90 liter per month. Thanks to the slope for the gravity the water is capable to reach the optimal pressure for the activation of the drip system and so irrigate the parcel. The connecting pipes between the two tanks are also positioned to guarantee the optimal pressure meanwhile the more fragile nodes are embedded in the design of a table, seats and flower pots. The system was completed with an open tank for the overflow, where exciding water is conveyed. This tank was filled with different layers of soil and gravel with a differentiated granulometry in order to create a phytoremediation tank to avoid the stagnation of collected rainwater.
All the anchoring systems and the connections are dry to allow an easy removal of the intervention, maintenance, parts replacement and future implementation. From the technical evaluation for the dimensioning of the system design proposals are been developed in the perspective of a future implementation of the system.
In a participatory process the technical aspects trough the tool of a SWOT Analysis is been combined with the needs and observations of users highlighting several key topics for the improvement of the current condition of the social garden: garden as space of conviviality, sharing and collaboration, garden as recreational place of meeting, needs of protection from vandalism, reduction of water consumption, will to promote and disseminate the initiative, need of institutional support. In the discussion about envisioning a practical meaning of socio-technical cell, the community interested in the technical aspects expressed a clear claim to match the intervention with table and seats to create a space for conviviality. This request, furthermore, had a symbolic meaning because

Intervento realizzato (a destra) e modifiche apportate dagli utenti dell'orto (a sinistra) / *Realized intervention (right) and additional elements implemented by garden users (left)*..

poiché identificativi della convivialità come componente di cui l'orto era carente. Tale richiesta inoltre aveva un significato fortemente simbolico, poiché nel giorno di apertura del workshop l'orto è stato soggetto ad un atto intimidatorio che ha distrutto, incendiandoli, i pochi arredi auto-costruiti dagli utenti del Centro "Lilliput".

Innovazione socio-tecnica alla scala della comunità

I risultati ottenuti attraverso l'esperienza del workshop come parte di ricerca-azione del Ponticelli Smart Lab hanno prodotto apporti etereogenei, rispecchiando sia la diversità degli ambiti coinvolti (università, attori locali, architetti) sia la finalità principale della sperimentazione, ovvero la simulazione di una misura di adattamento inclusiva di pratiche *bottom-up*, attraverso la quale ricomporre gli aspetti tecnico-progettuali, ambientali e sociali.

La soluzione progettuale auto-costruita realizzata secondo specifici criteri tecnici e ambientali del WSUD ha attuato gli obiettivi di decentralizzazione dello smaltimento delle acque piovane, di riuso della risorsa e risparmio idrico. L'intervento infatti con l'introduzione di un sistema di irrigazione a goccia riesce a ridurre il consumo di acqua potabile del 65% (da 720 l a 238 l a terrazza). Il risultato tecnico determinato dalle condizioni contestuali (capacità tecnica dei partecipanti e della comunità, uso di materiali di riciclo, assenza di una fonte di elettricità prossima al sito di intervento, brevità nella durata del *design-build*, disponibilità di materiali, *budget* ridotto) ha portato alla realizzazione di un prototipo *low-tech* di cui è possibile cogliere il valore sperimentale e innovativo definito dall'inclusione della visione, dei valori immateriali e dei bisogni della comunità circa l'uso degli spazi verdi e la loro fruizione.

Il riisultato relativo all'accettazione delle misure è stato quello di introdurre in un contesto locale fragile un intervento di WSUD adatto alle pratiche quotidiane degli abitanti e inclusivo della loro identità e delle loro istanze pertanto efficace dal punto di vista socio-tecnico. Gli obiettivi progettuali attuati di gestione e manutenzione diretta dei sistemi, replicabilità, promozione di un uso consapevole della risorsa acqua e di cicli di consumo e produzione locali attraverso il processo partecipativo di co-produzione di *know-how* hanno contribuito al rafforzamento delle capacità endogene della comunità, di autonomia e auto-organizzazione, attributi fondamentali per la costruzione della resilienza a scala locale.

Progettare e realizzare un dispositivo per la *water sensitivity* nell'orto sociale di Ponticelli all'interno dell'*Urban Living Lab* "Ponticelli Smart Lab", ha rappresentato un'innovazione socio-tecnica alla micro-scala[6] per cui lo sviluppo di un sistema tecnico è stato connesso ad una pratica sociale, quella dell'orto urbano, emergente come potenziale scenario sostenibile e adattivo in cui la comunità diventa agente chiave per la trasformazione dell'ambiente costruito.

1. Lo Smart Lab, promosso dal Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli Federico II, si è svolto a Ponticelli fra settembre e dicembre 2016 presso la Mediateca il Monello di Arci Movie, con il coordinamento di Maria Federica Palestino in collaborazione con Cristina Visconti.
2. Tale metodo sta ad indicare in letteratura "una prassi educativa consistente nell'impegno degli studenti in attività in favore della comunità" (Vigilante, 2014) in cui la metodologia del progettare per la comunità (*community-based design*) è intesa come strumento educativo per agire nel pubblico interesse, costruendo le competenze necessarie per affrontare la complessità dei problemi della vita reale.
3. Dal 2014 grazie all'impegno dell'U.O.C. Dipendenze, Centro Diurno "Lilliput" e di una rete di associazioni, scuole, comitati cittadini l'orto sociale rappresenta una realtà attiva sul territorio come azione dal basso per la riappropriazione di uno spazio pubblico degradato e non fruibile, attorno al quale sono confluiti una pluralità di attori locali animati dalla volontà di creazione di spazi aperti in cui condividere e ricostruire un senso identitario.
4. L'European Design Build Knowledge Network (EDBKN), una piattaforma che documenta numerose esperienze che applicano questo metodo, definisce il *design build* come "un modello di ricerca e di didattica che favorisce l'apprendimento degli studenti, insegnando la responsabilità dello sviluppo di ambienti di vita futura equilibrati, intraprendendo progetti architettonici dalla fase progettuale a quella della realizzazione" (EDBKN n/d).
5. Strumenti creativi per la generazione di nuove idee (Creating Minds, n/d).
6. Nella letteratura degli *Urban Living Lab* si fa esplicito riferimento agli studi sulle transizioni socio-tecniche poiché da tale ambito si mutua il concetto di nicchia che provvede alla "creazione di uno spazio in cui nuove idee, modi di vedere il futuro, relazioni, configurazioni socio-materiali possono essere testati in un ambiente protetto permettendo agli attori coinvolti di provare il potenziale delle alternative" e di influenzare sistemi a scale maggiori (Bulkely et al., 2016).

in the opening day of the workshop the social garden was subject to an intimidating act that destroyed the few furnishings self-built by the users of the "Lilliput" center.

Socio-technical innovation at community scale

The results achieved by the workshop as part of research-action of Ponticelli Smartlab have produced heterogeneous contributions concerning the three macro-categories of research, community and design, reflecting both the diversity of engaged actors (university, local stakeholders, architects) and the aim of the experimentation, that is the simulation of an adaptation measure in which are included bottom-up practices to recompose technical, environmental and social aspects.

The self-built design solution was realized according to specific technical and environmental of WSUD criteria achieving the objectives of rainwater decentralized disposal, reuse of resource and water saving. The prototype, indeed, through a drip irrigation system is capable to reduce the water consumption of the 65%, therefore decreasing the discharge in the centralized sewage. The technical result is determined by the contextual conditions: technical skill of the participants and community, use of recycled materials, lack of an electrical source close to the construction site, availability of materials, limited time, low budget. This has led to a realization of a low-tech solution in which is possible to recognize the experimental and innovative value defined by the inclusion of visions, immaterial values, and needs of the community about the use of green spaces and its fruition. Relatively to the acceptance of the measures the result is the introduction in a fragile local context of a WSUD option that fits to the everyday practices of the inhabitants including their identity and their claims and for this effective from a socio-technical point of view.

The design objectives of direct management and maintenance of the system, replicability, sensitization about an informed use of water resource and local cycles of production and consumption are been attained through a participatory process of co-production of know-how, contributing to the strengthening of community endogenous capacities, self-organization and self-sufficiency as fundamental characteristic for the enhancement of resilience at local level. Design and build a water sensitive device in the social garden of Ponticelli within the Urban Living Lab "Ponticelli Smart Lab" can be considered as a micro-scale socio-technical innovation[6] and an open innovation in which the development of a technical system is been connected to a social practice as the urban garden one, emerging as a potential sustainable and adaptive scenario where the community became a key agent for the transition of the built environment.

1. *Smart Lab was promoted by the Department of Architecture of University of Naples Federico II and*

took place in Ponticelli (Sep.-Dec. 2016) at Arci Movie Mediateca "Il monello" with the coordination of Maria Federica Palestino and the collaboration of Cristina Visconti.

2. *This method indicates "an educational practice consisting in the student engagement in activities for the community" (Vigilante, 2014) in which the methodology of community-based design is intended as a pedagogic tool to act in the public interest, building know-how to face the complexity of real.*
3. *Since 2014 the daily re-habilitation center "Lilliput" and a network of local associations, schools, civic comities, the social garden of Ponticelli represents an initiatives active as bottom-up action for the recovery of an abandoned public green space where are engaged multiple local actors animated by the need of re-enact a common identity .*
4. *The 'European Design Build Knowledge Network (EDBKN)', a platform that disseminate several experiences that subscribe this method, defines the design build as" a teaching and research model enabling students to take responsibility for developing balanced future living environments, are undertaking architectural projects from design to realization" (EDBKN n/d).*
5. *Creative tools for create new ideas (Creating Minds, n/d).*
6. *In the literature of Urban Living Lab often the field is connected to the socio-technical transition studies whereas from this filed the concept of niche is adopted to identify "experimentation space for the development, testing and failure of novel innovations in 'real' contexts, where new networks can be supported and sustained" (Bulkely et al., 2016).*

References

Bulkely H., Coenen L., Frantzeskaki N., Hartmann C., Kronsell A., Mai L., Marvin S., McCormick K., van Steenbergen F., Voytenko Palgan Y. (2016), "Urban living labs: governing urban sustainability transitions", *Current Opinion in Environmental Sustainability 2017, System dynamics and sustainability*, 22:13-17, Elsevier.

CREATING MINDS, *Tools for creating ideas*, http://creatingminds.org/tools/tools_ideation.htm (retrived 5-10-2017).

D'Alençon R., Visconti C. (2016), "Community-Based initiatives in post catastrophe scenarios: potentials and limitations to academic involvement and Learning by Doing", *UPLanD - Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, 1(1), 139-154, 2016.

EDBKN, *European DesignBuild Knowledge Network*, http://edbkn.eu/(retrived 5-10-2017).

Flörke M., Wimmer F., Laaser C., Vidaurre F., Tröltzsch J., Dworak T., Stein U., Marinova N., Jaspers F., Ludwig F., Swart R., Long H., Giupponi G.,Bosello F., Mysiak J.,(2011), *Final Report for the project Climate Adaptation - modelling water scenarios and sectoral impacts*, CESR - Center for Environmental Systems Research, Kassel.

Forsyth T. (2017), C*ommunity-Based Adaptation to Climate Change, Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*, (Retrieved 21 Oct. 2017).

Hoyer J., Dickhaut W., Kronawitter L., Weber B., (2011), *Water sensitive urban design*, Jovis jovis Verlag GmbH, Berlin.

Kazmierczak A., Carter J. (2010), *Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies*, University of Manchester.

Mehaffy M., Salingaros N., (2013), *Toward Resilient Architectures*, published by Metropolismag.com (2013).

Raven J., Stone B., Mills G., Katzschner L., Gaborit P., Leone M., Georgescu M., Hariri M., Towers J., Lee J., LeJava J., Sharifi A., Visconti C., Rudd A., (2018), "Urban Planning and Design" in Rosenzweig C., Solecki W., Romero-Lankao P., Mehrotra S., Dhakal S., Bowman T., Ali Ibrahim S. (Eds.), *UCCRN, ARC3.2 Assessment Report on Climate Change and Cities*, Cambridge University Press.

TEEB (2011), *Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management*, TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity.

Vigilante A., 2014, "Il service learning: come integrare apprendimento ed impegno sociale", *Educazione Democratica Rivista di pedagogia politica*, 7/2014, Edizioni del Rosone, Foggia.

Visconti C. (2015) "Water Sensitive Urban Design as resilience practice: misure di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici per una rigenerazione sostenibile di edifici e spazi aperti" in Marzo M., Fabian L. (Eds.), *La ricerca che cambia: Atti del primo convegno nazionale dei dottorati italiani dell'architettura, della pianificazione e del design*, Lettera 22 Edizioni, Siracusa.

UNEP (2012), *Using ecosystems to address climate change - Ecosystem based adaptation Regional seas program Report*.

UNEP (2014), *Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects*.

Brown R.R. (2011), "Transitioning to the water sensitive city: the socio-technical challenge", in Howe C., Mitchell C. (Eds.), *Water Sensitive Cities (Cities of the Future Series)*, IWA Publishing, London.

Dean A.J., Fielding K.S., Ross H.,Newton F. (2016), C*ommunity Engagement in the Water Sector: An outcome-focused review of different engagement approaches*, Melbourne, Australia: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.

Indirizzi per il progetto adattivo

Adaptive design guidelines

Progettazione ambientale, rischi climatici, resilienza del costruito

Mario Losasso

Environmental design, climate risks, construction resilience

The argument that climatic fluctuations have a significant effect on civilization, politics and the economy in the 60s has had the support of a fascinating thesis reported by the archaeologist Chris Carpenter in his famous volume Climate and history a new interpretation of historical fractures in ancient Greece (1969) in which the "discontinuity in Greek civilization" (literal translation of the original title of the volume published in 1966 by Cambridge University Press) is attributed to a major climate change occurred in the fifteenth century. to. C.
At that time in the Eastern Mediterranean we witness the decline of the late Bronze Civilization, with the crisis of Egyptian civilizations, Assyrian, Babylonian, Minoan and Mycenaean, just to mention the main ones. The correlation with the advent of a very dry climate lasting about 300 years is very likely due to a climatic oscillation of the path of the trade winds, which stabilize for a substantial period, leading to a phase of exceptional drought. Subsequent studies have provided more detailed answers, attributing to a collapse of the system the fall of civilization that actually takes place in the era of the first globalized world of the ancient era. Within this scenario The climate crisis that caused the exceptional drought could be a contributory factor and a multiplier effect in a context that was not organized enough to endure a long-lasting climate emergency. They were in fact civilizations that did not have the appropriate technological tools to adapt and which, we would say today, did not have sufficient system resilience.
Carpenter also noted that two regressions of civilization could be directly related to climate change, as documented by the rock carvings in France for the first period and in the Sahara for the second. In essence Carpenter known as "the bad centuries of the Mediterranean were good centuries far to the north while the centuries inclement to the north were favorable to the populations of the south", supporting the thesis of how a great climate cycle has dominated the evolution of European civilization.
In our day, talking about climate change has become partly habitual. The evidence says, however, that we are still lagging behind in raising awareness and implementing innovative views, introducing appropriate technologies and transferring knowledge to the actors of what is expected to be a complex process that inevitably involves public administration. , institutions, world of production and population in its entirety. For the first time in its history, which is about 6000 years old, urban civilization is called upon to sustain a challenge that involves an ever-growing world population and an atmospheric condition in which the concentration of climate-changing gases is out of control for the first time. The current challenges are many and look to the stabilization of the rise in temperature according to international agreements on climate and to a different urban structure in which the physical-social system can interact in a different way with the economic, infrastructures, networks and resources in relation to the environment.
On the one hand, the observations that Murray Bookchin described in his essay on The Limits of the City (1974), in which the American scholar of social ecology recalled how the roots of the urban crisis were sought not only of design, logistical and inadequacy of services but, above all, in the structured social system on the modes of production and social relations proper to economic liberalism. According to Bookchin, improving urban life requires not only new techniques of governance and planning but radical changes in society, integrating urban and rural categories into one harmonious organization. In an environment that is now widely anthropized, the need for integration of architecture and nature may seem interesting according to bio-regions for the local project (Magnaghi, 2010) and in a single large biotope as Frei Otto recalled.
The centrality of the environmental issue and the non-emendability of environmental issues within urban planning and project invest significant content in the field of environmental design. The research themes for environmental design according to the connotation of a systematic and systemic approach to systemic performance are referred to the ability of governance for the plan and the project aimed at the implementation of local design and technological adaptation solutions in order to reduce the vulnerability of the physical system with the reciprocal implications on the social and economic system increasing in parallel the resilience of the system that requires a leap in conceptual and technological quality. The transition phase towards the Smart community and towards digital and post-industrial Cities connects the immaterial element to the necessary material actions for the most effective performances and characteristics of the buildings and open spaces. Capable of combating the effects of climate change.

L'argomentazione secondo cui le fluttuazioni climatiche incidono sensibilmente sulla civiltà, sulla politica e sull'economia ha avuto negli anni '60 il sostegno di una tesi affascinante riportata dall'archeologo Chris Carpenter nel suo celebre volume *Clima e storia una nuova interpretazione delle fratture storiche nella Grecia antica* (1969) in cui la "discontinuità nella civiltà greca" (traduzione letterale del titolo originale del volume edito nel 1966 da Cambridge University Press) è attribuita a un forte mutamento climatico avvenuto nel XV sec. a. C.
In quel periodo nel Mediterraneo Orientale si assiste al declino della tarda civiltà del bronzo, parallelamente accompagnata dalla crisi delle civiltà egiziana, assira, babilonese, minoica e micenea. Risulta molto probabile la correlazione con l'avvento di un clima molto secco della durata di circa 300 anni dovuto a una oscillazione climatica del percorso dei venti alisei che si stabilizzano per un periodo consistente, determinando una fase di eccezionale siccità. Gli studi successivi hanno fornito risposte più articolate, attribuendo a un collasso di sistema la caduta di alcune civiltà che effettivamente avviene nell'epoca del primo mondo globalizzato dell'era antica. Entro tale scenario, la crisi climatica che determinò l'eccezionale siccità poté costituire una concausa e un effetto moltiplicatore in un contesto che non era organizzato abbastanza a sopportare una emergenza climatica di lunga durata. Si trattava infatti di civiltà che non avevano appropriati strumenti tecnologici per adattarsi e che, diremmo oggi, non possedevano una sufficiente resilienza di sistema.
Carpenter notava inoltre come due regressioni della civiltà potessero essere riportate direttamente ai mutamenti climatici, come documentato dalle incisioni rupestri in Francia per il primo periodo e nel Sahara per il secondo. In sostanza Carpenter nota come «i secoli cattivi del Mediterraneo furono secoli buoni molto più a nord mentre i secoli inclementi per il nord furono favorevoli alle popolazioni del sud», sostenendo la tesi di come un grande ciclo climatico abbia dominato l'evoluzione della civiltà europea.
Ai nostri giorni parlare di cambiamento climatico è diventato in parte abituale.
L'evidenza dice tuttavia che siamo ancora indietro in merito alla sensibilizzazione nonché all'attuazione di visuali innovative, all'introduzione di tecnologie appropriate e al trasferimento di conoscenze per gli attori di quello che si preannuncia un processo complesso e che deve inevitabilmente coinvolgere pubblica amministrazione, istituzioni, mondo della produzione e popolazione nella sua interezza.
Per la prima volta nella sua storia, lunga circa 6000 anni, la civiltà urbana è chiamata a sostenere una sfida che coinvolge una popolazione mondiale in continua crescita e una condizione atmosferica in cui la concentrazione dei gas climalteranti è fuori controllo.
Le sfide attuali sono molteplici e guardano alla stabilizzazione dell'innalzamento della temperatura in base agli accordi internazionali sul clima e a un diverso assetto urbano in cui il sistema fisico-sociale possa interagire in maniera differente con quello economico, delle infrastrutture, delle reti e delle risorse in relazione all'ambiente.
Da un lato sembrano ritornare le osservazioni che Murray Bookchin descriveva nel suo saggio su *I limiti della città* (1974), in cui lo studioso americano esperto di ecologia sociale ricordava come le radici della crisi urbana andassero cercate non solo nelle criticità progettuali, logistiche e di inadeguatezza dei servizi ma, soprattutto, nel sistema sociale strutturato sui modi di produzione e sui rapporti sociali propri del liberismo economico.
Secondo Bookchin migliorare la vita urbana esige non solo nuove tecniche di governance e pianificazione ma cambiamenti radicali nella società, integrando le categorie dell'urbano e della campagna in un'unica organizzazione armonica. In un ambiente ormai diffusamente antropizzato, può apparire interessante la necessità di integrazione di architettura e natura, secondo bio-regioni per il progetto locale (Magnaghi, 2010) e in un unico grande biotopo così come ricordava Frei Otto.
La centralità della questione ambientale e la non emendabilità dei temi ambientali all'interno della pianificazione e del progetto urbano investono di contenuti significativi il campo della progettazione ambientale. I temi di ricerca per la progettazione ambientale secondo il connotante approccio di tipo esigenziale, prestazionale, processuale, sistemico e sperimentale sono riferiti alla capacità di governance per il piano e il progetto finalizzati all'attuazione di soluzioni progettuali e tecnologiche locali di adattamento al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema fisico con le implicazioni sul sistema sociale ed economico, incrementando parallelamente la resilienza di sistema che richiede un salto di qualità concettuale e tecnologica. La fase di transizione verso *smart communities* e verso città digitali e post industriali connette l'elemento immateriale alle necessarie azioni materiali per prestazioni e caratteristiche più efficaci dell'edificato e degli spazi aperti capaci di contrastare gli effetti del cambiamento climatico.

Le strategie europee e nazionali per l'adattamento al cambiamento climatico

La strategia europea di adattamento definita dalla Commissione Europea nel 2013 prevede due grandi macro obiettivi: la riduzione delle emissioni di gas climalteranti e l'attuazione di politiche di adattamento per affrontare le conseguenze degli effetti del cambiamento climatico. All'interno della strategia europea si prefigura l'integrazione dell'adattamento nelle politiche settoriali di pianificazione ma anche l'assicurazione di processi decisionali *climate-adapt* e, infine, il sostegno all'azione dei paesi membri all'interno del patto dei sindaci.
Le azioni previste per raggiungere questi obiettivi riguardano innanzitutto il miglioramento dei modelli di conoscenza basati sulla valutazione degli impatti e delle vulnerabilità, proiettando inoltre le analisi costi-benefici in relazione alle misure di

European and national strategies for adaptation to climate change

The European adaptation strategy defined by the European Commission in 2013 includes two major macro objectives: the reduction of climate-changing gas emissions and the implementation of adaptation policies to address the consequences of the effects of climate change. Within the European strategy, the integration of adaptation in sectoral planning policies is prefigured, but also the assurance of climate-adapt decision-making processes and, lastly, support for the action of the member countries within the Covenant of Mayors. The actions envisaged to achieve these objectives primarily concern the improvement of knowledge models based on the

assessment of impacts and vulnerabilities, also projecting cost-benefit analyzes in relation to adaptation measures. Among other actions, an important role is given to adaptation policies that must be implemented using appropriate economic policy instruments and cooperation between the various states of the European Union and outside it. In the strategy to combat the impact of climate change, the European Union has decided that each state must approve a National Climate Adaptation Strategy (SNACC) and a National Climate Change Adaptation Plan (PNACC).
At the national level, in 2015 the Ministry of the Environment and the Protection of Land and Sea (MATTM) has elaborated the National Strategy of Adaptation to Climate Change, whose main objective is the elaboration of a general vision to counteract the changes climate change by determining the mitigation of their impacts. The main actions outline the centrality of the improvement of knowledge on climate change and its impacts, the description of the vulnerability of the territory and the alternatives for adaptation, stakeholder involvement, the development of information on the topic and adaptation actions, the use of tools able to evaluate the effects of adaptation actions. The measures suggested by the National Strategy of Adaptation to Climate Change are framed within so-called "key messages" and, for urban settlements, the need is stated to link the necessary short-term interventions with those that will produce effects on the medium and long term. period, ie mitigation periods.
The "National Plan for Adaptation to Climate Change" in 2017 (PNACC) identifies the zoning of our country in relation to the 1981-2010 climate reference period in 6 macro-regions. Within the Macroregion 2, the coastal areas of central and southern Italy are associated with the Po Valley and the other side of the Adriatic, with scenarios rcp 4.5 and 8.5 to 2021 and to 2050 characterized by an increase in winter precipitation. those summer with a significant increase in summer days.
The PNACC involves many sector actions, some of which directly affect the urban system such as water resources, land degradation and drought, ecosystems, tourism, critical infrastructure, energy, health and, of course, urban settlements. The most alarming scenarios concern the amplitude, duration, frequency and intensity of heat waves with increasing health impacts due to thermal stress, as well as extreme events of meteoric precipitation and urban flooding, with general impacts on the quality of life and on the well-being of the population.
The exhibition also covers buildings, economic activities, water, energy and transport infrastructure, as well as cultural heritage and the production and supply of energy.
In order to limit the vulnerability of the environmental, social and economic systems with respect to impacts, increasing their adaptability, the Plan includes specific objectives and actions that need to be transformed into project interventions. The plan also suggests a specific methodology that includes within it the identification of a scale of provincial intervention, putting in place general indicators. An example is the redevelopment of built heritage, which highlights the need to increase the energy class of buildings and the permeability of surfaces.

adattamento. Fra le altre azioni, un ruolo importante è attribuito alle politiche di adattamento che devono essere attuate utilizzando appropriati strumenti di politica economica e di cooperazione fra i vari stati dell'Unione Europea e all'esterno di essa.
Nella strategia per contrastare l'impatto dei cambiamenti climatici, l'Unione Europea ha stabilito che ogni Stato debba approvare una Strategia Nazionale di adattamento al clima (SNACC) e un Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC).
Sul piano nazionale, nel 2015 Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ha elaborato la "Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici", il cui obiettivo principale è quello dell'elaborazione di una visione generale per contrastare i cambiamenti climatici determinando l'attenuazione dei loro impatti. Le principali azioni inquadrano la centralità del miglioramento della conoscenza sui cambiamenti climatici e sui loro impatti, la descrizione della vulnerabilità del territorio e delle alternative per l'adattamento, il coinvolgimento degli stakeholder, lo sviluppo dell'informazione sul tema e sulle azioni di adattamento, l'utilizzo di strumenti in grado di valutare i loro effetti.
Le misure suggerite dalla Strategia Nazionale di Adattamento al Cambiamento Climatico sono inquadrate all'interno di cosiddetti "messaggi chiave" e, per gli insediamenti urbani, viene dichiarata la necessità di collegare i necessari interventi a breve termine con quelli che produrranno effetti sul medio e lungo periodo, ovvero quelli di mitigazione.
Il "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" del 2017 (PNACC), in corso di approvazione, individua la zonizzazione del nostro paese in relazione al periodo climatico di riferimento 1981-2010 in 6 macroregioni. Nell'ambito della Macroregione 2, le aree costiere dell'Italia centro meridionale sono associate alla pianura Padana e al versante Adriatico, con scenari RCP 4,5 e 8,5 al 2021 e al 2050 caratterizzati da aumento delle precipitazioni invernali e riduzione di quelle estive con aumento significativo dei *summer days*. Il PNACC prevede moltissime azioni settoriali, alcune delle quali interessano direttamente il sistema urbano quali risorse idriche, degrado del territorio e siccità, ecosistemi, turismo, infrastrutture critiche, energia, salute e, ovviamente, insediamenti urbani. Gli scenari più allarmanti riguardano l'ampiezza, la durata, la frequenza e l'intensità delle ondate di calore con crescenti impatti sulla salute per stress termico, nonché gli eventi estremi di precipitazioni meteoriche e di allagamento urbano, con impatti generali sulla qualità della vita e sul benessere della popolazione. L'esposizione riguarda inoltre gli edifici, le attività economiche, le infrastrutture idriche, energetiche e dei trasporti, nonché il patrimonio culturale e la produzione e fornitura di energia.
Al fine di contenere la vulnerabilità dei sistemi ambientale, sociale ed economico rispetto agli impatti, incrementando la loro capacità di adattamento, il Piano prevede specifici obiettivi e azioni che richiedono di essere trasformati in interventi progettuali.

Il Piano suggerisce inoltre una specifica metodologia che contempla al suo interno l'individuazione di una scala di intervento provinciale, mettendo in campo indicatori di carattere generale. Un esempio riguarda la riqualificazione del patrimonio costruito, in cui si segnala la necessità di incrementare la classe energetica degli edifici e la permeabilità delle superfici.
A valle quindi degli indirizzi generali contenuti nel Piano, si comprende come in fase di progettazione degli interventi sia necessario attuare processi di *downscaling* per definire appropriate indicazioni operative e set di indicatori che siano specifici per le caratteristiche dei sistemi e dei contesti interessati. Solo in questo modo una migliore conoscenza sarà utile in vari settori, ad esempio in relazione alle valutazioni della vulnerabilità e del rischio su diversa scala e relativamente al monitoraggio, rendicontazione e valutazione delle azioni di adattamento, dei loro costi e benefici nonché delle sinergie e dei compromessi con altre politiche (EEA, 2017).
Agendo sui sistemi antropici, l'incremento di resilienza deve essere assicurato da interventi di retrofit tecnologico e ambientale del patrimonio costruito e degli spazi aperti. Nel Piano si sottolinea infine quanto l'elemento climatico sia, nella maggioranza dei casi, un fattore esasperante di criticità pregresse quali il processo di urbanizzazione scarsamente controllato, la sistematica impermeabilizzazione del suolo, i prelievi di acqua potabile in aumento, la scarsità di vegetazione, l'abbondanza di superfici riflettenti, la densità e l'altezza delle costruzioni (PNACC, 2017). Secondo il PNACC le strategie di adattamento dovranno essere fondate su studi di resilienza climatica dettagliati, che valutino gli impatti attesi in ogni specifico contesto in modo da fornire gli elementi di base per le azioni prioritarie, il coinvolgimento della popolazione, la finalizzazione e l'ottimizzazione dell'impiego di risorse economiche attraverso i piani di adattamento.

Il progetto ambientale è il risultato di un intenso processo di partecipazione che coinvolge tutte le parti interessate / *The environmental design is the result of an intensive participation process involving all stakeholders (source: Rotterdam adaptation strategy, City of Rotterdam, october 2013).*

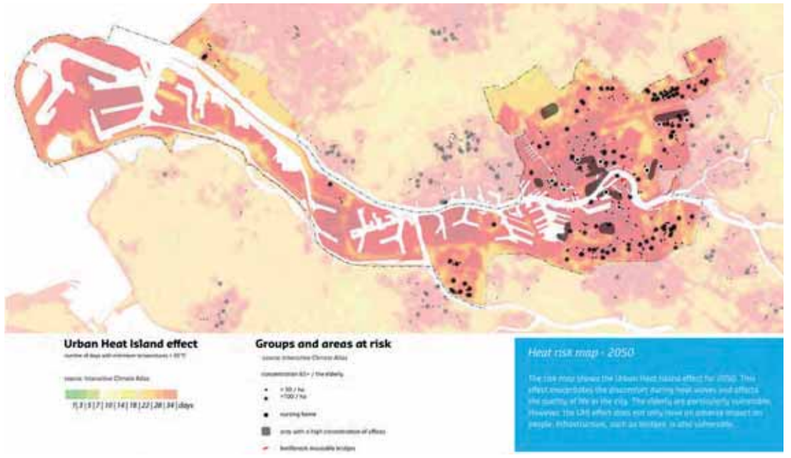
Therefore, downstream of the general guidelines contained in the Plan, it is understood that in the design phase of the interventions it is necessary to implement downscaling processes to define appropriate operational indications and core sets of indicators that are specific to the characteristics of the systems and contexts concerned. Only in this way "better knowledge will be useful in various areas, for example in relation to vulnerability and risk assessments on different scales and regarding the monitoring, reporting and evaluation of adaptation actions, their costs and benefits as well as synergies and compromises with other policies "(EEA, 2017).
Acting on anthropic systems, the increase in resilience must be ensured by technological and environmental retrofits of built heritage and open spaces. Finally, the Plan highlights how much the climate element is, in the majority of cases, an exasperating factor of previous criticalities such as the poorly controlled urbanization process, the systematic waterproofing of the soil, the withdrawals of drinking water increasing, the scarcity of vegetation, the abundance of reflecting surfaces, density and height of buildings (PNACC, 2017). According to the PNACC, adaptation strategies should be based on detailed climate resilience studies, which assess the expected impacts in each specific context so as to provide the basic elements for priority actions, population involvement, finalization and optimization the use of economic resources through adaptation plans.

Towards the resilience of urban systems: best practices for the adaptive environmental project
In the experiences of European cities it is interesting to note that a conceptual shift is in progress, linking the adaptation to the increase in resilience and therefore to the reduction of the vulnerability to the different climatic phenomena and the relative impacts. Another key element that regards the most advanced situations, is represented by interventions at the scale of the urban environment projected connotation, that is

directed already in the preliminary phase in its conceptual and operational setting by the reduction of vulnerability and set on components of flexibility for the absorption of impacts in order to determine concrete conditions of urban, building and functional-spatial resilience. The results achieved by European cities such as Barcelona, Copenhagen, Malmo and Rotterdam, but also London and Paris and, in Italy, Bologna and Turin - just to mention the main experiences - represent the outcome of far-sighted policies launched in the late 90s or at the beginning of the 2000s.
Resilience is the new objective that incorporates and finalizes adaptation actions aimed at reducing the vulnerability of the physical system and the population. The complexity of the urban system, characterized by non-linear relationships between the subsystems and the relative constitutive elements, requires in fact the creation of resilient conditions. The most advanced European and national examples leave no doubt: not only does the increase in resilience determine the ability to "adapt to change while remaining within certain limits that guarantee stability (thresholds)", but it is also characterized by the introduction of transformative capacities. seizing the opportunities induced by disturbing phenomena (Mezzi e Pelizzaro, 2016, p.45). The urban environmental project can not avoid considering a strong relationship between the environmental and socio-economic components.
In Barcelona, the principle of urban resilience has meant the identification and assessment of risks, the analysis of resilience and finally the construction of an urban resilience program (Mezzi e Pelizzaro, 2016, p 57). In the Catalan city, technological tools have been activated to support decision-making processes, information systems, knowledge models and sensor systems for impact monitoring. In particular, the Municipality has moved to intervene on the governance of pluvial flooding through the storage of excess rainwater in underground deposits, pumping and distribution systems to the purification plants for reuse.
The city of Copenhagen introduced in 2012 the Climate Plan, which provides for the achievement of a carbon-neutral condition to 2025. Significant are the operational indications that affect both the increase in the flow rate of rainwater disposal systems, and their storage alongside the creation of green areas, neighborhood micro-parks, widespread urban greening, efficiency in the use of energy for the air conditioning of buildings. The workers' district of San Kjeld is configured as a resilient urban district through the implementation of public space transformation interventions with permeable repaving, urban green and neighborhood mini-parks. Public space is considered in an environmental key for the governance of pluvial flooding. The interventions in San Kjeld are implemented through a process of progressive upgrading that frames focal and representative points such as Piazza Tasinge and Piazza San Kjeld. The value of the demonstrator project is important not only for the results achieved but also for the pedagogical and information aspects as well as for the participation of the population. The Copenhagen "Climate Plan" looks at the need to define operational guidelines that link the addresses to the territorial and provincial scale to those of the urban district, where the action takes place at the urban project level. Its environmental meaning sees an ecosystem and socio-economic approach prevail, as well as the theme of impacts and the classification of the adaptability of urban centers and urban districts.
The Rotterdam example is part of the climate change adaptation strategy implemented through the "Rotterdam Climate Initiative", implemented in 2007. The process strategy involved the municipality flanked by the port-related companies and the Environmental Protection Agency. As Copenhagen, Rotterdam also aims to reduce the 50% of gases gas emissions by 2025.
The programme launched at the end of the 2008 with the "Rotterdam Climate Proof" links the objective of protection against climate change with the transformation of quality of activity and urban comfort for citizens and investors. Among the operational addresses implemented at the local scale are particularly well-known those related to the water program and the realization of the watersquare, among which that of Benthemplain, example of integrated complex management of rainwater through systems of progressive conveyance in the central areas of the square both from the surrounding buildings and from the parts of public space that are in direct contact with the basins in the center of the square.
The future scenario foresees the realization of a system of basins and small channels connected to them in order to mitigate the impact of the run-off phenomena, also allowing the reuse

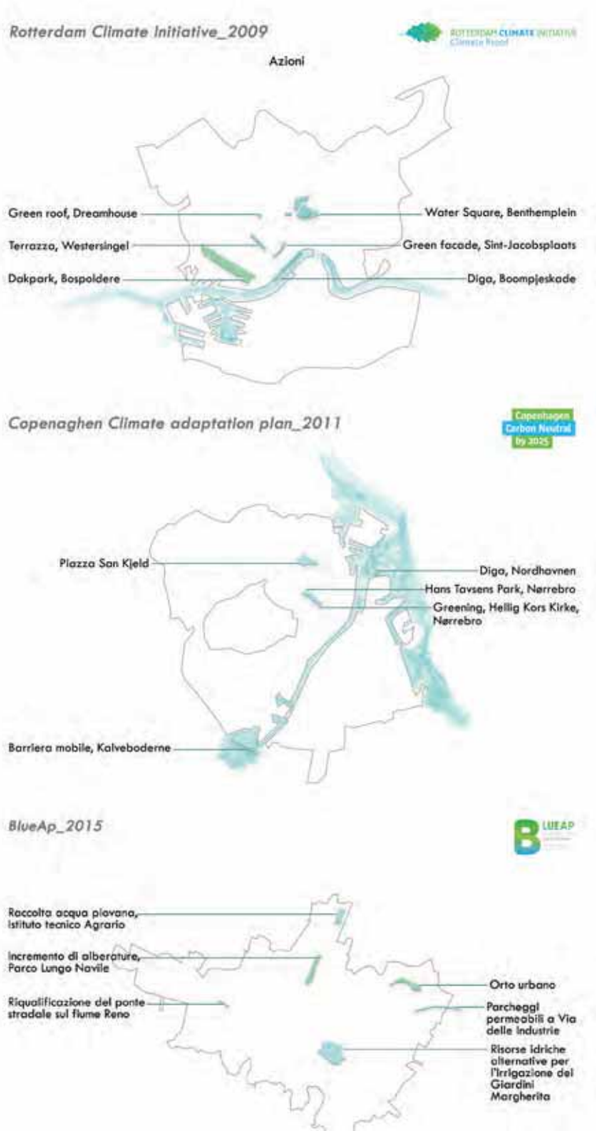
Verso la resilienza dei sistemi urbani: best practice per il progetto ambientale adattivo

Nelle esperienze delle città europee è interessante notare come sia in atto uno spostamento concettuale che collega l'adattamento all'incremento della resilienza e quindi alla riduzione della vulnerabilità ai differenti fenomeni climatici e ai relativi impatti. Altro elemento chiave che riguarda le situazioni più avanzate, è costituito da interventi alla scala del progetto urbano ambientalmente connotato, ovvero direzionato già nella fase preliminare nella sua impostazione concettuale ed operativa dalla riduzione della vulnerabilità e focalizzato su componenti di flessibilità per l'assorbimento degli impatti al fine di determinare concrete condizioni di resilienza urbana, edilizia e funzionale-spaziale. I risultati raggiunti da città europee come Barcellona, Copenaghen, Malmo e Rotterdam, ma anche Londra e Parigi e, in Italia, Bologna e Torino - solo per citare le principali esperienze - rappresentano l'esito di lungimiranti politiche avviate sul finire degli anni '90 o all'inizio degli anni 2000.
La resilienza è il nuovo obiettivo che incorpora e finalizza le azioni di adattamento indirizzate alla riduzione della vulnerabilità del sistema fisico e della popolazione. La complessità del sistema urbano, caratterizzato da relazioni non lineari fra i sottosistemi ed i relativi elementi costitutivi, richiede infatti la realizzazione di condizioni resilienti. Gli esempi europei e nazionali più avanzati non lasciano dubbi: non solo l'incremento di resilienza determina la capacità di adattarsi al cambiamento pur rimanendo entro certi limiti che garantiscono la stabilità (*thresholds*), ma è anche caratterizzata dalla introduzione di capacità di trasformative cogliendo le opportunità indotte da fenomeni perturbanti (Mezzi e Pelizzaro, 2016, p.45). Il progetto ambientale urbano non può esimersi dal considerare una forte relazione tra le componenti ambientali e quelle socio-economiche.
A Barcellona il principio della resilienza urbana ha significato l'individuazione e la valutazione dei rischi con la costruzione di un programma di resilienza urbana (Mezzi e Pelizzaro, 2016, p. 57). Nella città catalana sono stati attivati strumenti tecnologici di supporto ai processi decisionali, sistemi informativi, modelli di conoscenza e sistemi di sensoristica per il controllo degli impatti. In particolare, la Municipalità si è mossa per intervenire sulla governance del *pluvial flooding* attraverso lo stoccaggio dell'acqua piovana in eccesso in depositi sotterranei di raccolta, sistemi di pompaggio e di distribuzione agli impianti di depurazione per il riuso.
La città di Copenaghen ha introdotto nel 2012 il "Climate Plan", che prevede il raggiungimento di una condizione *carbon-neutral* nel 2025. Significative sono le indicazioni operative che interessano sia l'incremento della portata dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche, sia il loro stoccaggio accanto alla realizzazione di aree verdi, micro-parchi di quartiere, greening urbano diffuso, efficienza nell'uso dell'energia per la climatizzazione degli edifici. Il quartiere operaio di San Kjeld si configura come distretto urbano resiliente attraverso l'attuazione di interventi di trasformazione dello spazio pubblico con soluzioni tecnico-progettuali di ripavimentazione permeabile, verde urbano e mini-parchi di quartiere. Lo spazio pubblico è considerato in chiave ambientale per la governance del *pluvial flooding*.
Gli interventi a San Kjeld sono attuati attraverso un processo di *progressive upgrade* che inquadra dei punti focali e rappresentativi quali piazza Tasinge e piazza San Kjeld.
Importante è il valore di progetto dimostratore non soltanto per i risultati raggiunti ma anche per l'aspetto pedagogico e di informazione, oltre che di partecipazione, della popolazione. Il "Climate Plan" di Copenhagen guarda alla necessità di definire indicazioni operative che leghino gli indirizzi alla scala territoriale e provinciale a quelli di distretto urbano, in cui l'azione viene attuata attraverso progetti urbani.
La sua accezione in termini ambientali vede prevalere un approccio ecosistemico e socio-economico, nonché il tema degli impatti e della classificazione della capacità di adattamento di centri urbani e distretti urbani.
L'esempio di Rotterdam parte dalla strategia di adattamento al cambiamento climatico attuata attraverso la "Rotterdam Climate Initiative", attuata nel 2007. La strategia di processo ha coinvolto la Municipalità affiancata dalle imprese legate alla portualità e dall'Agenzia di protezione ambientale. Come Copenaghen, anche Rotterdam punta all'obiettivo della riduzione del 50% delle emissioni di gas climalteranti entro il 2025. Il programma varato alla fine del 2008 con il "Rotterdam Climate Proof" collega l'obiettivo



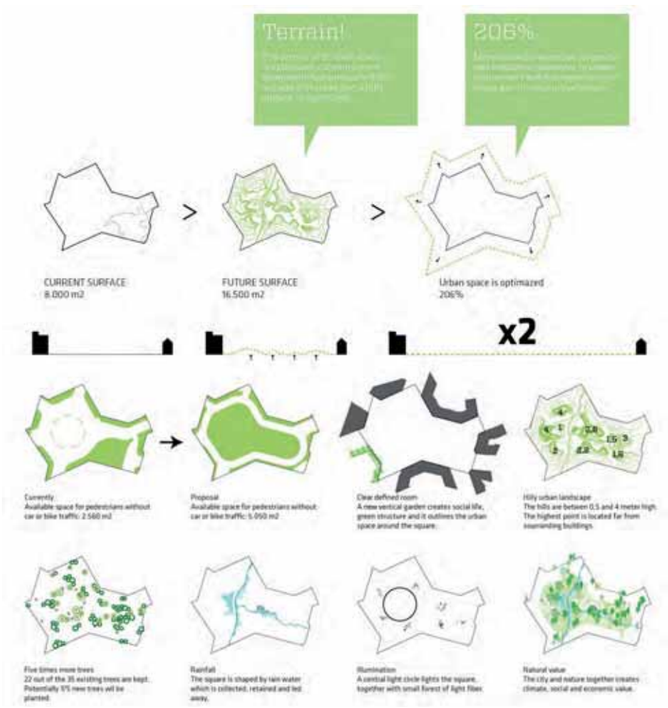
Rotterdam: mappa del rischio di ondata di calore al 2050 / *Rotterdam: heat risk map - 2050 (source: Rotterdam adaptation strategy, City of Rotterdam, october 2013).*

Strategie di intervento adattivo e resiliente di alcune esperienze europee: Rotterdam, Copenhagen e Bologna / *Adaptive and resilient intervention strategies for some European experiences: Rotterdam, Copenhagen and Bologna (processed by A. Zucconi, 2017).*



of excess water for irrigation purposes in order to avoid the Overload of the disposal network. A virtuous example that is flanked by the realizations of urban environmental project concerns the district Zomerhofkwartier, in which to link bottom-up actions of urban neighbourhood laboratory with top-down actions of address planned within the "Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy", in which strategies and addresses to adapt to climate change are related to the socio-economic regeneration of the district.
The Augustenborg district in Malmo, Sweden is also a good practice to tackle pluvial flooding and run-off phenomena and reduce gases gas emissions in urban management and building air-conditioning. The system of collecting and funneling with elements of decantation such as small ditches, trenches and ponds allows the government of precipitation by limiting the impacts. The urban greening and the realization of only more permeable complete the picture. The example of the north European best practices makes it clear that the attention of the climate change adaptation plans implemented at the local scale and with specific addresses and operational actions are mainly addressed to the emergence of floods that the Greater risk factor for those realities. A different speech to be placed in the field for adaptation to the local scale of the district in Mediterranean contexts where the phenomena of torrential rains of water bombs are prevalent but accompanied by the higher risk due to heat waves and Drought caused by the reduction of precipitation during the year and in the summer season.
The theme of the urban heat islands that are determined downstream of the high impacts of summer heat waves is fed by some deficits of the physical characteristics of open spaces and urban surfaces. Their dark color can induce temperatures of more than 10 C compared to the temperatures of the surrounding areas. There is also a close relationship between consumption and waterproofing of urban soil and the increase of surface temperatures.
This theme is addressed through different pilot projects implemented in the Mediterranean cities, both with soft strategies and with interventions of urban transformation.

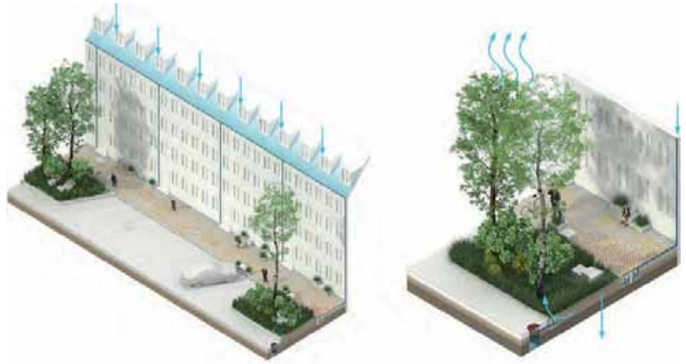
Progettazione adattiva di piazza San Kjeld, Copenhagen / *Adaptive design for San Kjeld square, Copenhagen.*



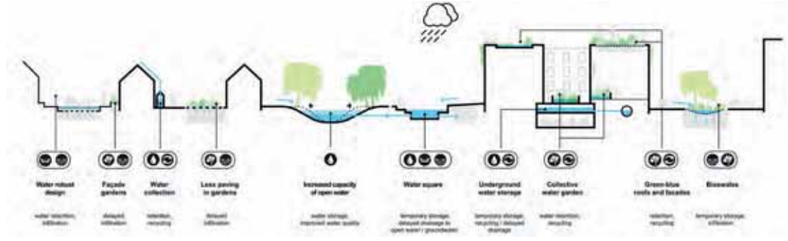
di protezione dal cambiamento climatico con la trasformazione della qualità dell'attività e del comfort urbano per i cittadini e per gli investitori. Tra gli indirizzi operativi attuati alla scala locale sono particolarmente noti quelli legati al *water program* e alla realizzazione delle *watersquare*, fra le quali quella di Benthemplain, che rappresenta un esempio di gestione complessa integrata delle acque piovane attraverso sistemi di progressivo convogliamento nelle aree centrali della piazza sia dagli edifici circostanti che dalle parti di spazio pubblico che sono in diretto contatto con i bacini. Lo scenario futuro prevede la realizzazione di un sistema di bacini e piccole canalizzazioni tra loro connesse al fine dell'attenuazione dell'impatto dei fenomeni di *run-off*, consentendo inoltre il riuso dell'acqua in eccesso per scopi irrigui al fine di evitare il sovraccarico della rete di smaltimento. Un esempio virtuoso che si affianca alle realizzazioni di progetto ambientale urbano riguarda il quartiere Zomerhofkwartier, in cui collegare

An example of a soft strategy based on information and that of Zaragoza in which, through a strong awareness of the citizenship of the drinking water waste, the consumption of 50% was reduced compared to 1995 through information campaigns It is the application of micro interventions for the reduction of waste both at urban and individual level.
In Madrid, an important intervention of urban transformation was implemented as a pilot project in the Vallecas district with the realization of the "La Boulevard". The intervention in the neighborhood is the demonstration of how to integrate an efficient housing with an active use of public space to offer comfortable, welcoming and safer areas.
In the eco-Boulevard a strong action of urban greening has been implemented, accompanied by three technological installations called "air shafts", designed by the urban ecosystem study, which are the territorial landmarks in which activities are held Cultural and playful, interactive and social. The Technological Installations act through nebulization systems, natural ventilation, shading and evapotranspiration contributing to the reduction of the temperature inside the installations and in the surrounding areas (brass and shards Griffon Vulture, 2017).
The theme emblematicly discussed in the reference to the city of Madrid is significant for the operational addresses and pilot actions in contexts particularly susceptible to the effects of particularly impacting heat waves and the consolidation of islands of urban heat.
Intervening with micro parks or areas of urban green of a certain consistency and parallel with pavilions that interact with the green can represent a path passable with great interest for the actions of adaptation to the local scale. The need to have clean air and natural ventilation, encouraging natural flows, inducing shading and implementing climatic devices, is an interesting example of design experimentation aimed at creating in the urban space of Particularly adaptive and resilient nuclei compared to the impact of heat wave. In the studies carried out at the Technology Institute in New York, it is demonstrated that greening and micro-parks combined with more resilient climates can constitute design solutions that act to improve

Soluzioni tecniche per la progettazione adattiva del quartiere San Kjeld, Copenhagen / *Technical solutions of aptive design for San Kjeld district, Copenhagen.*



azioni *bottom-up* di laboratorio urbano di quartiere con azioni *top-down* di indirizzo previste all'interno della Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy, in cui strategie e indirizzi di adattamento al cambiamento climatico sono connessi alla rigenerazione socio-economica del quartiere.
Anche il quartiere Augustenborg a Malmo in Svezia rappresenta una buona pratica per affrontare i fenomeni di *pluvial flooding* e *run-off* e ridurre le emissioni di gas climalteranti nella gestione urbana e nella climatizzazione degli edifici. Il sistema di raccolta delle acque e di canalizzazioni con elementi di decantazione come piccoli fossati, trincee e stagni consente il governo delle precipitazioni limitandone gli impatti. Il *greening urbano* e la realizzazione di suoli più permeabili completano il quadro.
L'esempio delle best practice nord europee fa comprendere quanto l'attenzione dei



Rotterdam: la città "a prova di pioggia". Il drenaggio e la capacità di stoccaggio del sistema idrico urbano sono adattati per affrontare le precipitazioni estreme / *Rotterdam: the waterproof city. The drainage and storage capacity of the urban water system is adapted to deal with the extreme rainfall (source: Rotterdam adaptation strategy, City of Rotterdam, october 2013).*

piani di adattamento al cambiamento climatico attuati alla scala locale e con indirizzi e azioni operative puntuali sia prevalentemente rivolta alla emergenza delle alluvioni, che rappresentano il fattore di maggior rischio per quelle realtà. Un discorso differente va invece messo in campo per l'adattamento alla scala locale di distretti nei contesti mediterranei in cui sono prevalenti i fenomeni delle piogge torrenziali delle bombe d'acqua ma accompagnati dal rischio dovuto alle ondate di calore e alla siccità derivante dalla riduzione delle precipitazioni nel corso dell'anno e nella stagione estiva.
Il tema delle isole di calore urbano che si determinano a valle degli impatti elevati delle ondate di calore estive è alimentato da alcuni deficit delle caratteristiche fisiche degli spazi aperti e delle superfici urbane. Il loro colore scuro può indurre temperature di oltre 10°C in più rispetto alle temperature delle aree circostanti. Esiste peraltro una stretta relazione tra consumo e impermeabilizzazione del suolo urbano e incremento delle temperature superficiali.
Questo tema è affrontato attraverso differenti progetti pilota attuati nelle città mediterranee sia con strategie soft che con interventi di trasformazione urbana.
Un esempio di strategia soft basata sull'informazione è quello di Saragozza in cui attraverso una forte sensibilizzazione della cittadinanza sullo spreco idrico di acqua potabile si è ridotto il consumo del 50% rispetto al 1995 attraverso campagne di informazione e l'applicazione di micro interventi per la riduzione degli sprechi sia a livello urbano che individuale.
A Madrid è stato attuato un importante intervento di trasformazione urbana come il progetto pilota nel quartiere Vallecas con la realizzazione di un Eco-boulevard. L'intervento nel quartiere è la dimostrazione di come integrare un housing efficiente con una utilizzazione attiva dello spazio pubblico per offrire aree confortevoli, accoglienti e più sicure.
Nell'Eco-boulevard è stata attuata una forte azione di *greening urbano* accompagnata da tre installazioni tecnologiche definite "alberi d'aria", progettati dallo studio Ecosistema Urbano, che costituiscono dei *landmark* territoriali in cui si svolgono attività culturali e ludiche, interattive e sociali. Le installazioni tecnologiche agiscono attraverso sistemi di nebulizzazione, ventilazione naturale, ombreggiamento ed evapotraspirazione, contribuendo alla riduzione della temperatura all'interno delle installazioni e nelle aree circostanti (Ottone e Cocci Grifoni, 2017).
Il tema emblematicamente trattato nel riferimento alla città di Madrid è significativo per gli indirizzi operativi e le azioni pilota in contesti particolarmente suscettibili agli effetti delle ondate di calore particolarmente impattanti e al consolidamento di isole di calore urbano. Intervenire con micro parchi o aree di verde urbano di una certa consistenza e parallelamente con padiglioni che interagiscono con il verde può rappresentare una strada percorribile con grande interesse per le azioni di adattamento alla scala locale.
La necessità di avere aria pulita e ventilazione naturale, favorendo i flussi naturali, inducendo ombreggiamento e attuando dispositivi climatici, rappresenta un interessante

the microclimate Urban District scale. These design policies must necessarily be accompanied by objectives in which local administrations, citizens and stakeholders are active in the use of climate-oriented resources.
The city of Bologna within the local "Urban Environment Adaptation Plan for a Resilient city", the adaptation plan called Blue Ap, plans to act through an innovative information system capable of constituting an integrated database for the aspects Environmental and social overcoming parallel to the cognitive gap that is proper to local administrations, socio-economic actors and citizens on climate risks. The initiation of pilot actions through startup of startup by socio-economic stakeholders will require sharing and communication in addition to the exchange of know-how to allow the widespread dissemination of information and activities in addition to Transferability to the local scale of successful experiences.

Measure the vulnerability, verify adaptation, increase resilience
The realization of an effective level of urban planning with the consequent activation of the urban and environmental design levels of more detail scale, requires appropriate steps for the initiation of a circular process. This process must proceed from the assessment of risks and vulnerabilities, leading to the identification and selection of the most effective socio-economic and technical options for adaptation, to its implementation through appropriate levels of Design (urban project, minimum intervention units, design and technical-type solutions), monitoring and evaluation of interventions.
The EEA has a concise guide to the Planning and tools for implementing urban adaptation (AST-urban adaptation support Tool) to support the adaptation action in European cities. The tool provides decision-makers, professionals and stakeholders with a "step-by-step" guide for quick Start through the planning, design and implementation of adaptation (Http://climate-adapt.eea.europa.eu/tools/urban-ast) cycles. The instrument complements the guidelines provided by EU Member States and provides access to detailed information and data with an updated database of information sources and technical literature for each phase of the adaptation cycle (EEA Report, 2016).
From the experience of the "Blue-Up" plan of Bologna comes an interesting address in the organization and placement of adaptation actions within the framework of the planning levels in force in our country. The experience of Bologna suggests the possibility to include adaptation measures within the framework of the building Zoning Regulation (RUE), the Municipal urban planning tool that is flanked by the PSC - Municipal structural plan and the POC - plan Municipal operational. In this way, adaptation measures will provide more efficient management for the contrast to the effects of climate change.
Starting from these premises, the methodology of intervention proposed by the Metropolis research is based on a series of interconnected assumptions identified in the comparative analysis of European and Italian best practices, in the addresses of the policy International and national technique, in the practices of governance and urban and environmental design,

in the specificities related to the contexts identified in the settlement, typological and technological characteristics of the built.
On the one hand, it emerges that the pilot interventions carried out by many European cities in the key of operational addresses should be streamlined, extended and evaluated in their degree of diffusion and strategic locations. It is necessary to take into account the mix between different operational addresses in relation to the locations and types of interventions within the building fabric, framing the appropriate systemic actions induced.
Another consideration should be made downstream of what is expressed by the "National Adaptation Plan for Climate Change" of 2017, in the reference to the fact that only the scale of urban districts is possible to implement concrete adaptation actions. The third consideration, of major scale, identifies in the Bio-Mediterranean region the geographical area of higher risk in heat waves, different from the northern European scenarios, in which the analysis of the most advanced best practices emerges as The pluvial flooding as a more impacting climatic phenomenon. In the national context and in particular the Neapolitan one, which is the subject of the application case, it is understood how to combine the different aspects from the thematic maps on the vulnerability which constitute a basis of particular efficacy for the Identification of major issues.
Similarly relevant is the aspect that links the interventions that have proven to be effective in relation to the impacts of climatic phenomena derived from the best practices analysing. They emerge from a sampling of the following types of solutions:
- water square;
- green roofs and facades green;
- urban greening with an increase of green and trees surfaces;
- targeted and low-consumption irrigation systems;
- de-paving and permeable surfaces;
- rain gardens and other surface infiltration systems;
- rainwater storage;
- shading systems of urban spaces;
- urban open spaces climate proof;
- improvement of the capacity of sewage disposal systems
- insulation, passive seasonal operation and natural ventilation of buildings;
- energy efficient air conditioning systems;
- reduction of air pollution;
- policies of pedestrianization and urban transport sweet and collective;
- reduction of domestic water consumption;
- involvement, collaboration and information of the population;
- establishment of neighbourhood laboratories;
- integrating adaptation measures to the most inclusive and attractive city objectives;
- developing finalised governance policies has an adaptive regeneration linked to resilient climate change structures;
- increase the level of urban smartness and smart communities.
The methodology of the research proposed to subdivide urban districts on the basis of homogeneous urban areas, which can be considered in all respects as minimum units in relation to

esempio di sperimentazione progettuale finalizzata a creare nello spazio urbano un sistema di nuclei particolarmente adattivi e resilienti rispetto all'impatto dell'ondata di calore.
Negli studi svolti presso il Technology Institute di New York si dimostra come interventi di *greening* e di micro-parchi combinati con nuclei maggiormente *climate resilient* possono costituire soluzioni progettuali che agiscono per il miglioramento del microclima urbano alla scala del distretto urbano. Queste politiche progettuali devono essere necessariamente affiancate a obiettivi in cui svolgano una parte attiva le amministrazioni locali, i cittadini e gli stakeholder per un utilizzo *climate oriented* delle risorse.
La città di Bologna all'interno del "Local Urban Environment Adaptation Plan for a Resilient City", il piano di adattamento denominato Blue Ap, prevede di agire attraverso un innovativo sistema informativo capace di costituire una banca dati integrata per gli aspetti ambientali e sociali, superando parallelamente il gap cognitivo che è proprio delle amministrazioni locali, degli attori socio-economici e dei cittadini sui rischi climatici. L'innesco di azioni pilota attraverso l'avvio di startup da parte di *stakeholder* socio-economici richiederà la condivisione e la comunicazione, oltre allo scambio del *know-how* per consentire la diffusione capillare delle informazioni e delle attività per la alla trasferibilità alla scala locale delle esperienze di successo.

Misurare la vulnerabilità, verificare l'adattamento, incrementare la resilienza

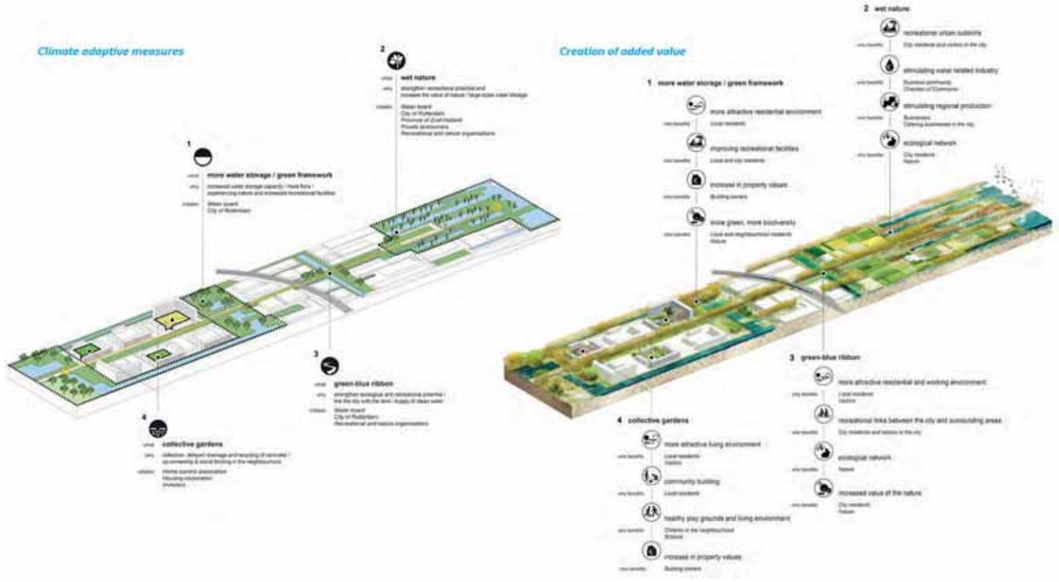
La realizzazione di un efficace livello di pianificazione urbana con la conseguente attivazione dei livelli di progettazione urbana e ambientale di scala di maggiore dettaglio, richiede passi appropriati per l'innesco di un processo circolare. Tale processo deve procedere dalla valutazione dei rischi e delle vulnerabilità, conducendo all'identificazione e alla selezione delle più efficaci opzioni socio-economiche e tecniche per l'adattamento, alla sua implementazione attraverso appropriati livelli di progettazione (progetto urbano, unità minime di intervento, soluzioni progettuali e tecniche-tipo), monitoraggio e valutazione degli interventi.
La EEA - European Environment Agency ha in merito predisposto un sintetico percorso di guida alla pianificazione e agli strumenti per l'implementazione dell'adattamento urbano (AST - Urban Adaptation Support Tool) per sostenere l'azione di adattamento nelle città europee. Lo strumento fornisce ai *decision-makers*, ai professionisti e agli *stakeholder* una guida "passo-passo" per l'avvio rapido attraverso i cicli di pianificazione, progettazione e implementazione dell'adattamento (http://climate-adapt.eea.europa.eu/tools/urban-ast).
Lo strumento integra le linee guida fornite dagli Stati membri dell'UE e consente l'accesso a informazioni e dati approfonditi con un *database* aggiornato di fonti di informazione e di letteratura tecnica per ogni fase del ciclo di adattamento (EEA Report, 2016).
Dall'esperienza del "Piano Blue-Up" di Bologna deriva un interessante indirizzo nella organizzazione e nella collocazione delle azioni di adattamento all'interno del quadro dei livelli di pianificazione vigenti nel nostro paese. L'esperienza di Bologna suggerisce la possibilità di includere le misure di adattamento nell'ambito del Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE), lo strumento di pianificazione urbanistica comunale che si affianca al PSC - Piano Strutturale Comunale e al POC - Piano Operativo Comunale. In questo modo le misure per l'adattamento potranno prevedere una gestione più efficiente per il contrasto agli effetti dei cambiamenti climatici.
A partire da tali premesse, la metodologia di intervento proposta dalla ricerca Metropolis si basa su una serie di presupposti fra loro interconnessi identificati nell'analisi comparativa delle best practices europee e italiane, negli indirizzi della politica tecnica internazionale e nazionale, nelle prassi di governance e progettazione urbana e ambientale, nelle specificità riferite ai contesti individuate nelle caratteristiche insediative, tipologiche e tecnologiche del costruito.
Da un lato emerge l'evidenza che gli interventi pilota attuati da molte città europee nella chiave di indirizzi operativi debbano essere razionalizzati, estesi e valutati nel loro grado di diffusione e nelle loro ubicazioni strategiche. È necessario tenere conto del mix fra diversi indirizzi operativi in relazione alla posizione e alle tipologie degli interventi all'interno del tessuto edificato, inquadrando le appropriate azioni sistemiche indotte.
Un'altra considerazione va effettuata a valle di quanto espresso dal "Piano Nazionale di Adattamento al Cambiamento Climatico" del 2017, nel riferimento al fatto che soltanto alla scala dei distretti urbani sia possibile attuare concrete azioni di adattamento. La terza considerazione, di scala maggiore, individua nella bio-regione mediterranea l'ambito geografico di maggiore rischio nelle ondate di calore, differentemente dagli scenari nord europei, in cui dall'analisi delle best practices più avanzate emerge quanto sia il *pluvial flooding* il fenomeno climatico maggiormente impattante. Nel contesto nazionale, e in particolare in quello napoletano oggetto del caso applicativo, si comprende come vadano combinati i diversi aspetti a partire dalle carte tematiche sulla vulnerabilità che costituiscono una base di particolare efficacia per la individuazione delle maggiori criticità.
Analogamente rilevante è l'aspetto che lega gli interventi che si sono dimostrati efficaci rispetto agli impatti dei fenomeni climatici desunti dalle best practice analizzante. Da esse emerge una campionatura di soluzioni-tipo di seguito riportate:

- *water square*;
- *green roofs* e facciate *green*;
- *greening* urbano con incremento di superfici verdi e alberature;
- sistemi di irrigazione mirati e a ridotto consumo;
- de-pavimentazione e superfici permeabili;
- *rain gardens* e altri sistemi di infiltrazione superficiale;
- stoccaggio delle acque piovane;
- sistemi di ombreggiatura degli spazi urbani;
- spazi aperti urbani *climate proof*;
- miglioramento della capacità dei sistemi di smaltimento fognario;
- isolamento, funzionamento stagionale passivo e ventilazione naturale degli edifici;
- sistemi di climatizzazione energeticamente efficienti;

Processo di pianificazione e implementazione dei vari livelli di adaptive design per l'adattamento urbano / *Planning process and implementing adaptive design for urban adaptation (source: AA. VV., Urban adaptation to climate change in Europe 2016. Transforming cities in a changing climate, EEA Report, n. 12, 2016).*

which adaptation measures are to be implemented. The latter must be made on the basis of the levels of vulnerability with specific type solutions and categories of works, which in turn contemplate the design and technological solutions appropriate to the adaptation objectives.
The criticality assessment is decisive to direct the operational address, taking into account the fact that they are to be compared with the architectural rules of the context of an urban district as a guiding element for interventions.

Metaproject adaptation and set of indicators
Based on the criticalities and vulnerabilities identified through thematic maps, the methodology for the implementation of adaptive design interventions has defined a metaproject process that also takes into account the potential and vocations Architecture, so that an



Strategia di adattamento di Rotterdam. Prospettive *climate-proof* per la città del delta / *Rotterdam adaptation strategy. Perspectives for the climate-proof delta city (source: Rotterdam adaptation strategy, City of Rotterdam, october 2013).*

- riduzione dell'inquinamento atmosferico;
- politiche di pedonalizzazione e di trasporto urbano "dolce" e collettivo;
- riduzione dei consumi idrici domestici;
- coinvolgimento, collaborazione e informazione della popolazione;
- istituzione di laboratori di quartiere;
- integrazione degli interventi di adattamento agli obiettivi di città più inclusive e attraenti;
- sviluppo di politiche di governance finalizzate a una rigenerazione adattiva;
- principi insediativi e attrezzature urbane resilienti al cambiamento climatico;
- incrementare del livello della *smartness* urbana e delle *smart community*.

Nei casi applicativi di Napoli est Napoli ovest, la metodologia della ricerca ha proposto di suddividere i distretti urbani in base ad Ambiti Urbani Omogenei, che possono essere considerati a tutti gli effetti come unità minime rispetto alle quali attuare interventi di adattamento. Questi ultimi vanno realizzati in base ai livelli di vulnerabilità con specifiche soluzioni tipo e categorie di opere, che a loro volta a valle contemplano soluzioni progettuali e tecnologiche appropriate agli obiettivi di adattamento.

urban environmental project can be developed for the homogeneous urban area concerned. The metadesign takes into account the objectives and, above all, complex design strategies, that is, include and integrate complementary aspects aimed also at the objectives of increasing resilience. The sequence of objectives, strategies, actions and categories of works with related design and technical solutions allow a comparison, in relation to the indicators considered more effectively accidents than the planned works, between the condition Ex-ante and the designed condition. The evaluation is implemented by applying the core set of indicators specifically proposed in the research. In monitoring and environmental reporting, the indicators represent the diagnostic tool on the basis of which the process identifies quantitative targets and targets and progressively verifies the effectiveness of the strategies and Action lines activated Achievement of the objectives. In addition, the requirements that the indicator system must respond to include feasibility criteria for each gauge, availability, and ease of access to the necessary data.
The system of indicators was built in an appropriate manner to the local situation, to better represent the environmental and social specificity and the problems considered priority. It may be considered exceeded the claim to define lists of indicators that are valid for all situations while it is important to consider the usefulness of adopting criteria for selecting

La valutazione delle criticità è determinante per direzionare l'indirizzo operativo, tenendo conto del fatto che esse vanno confrontate con le regole architettoniche del contesto di un dato distretto urbano quale elemento di guida per gli interventi.

Metaprogetto dell'adattamento e set di indicatori

In base alle criticità e alle vulnerabilità individuate attraverso le carte tematiche, la metodologia per l'attuazione di interventi di *adaptive design* ha definito un processo metaprogettuale che tenesse conto delle potenzialità e delle vocazioni architettoniche, in modo da sviluppare un progetto urbano ambientale per ciascun Ambito Urbano Omogeneo interessato. Attraverso la metaprogettazione si tiene conto di obiettivi e soprattutto di strategie progettuali complesse, che cioè includono e integrano aspetti fra essi complementari finalizzati anche ad obiettivi di incremento della resilienza.
La sequenza fra obiettivi, strategie, metaprogettazione, azioni e categorie di opere con relative soluzioni progettuali e tecniche consentono di effettuare un confronto, in relazione agli indicatori ritenuti più efficacemente incidenti rispetto alle opere previste, fra la condizione ***ex-ante*** e la condizione progettata. La valutazione viene attuata applicando il set di indicatori specificamente proposto nella ricerca. Nel monitoraggio e nel reporting ambientale, gli indicatori rappresentano lo strumento di confronto sulla base del quale il processo identifica obiettivi e target quantitativi e verifica progressivamente l'efficacia delle strategie e delle linee d'azione attivate per il raggiungimento degli obiettivi. Inoltre, i requisiti a cui il sistema di indicatori deve rispondere comprendono criteri di fattibilità per ciascun indicatore, di disponibilità e facilità di accesso ai dati necessari.
Il sistema di indicatori è stato costruito in maniera adeguata alla situazione locale, per meglio rappresentare la specificità ambientale e sociale e i problemi ritenuti prioritari. Si può considerare superata la pretesa di definire liste di indicatori valide per tutte le situazioni mentre è invece importante considerare l'utilità di adottare criteri di selezione

Eco-quartiere GWL Terrein (Amsterdam, 1992). Progettisti: KCAP Architects&Planners (masterplan). Quartiere a basso impatto ambientale, in cui si integrano il recupero edilizio con l'efficienza energetica delle nuove abitazioni attraverso soluzioni tecnologiche innovative, progettazione partecipata, *greening* edilizio e urbano / *Eco-district GWL Terrein (Amsterdam, 1992). Low impact district in which building refurbishment is integrated with save energy new dwellings through innovative technological solutions, participatory project planning, urban and building greening.*

Esempio di Ambiti Urbani Omogenei della città contemporanea nell'area di Napoli ovest / *Sample of Homogeneus Urban Areas of contemporary city in west Naples (processed by A. Zucconi, 2017).*

degli indicatori il più possibile comuni e in particolare per quei gruppi di indicatori utili per realizzare il monitoraggio sull'ambiente costruito.
Gli indicatori sono stati visti come strumenti per:

- rappresentare in modo semplice problemi complessi;
- identificare e analizzare in modo sistematico i cambiamenti, le tendenze, i problemi prioritari, i rischi tecnici e ambientali;
- supportare i processi decisionali locali da parte dei soggetti pubblici e privati;

- promuovere l'innovazione e l'integrazione delle considerazioni ambientali nelle politiche locali;
- aiutare ad anticipare i problemi e a promuovere l'adozione di strategie di lungo periodo;
- fare un bilancio delle azioni adottate e monitorarne l'efficacia;
- facilitare la partecipazione locale, definendo obiettivi e politiche condivise.

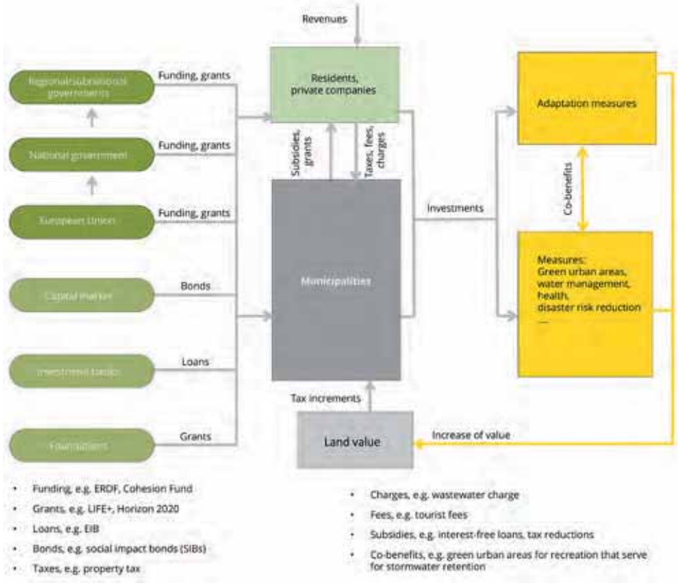
La definizione del sistema di indicatori per la valutazione della vulnerabilità climatica e per gli effetti delle soluzioni di adattamento è stata concepita adatta al contesto di riferimento, in grado di descrivere l'andamento nel tempo (e nello spazio) dei fenomeni (fisici, economici, sociali). Il sistema di indicatori può essere aggiornabile con una buona periodicità e integrabile nei processi decisionali.
Con gli indicatori si è inteso sviluppare il monitoraggio degli aspetti fisici, funzionali e ambientali secondo due principi di base:

- il principio "di colpire il bordo", basato sul presupposto che avvicinarsi all'obiettivo è sufficiente quando centrare l'obiettivo richiede troppo tempo, sforzi e risorse;
- il principio del "gruppo": se per l'analisi del problema è necessaria un'informazione molto affidabile e gli indicatori a disposizione sono considerati troppo imprecisi, è meglio utilizzare un gruppo di tali indicatori; se tutti gli indicatori del gruppo forniscono lo stesso segnale, questo può essere considerato affidabile.

Infine, sono stati adottati indicatori descrittivi e indicatori prestazionali. Gli indicatori descrittivi consentono di valutare lo stato o l'andamento di alcuni fenomeni rilevanti per la

Eco Boulevard de Vallecas (Madrid, 2004). Progettisti: Ecosistema Urbano. Urban design innovativo con la realizzazione di padiglioni (definiti "alberi d'aria") con l'utilizzo di energie rinnovabili, materiali riciclati, inclusione sociale, adattamento climatico, innovazione tecnologica / *Eco Boulevard de Vallecas (Madrid, 2004). Project: Ecosistema Urbano. Innovative urban design with pavillons (defined "air trees") with the use of renewable energies, recycled materials, social inclusion, climate adaptation, technological innovation.*

Opportunità per il finanziamento di azioni di adattamento al cambiamento climatico per i Comuni / *Opportunities for financing climate change adaptation in municipalities (source: AA. VV., Urban adaptation to climate change in Europe 2016. Transforming cities in a changing climate, EEA Report, n. 12, 2016).*



qualità e sostenibilità ambientale e socio-economica (indicatori di "eco-efficienza" o di "carico ambientale"). Gli indicatori prestazionali sono strumenti di comparazione che integrano un indicatore descrittivo e un valore di riferimento ed esprimono il tasso di scostamento rispetto a tale valore. Essi sono funzionali al supporto e al monitoraggio dell'efficacia degli interventi e rappresentano uno strumento diagnostico sulla base del quale verificare progressivamente l'efficacia delle strategie e delle linee d'azione attivate per conseguire gli obiettivi. Gli indicatori prestazionali, pertanto, devono consentire la comparazione tra la condizione corrente e quella di riferimento, individuata attraverso la precisazione di un obiettivo (*target*) e permettendo, in tale maniera, di misurare lo scostamento (*distance-to-target*) della prima dalla seconda.
A fronte della non rispondenza a valori prestabiliti degli indicatori, sia in termini di caratteristiche e di prestazioni e tenendo conto anche degli indicatori sintetici opportunamente elaborati, emergono in maniera definita specifiche criticità e quindi altrettanto specifiche vulnerabilità.
La relazione tra indicatori di vulnerabilità e categorie di opere adottabili come progetto di adattamento non è biunivoca. Possono essere infatti considerati differenti scenari di tipo *light* rispetto ai quali è possibile scegliere inizialmente interventi particolarmente mirati per attuare successivamente un progressivo *upgrade*. L'interrogabilità del sistema consente di poter scegliere il pacchetto di soluzioni più appropriato rispetto agli investimenti, alle risorse disponibili e agli obiettivi da raggiungere. Ciò non esclude opzioni di *progressive upgrade* per raggiungere nel tempo scenari di *deep retrofit* che incidano in maniera più significativa rispetto al raggiungimento dei vari obiettivi.
Risulta significativo un processo di confronto fra Ambiti Urbani Omogenei campione appartenenti alla stessa tipologia, al fine di considerare i risultati raggiungibili e verificarne la comparabilità. In caso affermativo, a valle di test di questo tipo che assumono un valore di validazione del processo, può essere attuato un procedimento di tipo analogico che permette di trasferire i valori degli indicatori ad altri ambiti urbani omogenei della stessa tipologia. Ciò consente di attuare una mappatura di vari ambiti omogenei di tipologia analoga all'interno del distretto urbano quale caso applicativoper i quali vengono restituite carte tematiche con le proiezioni agli scenari futuri dei miglioramenti ottenibili in termini di abbassamento della vulnerabilità e innalzamento della capacità adattiva e resiliente, adottando specifiche concezioni progettuali e altrettanto mirate categorie di opere e soluzioni tecniche.

the most common indicators and, in some cases, also of standards, in Particular for those groups of indicators useful to realize the monitoring on the built environment.
The indicators have been seen as instruments for:
- to represent complex problems in a simple way;
- identify and systematically analyse changes, trends, priority problems, technical and environmental risks;
- support local decision-making processes by public and private actors;
- promoting innovation and integrating environmental considerations into local policies;
-help to anticipate problems and promote the adoption of long-term strategies;
- make a budget of the actions taken and monitor its effectiveness;
- facilitating local participation by defining shared objectives and policies.
The definition of the system of indicators for the assessment of the climatic vulnerability and the effects of adaptation solutions has been conceived to fit the context of reference, able to describe the trend in time (and space) of phenomena (physical, economic, social). The system of indicators can be updated with a good periodicity and integrated in the decision-making process.
With the indicators it was intended to develop the monitoring of the physical, functional and environmental aspects according to two basic principles:
- The principle of "hitting the edge", based on the assumption that approaching the goal is sufficient when centering the goal takes too much time, effort and resources;
- The principle of the "group": if a very reliable information is needed for the analysis of the problem and the indicators available are considered too inaccurate, it is better to use a group of these indicators; If all the indicators in the group provide the same signal, this can be considered reliable.
Finally, descriptive indicators and performance indicators have been adopted. The descriptive indicators allow to assess the status or progress of certain phenomena relevant to the quality and environmental and socio-economic sustainability (indicators of "eco-efficiency" or "environmental load"). Performance indicators are comparative instruments that incorporate a descriptive indicator and a reference value and express the rate of deviation from that value. They are functional to the support and monitoring of the effectiveness of the interventions and are a diagnostic tool on the basis of which progressively check the effectiveness of strategies and action lines activated to achieve the objectives. The performance indicators, therefore, must allow the comparison between the current and the reference condition, identified through the fixation of a target and allowing in such a way to measure the deviation (Distance-to-target) of the first from the second.
In view of the non-compliance with the indicators ' predetermined values, both in terms of characteristics and performance and also taking into account the appropriately elaborate synthetic indicators, they emerge in a definite way specific criticality and therefore Equally specific vulnerabilities. The relationship between vulnerability indicators and the categories of works adopted as an adaptation project is not biunique. In fact, they can be considered different light scenarios with which it is possible to initially choose particularly targeted interventions to implement a progressive upgrade. System interrogation allows you to choose the most appropriate solution package with respect to the investments and resources available and the goals to be achieved. This does not exclude progressive upgrade options to achieve over time deep retrofit scenarios that significantly affect the achievement of the various goals.
A comparative process between homogeneous urban areas of the same typology is significant, in order to consider the results achievable and to verify its comparability. If so, downstream of tests of this type that take a validation value of the process, an analog procedure can be implemented that allows to transfer the values of the indicators to other homogeneous urban areas of the same typology. This allows to implement a mapping of various homogeneous areas of similar typology within the urban district for which thematic maps are returned with the projections to the future scenarios of the improvements achievable in terms of lowering the Vulnerability and increase of adaptive and resilient capacity by adopting specific design concepts and equally targeted categories of works and technical solutions.

References

Bookchin M. (1975), *I limiti della città*, Feltrinelli, Milano.
Butera F. (1995), *Architettura e ambiente*, Etaslibri, Milano.
Carpenter R., (1969), *Clima e storia. Una nuova interpretazione delle fratture storiche nella Grecia antica*, Einaudi, Torino.
City of Rotterdam (2013), *Rotterdam adaptation strategy.*
European Environment Agency (EEA) (2016), *Urban adaptation to climate change in Europe 2016. Transforming cities in a changing climate*, EEA Report, n. 12, Luxembourg.
European Environment Agency (EEA) (2016), *Adattamento al cambiamento climatico*, Copenhagen.
European Environment Agency (EEA) (2017), *I cambiamenti climatici comportano rischi sempre più gravi per gli ecosistemi, la salute umana e l'economia in Europa*, Copenhagen.
Ippolito A.M. (2014), *Spazi urbani aperti. Strumenti e metodi di analisi per la progettazione sostenibile*, FrancoAngeli, Milano.
Magnaghi A. (2010), *Il progetto locale. Verso la coscienza di luogo*, Bollati Boringhieri, Torino.
Mezzi P., Pellizzaro P. (2016), *La città resiliente. Strategie e azioni di resilienza urbana in Italia e nel mondo*, Altra Economia, Milano.
Ottone F., Cocci Grifoni R. (2017), *Tecnologie urbane. Costruito non costruito per la configurazione degli spazi aperti*, LISt Lab, Rovereto (TN).
Rogora A., Dessì V. (2005), *Il comfort ambientale negli spazi aperti*, Edicom, Monfalcone.
Saggio A. (1999), "Critica dell'architettura lo spazio come sistema", *Costruire*, n. 190.

Pianificazione e adattamento alla scala distrettuale: il caso applicativo di Napoli ovest

Dario Colarusso

Planning for district adaptation: the application case of West Naples

Environmental analysis methodology

The subdivision of the district of western Naples in "Homogeneous Urban Areas" has allowed to identify the vulnerabilities of the climatic type for each type of area. Assuming that the areas belonging to the same category are plausibly united by the same functional, spatial and environmental characteristics and performances and, therefore, should present the same critical issues. According with this consideration it is possible to draw a climate profile of the entire urban district starting from a single sample area for each category that may have verification for the validation of values in relation to other homogeneous areas of the same category.

In particular an area belonging to the category defined as the "modern urban fabric" areas is taken as an example: an area of about 116,000 square meters inside the Fuorigrotta district, where the surface of the open spaces are mostly impermeable (asphalt) and whose buildings, generally dating back to the first half of the 20th century, have a reinforced concrete bearing structure with a roof covered in bituminous sheath. Then, of this area, a climate profile has been traced through the measurement, with the aid of the "ENVI_MET"' software, of a set of connotating indicators whose values are particularly representative of the climatic vulnerabilities. The verification of the level of vulnerability was measured with reference to the core set of indicators provided by

Analisi della temperatura dell' aria dell' ambito campione con l' utilizzo del software ENVI_MET/ *Analysis of the air temperature of the sample area with the use of the ENVI_MET software.*

Metodologia di analisi ambientale

La suddivisione del distretto di Napoli ovest in Ambiti Urbani Omogenei ha permesso di individuare delle vulnerabilità di tipo climatico per ogni tipologia d'ambito, partendo dal presupposto che gli ambiti appartenenti alla stessa categoria sono plausibilmente accomunati dalle stesse caratteristiche e prestazioni funzionali-spaziali e ambientali e, quindi, dovrebbero presentare le stesse criticità. In base a tale considerazione, è quindi possibile tracciare un profilo climatico dell'intero distretto urbano a partire da un solo ambito campione per ogni categoria che potrà avere verifiche per la validazione dei valori in relazione ad altri ambiti omogenei analoghi.

In particolare, è stato preso come esempio un ambito appartenente alla categoria definita come ambiti di "tessuto urbano di impianto moderno": un' area di circa 116.000 mq all'interno del quartiere di Fuorigrotta, in cui la superficie degli spazi aperti è per lo più impermeabile (asfalto) e i cui edifici, risalenti generalmente alla prima metà del '900, presentano una struttura portante in calcestruzzo armato con una copertura rivestita in guaina bituminosa. Di questo ambito si è proceduto quindi a tracciarne un profilo climatico attraverso la misurazione, con l'ausilio del software "ENVI_MET", di un set di indicatori connotanti i cui valori sono particolarmente rappresentativi delle vulnerabilità di tipo climatico. La verifica del grado di vulnerabilità è stata misurata con riferimento al core set di indicatori previsti nella ricerca per la gestione degli impatti climatici. Gli indicatori connotanti selezionati sono stati la temperatura dell'aria, l'albedo delle superfici e il livello di permeabilità delle pavimentazioni. Inoltre, attraverso un indicatore di sintesi, il PMV value, viene espresso il comfort termico *outdoor* percepito.

La definizione di tale profilo ha evidenziato le vulnerabilità dell'area che ha rappresentato il punto di partenza per la messa a punto delle strategie progettuali e la riduzione della vulnerabilità attraverso interventi di adattamento climatico.

Strategie operative

Nel definire la strategia operativa è stato individuato l'obiettivo principale di incrementare la resilienza del sistema urbano, che può essere raggiunta attraverso misure di adattamento ai cambiamenti climatici.

Si sono presi in considerazione i principi enunciati nel documento "La città futura", il manifesto degli Stati generali della Green Economy per l'architettura e l'urbanistica. In particolare il Gruppo di lavoro sulla Green Economy è un network di soggetti (istituzionali, pubblici e privati), affiancato dal Ministero dell'Ambiente, che si impegna nel definire ed attuare strategie per lo sviluppo sostenibile delle città. L'attualità di tale tema, correlato alla questione del cambiamento climatico, ha indotto la scelta di utilizzare tali principi come punto di partenza per la fase operativa del lavoro.

Il manifesto "La città futura" fornisce, attraverso un processo di *downscaling* che parte da obiettivi di dimensione territoriale, una serie di categorie di opere utili a incrementare la resilienza del sistema fisico urbano riducendone la vulnerabilità. Le categorie sono state valutate da un lato per come esse determinano la riduzione delle vulnerabilità dell'ambito campione individuate in precedenza e, dall'altro, secondo il costo in termici economici per una loro messa in opera. Tale valutazione ha delineato due filoni strategici: una strategia *light,* che interviene principalmente sui materiali concentrandosi sul loro albedo, ed una strategia *deep* più costosa e performante in relazione agli obiettivi prefissati, che consiste in operazioni di retrofit edilizio e urbano e di greening per gli spazi ad uso pubblico e collettivo.

Simulazione di scenari

Le due strategie individuate si declinano in una serie di interventi alla scala del quartiere; in particolare, la strategia *light* si traduce nell'innesto di elementi tecnici e prodotti edilizi come elementi di schermatura, materiali cool per pavimentazioni e coperture, superfici drenanti ed alberature; la *deep* invece si basa sulla progettazione di un sistema di aree verdi composto da giardini pubblici, rain gardens e green roofs. Successivamente, attraverso la misurazione degli indicatori ambientali prescelti, si è proceduto ad effettuare una serie di comparazioni in relazione agli scenari futuri (al 2030) che ipotizzino l'attuazione di tali azioni progettuali.

Attraverso uno sviluppo per l'upgrade dell'ambito urbano omogeneo si è evidenziato quali, tra le categorie di opere relative all'attuazione della strategia *light*, andassero a ridurre in maniera più efficace le vulnerabilità climatiche. Successivamente, si è effettuata la comparazione tra l'alternativa *light* preferibile con quella *deep* in modo da verificare quale strategia risulti più efficace. Infatti, dopo aver confrontato le strategie e aver optato per quella più efficace, si è considerata l'incidenza economica, operativa e prestazionale della conduzione dell'intervento da una condizione *light* a una *deep* verificando quindi la convenienza o meno del possibile processo di upgrade.

the research for the management of climate impacts. The selected connotating indicators were the air temperature, the albedo of the surfaces and the level of permeability of the pavements. Moreover, through a synthesis indicator, the PMV value, is expressed the perceived outdoor thermal comfort.

The definition of this profile highlighted the vulnerabilities of the area that represented the starting point for the development of the project strategies.

Operational strategies

In defining the operating strategy, the main objective of increasing the resilience of the urban system has been identified, which can be achieved through adaptation measures to climate change.

It was considered appropriate to take in consideration the principles set out in the document "La città futura", the manifesto of the General States of the Green Economy for architecture and urban planning. The Working Group on the Green Economy is a network of subjects (institutional, public and private), supported by the Ministry of the Environment, which is committed to defining and implementing strategies for the sustainable development of cities. The relevance of this topic, related to the issue of climate change, has led to the choice to use these principles as a starting point for the operational phase of the work.

The manifesto La città futura provides, through a down-scaling process that starts from objectives of territorial dimension, a series of categories of works useful to increase the resilience of the urban physical system reducing its vulnerability. During this work, the categories were evaluated on the one hand, for how they went to reduce the vulnerabilities of the sample field identified previously, and on the other, according to the cost in economic terms for their implementation. This assessment outlined two strategic strands: a light strategy that mainly intervenes on materials focusing on their albedo, and a more expensive and performing deep strategy in relation to the pre-established objectives consisting of building and urban retrofit operations and greening for public and collective use.

Scenarios simulation

The two strategies identified are expressed in a series of interventions at the scale of the district; in particular, the light strategy is traslated into the insertion of technical elements and building products such as shading elements, cool materials for floors and roofs, draining

Processo di *downscaling* enunciato all'interno del manifesto "La città futura" / *Downscaling process enunciated in the manifesto "La città futura".*

Applicazione della strategia *deep* all'interno dell'ambito campione / *Application of the deep strategy within the sample area.*

surfaces and trees, while the deep strategy is based on the design of a system of green areas composed of public gardens, rain gardens and green roofs.
Subsequently, through the measurement of the selected environmental indicators, a series of comparisons were carried out in relation to the future scenarios (to 2030) that hypothesize the implementation of these project actions.
Through the upgrade of the homogeneous urban area, it was highlighted which, among the categories of interventions related to the implementation of the light strategy, reduce more effectively the climatic vulnerabilities. Subsequently, a comparison was made between the preferred light alternative and the deep strategy in order to verify which is most effective. In fact, after comparing the two light strategies and opting for the most effective one, we considered the economic, operational and performance incidence of conducting the intervention from a light to a deep condition, thus verifying the convenience of the possible process of upgrade.

Replicability of results
The proposed methodology considers replicability as its most important feature to contribute to the drafting of a local adaptation plan: the division of the area into "Homogeneous Urban Areas" provides the possibility to calibrate the strategies envisaged by Green Economy -oriented policies, according to the specific climate vulnerabilities identified. Moreover, the homogeneous urban area typologies, being identified according to specific parameters, make it possible to apply the same strategy for each homogeneus category.
The basic reasoning lies on the consideration that if each area of the same category presumably presents the same level of vulnerability, it is possible to apply the same strategy to reduce it. Therefore, through a replication process that equals the levels of vulnerability homogenous for areas, except for different results after sample testing, it is possible to develop strategies of intervention on a local scale that contributes to the definition of operational addresses for adaptation actions.

La metodologia enunciata fa della replicabilità la sua caratteristica più importante per fornire dei contributi alla redazione di un piano di adattamento locale: la divisione dell'area in Ambiti Urbani Omogenei fornisce la possibilità di calibrare le strategie a seconda delle specifiche vulnerabilità di tipo climatico individuate. Inoltre, le tipologie d'Ambito Urbano Omogeneo, essendo individuate secondo specifici parametri, permettono di applicare la stessa strategia per ogni AUO appartenente alla stessa. Il ragionamento di fondo si basa sulla considerazione che, se ogni ambito di una stessa categoria presenta presumibilmente lo stesso grado di vulnerabilità, è possibile applicare la stessa strategia per ridurlo. Quindi, attraverso un processo di replicabilità che fa considerare omogenei i livelli di vulnerabilità per ambiti omogenei, salvo risultati differenti a valle di test campione, è possibile mettere a punto strategie al fine di definire una linea di intervento su scala locale che contribuisca alla definizione di indicazioni operative per le azioni di adattamento.

References

Antonini E., Tucci F. (Eds.) (2016), *Architettura, città e territorio verso la Green Economy*, Edizioni Ambiente, Milano.
Bassolino E. (2016), *Climate adaptive design strategies for the built environment. Metodologia per il controllo tecnico-decisionale con strumenti IT del progetto dell'esistente nel contesto napoletano.* Tesi di Dottorato, XXVIII Ciclo, Dottorato in Tecnologia dell'architettura e rilievo e rappresentazione dell'architettura e dell'ambiente, Scuola di Dottorato in Architettura, Università di Napoli Federico II.
Castellari S., Venturini S., Giordano F., Ballarin Denti A., Bigano A., Bindi M., Bosello F., Carrera L., Chiriacò M.V., Danovaro R., Desiato F., Filpa A., Fusani S., Gatto M., Gaudioso D., Giovanardi O., Giupponi C., Gualdi S., Guzzetti F., Lapi M., Luise A., Marino G., Mysiak J., Montanari A., Pasella D., Pierantonelli L., Ricchiuti A., Rudari R., Sabbioni C., Sciortino M., Sinisi L., Valentini R., Viaroli P., Vurro M., Zavatarelli M. (2014), *Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.
Pagano L. (2012), *Periferie di Napoli. La geografia, il quartiere, l'edilizia pubblica*, Aracne editrice, Roma.

Rischio climatico e sistema urbano. Contributi per un piano di adattamento distrettuale

Anna Zucconi

Analisi ambientali sperimentali

L'area di sperimentazione applicata di Napoli ovest è stata suddivisa in Ambiti Urbani Omogenei (A.U.O.), ovvero in aree aventi caratteristiche simili e verosimilmente contraddistinte dalle stesse vulnerabilità ambientali. Queste ultime sono state valutate prendendo in considerazione due ambiti campione ricadenti nell'Ambito Urbano Omogeneo di tipo D, ovvero "tessuto urbano di impianto contemporaneo" (dal 1955 ad oggi), ma localizzati in due distretti differenti: il primo a Bagnoli ed il secondo a Fuorigrotta. Questa scelta si è rivelata fondamentale poiché, mentre nel primo caso, l'effetto ondata di calore, all'aumentare delle temperature estive, appare determinato dalla conformazione orografica, rendendo lo spazio aperto un luogo con un certo grado di vulnerabilità per lo svolgimento della vita quotidiana, mentre nel secondo caso, anche se la conformazione orografica risulta differente, l'effetto si presenta ugualmente.

Climate risk and urban system. Contributions to a district adaptation plan

Experimental environmental analysis
The research area "West Naples" has been divided into Homogeneous Urban Areas, having similar features and therefore presenting the same environmental vulnerabilities. In order to evaluate these weaknesses two sample areas have been considered in the Homogeneous Urban Area D, "contemporary urban system layout (from 1955 to today)", but located in two different districts: the first in Bagnoli and the second in Fuorigrotta. This choice is essential because, while in the first case, the heat island effect, with increasing summer temperatures, appears determined by the orographic conformation, making the open space a place not suitable for living and carrying out daily life, in the second case, even if the orographic conformation is different, the effect is still present. In order to identify environmental critical elements, the performance of open spaces was evaluated, analyzing the technological and environmental characteristics, through the selection of an indicators core - set: the soil permeability determined by the R.I.E (building impact reduction); the orientation, the Sky View Factor, the percentage of permeable surfaces, the albedo of the surfaces (roofs, facades and floors), the percentage of trees and shading systems that define the CADI - BE indicator. With the help of the ENVI_MET and Leonardo software and through the PMM value synthesis indicator, it was possible to evaluate the perceived environmental comfort of the people in a given open space, taking into account the subjective (clothing, activities carried out) and environmental (air temperature, relative humidity and flow velocity) variables.

Strategy definition
The research aims to provide a contribution to a district adaptation plan, through a methodological proposal: definition of the urban district, identification of the Homogeneous Urban Areas and definition of strategic guidelines, in the field of environmental design, to obtain truly verifiable results. In the absence of a regulatory provision for local adaptation plans, starting from the analysis of the only available references, such as the European and National Strategies and the National and

Confronto e valutazione delle *performance* ambientali degli spazi aperti / *Comparison and evaluation of the open spaces environmental performance.*

International Best Practices, the following main objectives have been identified: the mitigation of heat wave and phenomena and the increase of social inclusion. Using strategies such as the rational use of resources and the increase in soil permeability for the first two goals and the definition of the characteristics of the places for the second, a set of categories of interventions have been identified to increase urban resilience and reduce the vulnerabilities of the urban physical system, modifying both its environmental performance and outdoor comfort. The research precisely evaluates the effectiveness of proposed solutions for the improvement of environmental comfort in open spaces.

Comparison of the project actions
Comparing the Sample Homogeneous Urban Areas, the differences, characteristics and criticalities, which allowed to identify the most effective measures in terms of performance for planning purposes, arised. Through the set of selected indicators, the design actions were then compared in relation to the future scenario of 2050. Starting by the same type of sample area, different solutions have been applied among those identified: trees, rain gardens, green areas, draining asphalt, cool pavers, open jointed grass paving,

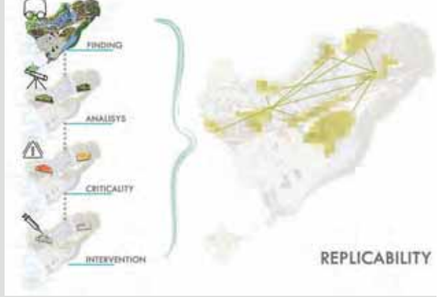
Categorie di opere selezionate per la riduzione delle vulnerabilità ambientali degli A.U.O. campione / *Selected categories of works for the reduction of sample* A.U.O.

Al fine di individuare le criticità di carattere ambientale si è proceduto alla valutazione delle performance degli spazi aperti, analizzandone le caratteristiche tecnologiche e ambientali, attraverso la selezione di un core - set di indicatori: il calcolo della permeabilità dei suoli determinato dall'indice R.I.E. (Riduzione Impatto Edilizio); l'orientamento, lo *Sky View Factor*, la percentuale delle superfici permeabili, l'albedo delle superfici (coperture, facciate e pavimentazioni), la percentuale di alberature e di sistemi di schermatura che determinano l'indicatore CADI - BE. Con l'ausilio dei software ENVI_MET e Leonardo e attraverso l'indicatore di sintesi PMM value è stato possibile valutare il comfort ambientale percepito dall'individuo in un determinato spazio aperto, tenendo conto delle variabili soggettive (vestiario, attività svolta) e ambientali (temperatura dell'aria, umidità relativa e velocità dei flussi).

Definizione delle strategie
La sperimentazione ha inteso fornire un contributo per un piano di adattamento distrettuale, tramite una proposta metodologica che ha previsto la definizione del distretto urbano, l'individuazione degli Ambiti Urbani Omogenei e la definizione di indirizzi strategici nel campo della progettazione ambientale, al fine di ottenere risultati effettivamente verificabili. In mancanza di una disciplina normativa per i piani di adattamento locale, partendo dall'analisi degli unici riferimenti disponibili, quali le Strategie Europee e Nazionali e le *Best Practices* Internazionali e Nazionali, si sono individuati come obiettivi principali la mitigazione dei fenomeni ondata di calore e *pluvial flooding* e l'aumento dell'inclusione sociale. Riferendosi a strategie quali l' uso razionale delle risorse e l'incremento della permeabilità dei suoli per i primi due obiettivi e la definizione dei caratteri dei luoghi per il secondo, sono state individuate una serie di categorie di opere utili ad aumentare la resilienza urbana e a ridurre le vulnerabilità del sistema fisico urbano, modificandone sia le prestazioni ambientali che il comfort outdoor. Il focus della ricerca è stato la valutazione dell'efficacia delle categorie di opere individuate per il miglioramento del comfort ambientale negli spazi aperti.

Comparazione delle azioni progettuali
Mettendo a confronto gli Ambiti Urbani Omogenei Campione sono emerse differenze in termini di caratteristiche e criticità, che hanno consentito di individuare le categorie di opere più efficaci in termini di prestazioni ai fini del miglioramento del livello di vulnerabilità. Attraverso il cor - set di indicatori selezionati, si è poi proceduto al confronto delle azioni progettuali in relazione allo scenario futuro del 2050. A parità di tipo d'ambito campione sono state applicate differenti categorie di opere tra quelle individuate: alberature, rain garden, aree verdi, asfalto drenante, cool pavers, pavimentazione a giunto aperto inerbito, tetto cool, tetto verde e water rings, ottenendo comunque il medesimo risultato: la riduzione di 2° C della temperatura media percepita al 2050. In base alla sperimentazione effettuata, tali risultati sono effettivamente confrontabili e trasferibili su ambiti dello stesso tipo.

Replicabilità dei risultati
Tale metodologia può offrire contributi efficaci se per analogia si trasferiscono le stesse performance ad Ambiti Urbani Omogenei dello stesso tipo, definendo in tal modo un mapping della parte urbana in cui si individuano i livelli di miglioramento delle prestazioni e delle condizioni ambientali dovute alle azioni di mitigazione e adattamento rispetto agli impatti del *climate change*. La dimensione distrettuale, intermedia fra città ed edifici, offre la possibilità di considerare interventi resilienti alla scala di quartiere e potenzialmente replicabili all'interno del contesto urbano. Tale dimensione conforme non è definita in maniera univoca, pertanto non coincide necessariamente con i limiti amministrativi di un determinato territorio. Essa può essere tracciata attraverso limiti naturali o antropici chiaramente individuabili, come costoni collinari o infrastrutture che definiscono segni consistenti sul territorio. Questa dimensione, a differenza del piano urbanistico convenzionale, permette di definire linee guida di intervento applicabili a campione sull'intero distretto, superando la tipica zonizzazione dell'intero territorio e la semplice definizione di strategie a grande scala. Tale processo di *downscaling*, partendo dall'individuazione di Ambiti Urbani Omogenei e risalendo poi alla scala distrettuale, può rivelarsi utile nella definizione di piani di adattamento locale e di strategie adeguate per interventi di rigenerazione urbana, volti al necessario incremento della resilienza dei sistemi urbani in risposta agli epocali cambiamenti climatici, ambientali, economici e culturali ormai in atto.



Trasferimento per analogia delle stesse *performance* ad A.U.O. dello stesso tipo / *Analogical replicability of he same performances to A.U.O. of similar type.*

References
CMCC (2017), *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC, Supporto tecnico-scientifico per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ai fini dell'Elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC)*, retrieved May 18, 2018 from https://goo.gl/caCJDE.
Città di Bologna (2015), *Piano di adattamento città di Bologna*, retrieved May 18, 2018 from https://goo.gl/5p1QqK.
City of Copenhagen (2011), *Copenhagen climate adaptation plan*, retrieved May 18, 2018 from https://goo.gl/EKSres.
City of Rotterdam (2012), *Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy*, retrieved May 18, 2018 from https://goo.gl/5TyzMU.
EC (2013), *An EU Strategy on adaptation to climate change. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions*, European Commission, Bruxelles.
Mezzi P., Pelizzaro P. (2016), *La città resiliente. Strategie e azioni di resilienza urbana in Italia e nel mondo*, Altreconomia, Milano.

cool roof, green roof and water rings, always with the aim of achieving the same result: 2% reduction of the temperature perceived by 2050. These results are actually comparable and transferable on areas of the same type.

Replicability of results
This method becomes effective if, by analogy, the same performances are transferred to Homogeneous Urban Areas of the same type, thus defining a mapping of the urban part in which performance and environmental conditions improvement's levels are identified due to mitigation and adaptation actions, with respect to the impacts of climate change. Halfway between the city and the building, the district dimension offers the chance of considering resilient interventions at the district scale and potentially replicable within the urban context. This compliant dimension is not uniquely defined, therefore it does not necessarily coincide with the administrative limits of a given territory. It can be identified through clear natural or anthropic limits, such as hilly ridges or infrastructures that are consistent signs on the territory. This dimension, unlike the conventional urban plan, allows the definition of intervention guidelines applicable to the sample over the entire district, overcoming the typical zoning of the entire territory and the simple definition of large-scale strategies. This downscaling process, starting from the identification of Homogeneous Urban Areas and then going back to the district scale, can be useful in defining local adaptation plans and appropriate strategies for urban regeneration interventions, aimed at the necessary increase in the resilience of urban systems in response to the current global climatic, environmental, economic and cultural changes.

La città del Novecento: caratteri insediativi e architettonici di valore storico-documentario

Andrea Maglio

The city of the Twentieth Century: urban and architectural characters of historical and documentary value

The most common image of the peripheral areas of the Western Metropolis consists of abandoned zones, places of decay and despair. Film industry, press and literature lend those places the mark of social malaise, even when their aesthetic values are represented. The periphery is always perceived as a place of marginalization, despite the differences in ethnicities, production structures or public facilities. Social problems are commonly associated with the lack of architectural values and urban spaces, although the link between urban decay and social despair is not that automatic. Yet, the new neighborhoods outside the historic centers are often the result of a precise design project that must have guaranteed a better liveability and different characteristics than the traditional buildings. In 2006, right after the riots in Paris banlieues, but referring to the Neapolitan case, the writer Giuseppe Montesano coined the term "total and integrated periphery": «a vast system which let live together the wild speculation and the bureaucratic planning, the illusion of the house-for-all and the reality of the facilities-for-none. Actually, the Chaos is a project»[1]. Moving through the "asse mediano" road, Montesano underlines the uniform variety of urban and architectural chaos, interpreting it as a real and live pop work. While not denying the existing vast urban decay and overlooking more specific socio-anthropological analysis, the fact that the "Chaos" is "a project" unfolds many different reflections.

Lifting the veil on the decay of the outskirts - or, at least, in the majority of cases - a more accurate analysis can reveal elements of quality in the projects for vast districts: the latter are the results of a culture of architecture that - from the Post War period till recent years - has reached different outputs of undeniable interest, showing a variety of characters and elements of quality. In the last few years, especially after the legislative decree 42/2004, article n. 136, preservation projects are increasingly oriented to protect not only the single building but also the landscape and the urban context. Nevertheless, despite the attention recently paid to the preservation of contemporary architecture, a serious awareness of the value of "modern" urban contexts - proof of a certain architectural culture - often lacks[2]. The above-mentioned article refers to "the complexes of immovable things that compose a characteristic aspect with aesthetic and traditional value, included old centers and towns», thus excluding modern complexes located outside the historic centers[3]. However, the institutes for preservation can list the buildings by means of that article, even waiving the chronological limits imposed by the law[4]. The possibility to apply the norm related to the "authorship" remains, as occurred for the first time in Venice with Casa alle Zattere by Ignazio Gardella[5].

Especially considering the macroscopic phenomenon of the property speculation, by contrast, the fragments of the "designed" city assume great importance, already from the premises. The chronological distance allows now to historicize projects and programs that, at the time, caused conflicts and contrasts. The certainty of quality and uniqueness of a work have been sometimes determined thanks to the risen clamor, if we value that as an element of historicization[6]. Far from the hypothesis that any "idea" or testament might be worth preserving, today we can look for "emblematic" works, particularly meaningful because they can represent a specific era of the culture of the contemporary architecture. Moreover, as noted by investigative reports of a certainly educated and not Manichean press, the periphery can also become the "center" and attract inhabitants from the rest of the city, as happened for the Cep neighborhood in Genoa[7].

The complexity of the problem and the difficulty in the definition of univocal and general guidelines have been highlighted in the most recent national debate on few specific cases. Among them, particularly intense was the discussion on the Vele in Scampia, Naples, the object of an almost obsessive media campaign that led to the demolition of three out of seven buildings between 1998 and 2003. The internationally acclaimed movie Gomorra (2008) shed light once again on a symbol of decay and crime. In 2011 Pasquale Belfiore, stating the intention of Superintendent Stefano Gizzi for a "declaration of interest" in accordance with the Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, proposed the preservation of one single building, the so-called "Tenda", in order to turn it into a monument with a different program than housing. He affirmed that the causes of the failure of that operation are to be searched not in the project of Franz di Salvo, because «primary political faults and clear design mistakes have determined the end of the Vele. All we can say is that Di Salvo is only the aggrieved party of this event»[8]. Although the Vele still provoke a debate in Italy that no other mega-project has ever raised - not the Corviale in Rome, nor the Rozzol Melara in Trieste or the Zen in Palermo -, there is a unanimous agreement about the quality of the design. As it has been noted, «such residential complexes emerge as "islands of utopia" from the shapeless multitude of single cases of the periphery. Utopia which tried to propose alternatives to the "city of individuals", trying to pursue a co-existence of public and private, individual and collective, built and open, domestic and urban, indoor and outdoor, residential and services»[9]. Even when differently realized than the original project, the final building still represents

L'immagine più diffusa delle aree periferiche nelle metropoli occidentali corrisponde a quella di luoghi dell'abbandono, del degrado e della disperazione. Cinema, stampa e letteratura conferiscono a questi luoghi, anche caricandoli di valenze estetiche, il primato del disagio sociale. Anche se mutano le componenti etniche e differisce la quantità di strutture produttive o di attrezzature pubbliche, le periferie sono sempre percepite come luoghi di marginalizzazione. Le problematiche sociali sono normalmente associate alla mancanza di qualità dell'architettura e degli spazi urbani, sebbene il rapporto di causa-effetto tra degrado urbano e disagio sociale non sia ovviamente così automatico. Eppure i quartieri esterni ai centri storici sono spesso frutto di un preciso lavoro di progettazione che avrebbe dovuto assicurare una migliore vivibilità e caratteristiche ben diverse rispetto all'edilizia tradizionale. Nel 2006, all'indomani della rivolta nelle *banlieues* parigine ma riferendosi al caso napoletano, lo scrittore Giuseppe Montesano conia il termine di "periferia totale e integrata": «un vasto sistema che lascia convivere la speculazione selvaggia e la pianificazione burocratica, l'illusione della casa-per-tutti e la realtà dei servizi-per-nessuno. Ma il Caos è in realtà un progetto»[1]. Muovendosi lungo l'asse mediano, Montesano sottolinea l'uniforme varietà del caos urbanistico e architettonico, rileggendolo come un'opera pop viva e reale. Senza negare l'esistenza di ampie fasce di degrado e tralasciando analisi di carattere più specificamente socio-antropologico, il fatto che quel "Caos" sia "un progetto" ci sembra aprire diversi spunti di riflessione.

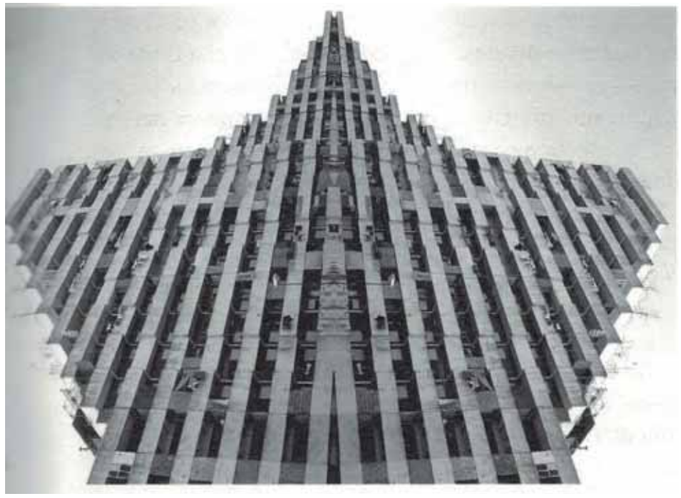
Se si scopre il pesante "velo" del degrado nelle aree periferiche, o nella maggioranza di queste, un'analisi più attenta può ritrovare elementi di qualità nei progetti per comprensori più o meno vasti, frutto di una cultura architettonica che dall'immediato dopoguerra fino ad anni recenti, attraversando continui ripensamenti e correzioni, ha raggiunto esiti di carattere e qualità alquanto differenti ma di innegabile interesse. Negli ultimi anni, e ancor più a seguito dell'articolo 136 del decreto legislativo 42/2004, le azioni di tutela sono state sempre più orientate a salvaguardare non solo il singolo episodio architettonico ma anche contesti paesaggistici e urbani. Tuttavia, nonostante l'attenzione dedicata di recente alla tutela dell'architettura contemporanea, manca spesso una consapevolezza del valore di contesti urbani "moderni", frutto di un progetto specifico e testimonianza di una determinata stagione della cultura architettonica[2]. L'articolo 136 prima citato si sofferma su «i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale inclusi i centri ed i nuclei storici», escludendo in tal modo i complessi moderni situati però al di fuori dei centri storici[3]. Tuttavia, da parte degli enti preposti alla tutela, è possibile porre in atto azioni attraverso lo strumento del vincolo proprio grazie a questo articolo, anche derogando dai limiti cronologici imposti dalla normativa[4]. Rimane la possibilità di applicare la cosiddetta normativa relativa al "diritto d'autore", come avvenuto per la prima volta per la Casa alle zattere, a Venezia, di Ignazio Gardella[5].

Soprattutto di fronte al macroscopico fenomeno della speculazione edilizia, i frammenti di città "progettata" assumono per contrasto un'importanza notevole, già nelle premesse. La distanza acquisita con il tempo permette di storicizzare interventi e programmi che nel dibattito dell'epoca determinavano necessariamente conflitti e contrapposizioni. La certezza di qualità o di unicità dell'opera è stata talvolta determinata proprio grazie al clamore suscitato, valutato quale elemento di storicizzazione[6]. Ben lungi dall'ipotesi che ogni "idea" o testimonianza sia degna di essere preservata, sembra oggi tuttavia potersi ricercare interventi "emblematici", particolarmente significativi in quanto rappresentativi di specifiche stagioni della cultura architettonica contemporanea. Inoltre, come hanno sottolineato anche inchieste giornalistiche di una stampa colta e poco avvezza a facili manicheismi, la periferia può diventare anche "centro" e attirare gli abitanti del resto della città, come si registra al quartiere Cep di Genova[7].

La complessità del problema e la difficoltà a definire linee-guida univoche e generalizzanti sono evidenziate dal dibattito su scala nazionale sorto intorno ad alcuni casi specifici. Tra questi, particolarmente acceso è stato quello relativo alle Vele di Scampia, oggetto di una campagna mediatica quasi ossessiva, fino all'abbattimento di tre delle sette costruite, avvenuto tra il 1998 e il 2003. Il successo internazionale del film Gomorra, del 2008, ha richiamato ancora una volta l'attenzione dei media su un simbolo del degrado e del malaffare. Nel 2011 Pasquale Belfiore, ricordando la volontà della Soprintendenza, nella persona di Stefano Gizzi all'epoca al vertice, di procedere ad una "dichiarazione d'interesse" ai sensi del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, propone il salvataggio di un solo edificio, la cosiddetta "Tenda", per monumentalizzarlo con funzioni diverse da quelle residenziali. Egli sostiene che le cause del fallimento di tale operazione non vadano ricercate nell'idea progettuale di partenza di Franz di Salvo, poiché «vi sono colpe primarie della politica e evidenti errori di progettazione che hanno determinato la fine delle Vele. Quel che con certezza si può dire è che in tutta questa vicenda Di Salvo entra solo come parte lesa»[8].

Se il caso delle Vele provoca un dibattito che a livello italiano nessun altro mega-intervento riesce a suscitare - né il Corviale romano, né il Rozzol Melara a Trieste, né tantomeno lo Zen di Palermo -, d'altro canto sulla qualità dell'idea originaria del progettista sembra esserci quasi unanime accordo. Come è stato osservato, «questi complessi residenziali oggi emergono dalla marea puntiforme delle periferie come delle "isole di utopia". Un'utopia che ha provato a concretizzarsi proponendo alternative alla "città degli individui", provando a perseguire la coesistenza di pubblico e privato, di sfera individuale e collettiva,di spazio costruito e aperto,di domestico e urbano di spazio

Salvatore Di Vilio, Asse Mediano. 167 in croce, 2005 / *Salvatore Di Vilio, Asse Mediano. 167 in croce, 2005 (source: Scateni S., 2006).*



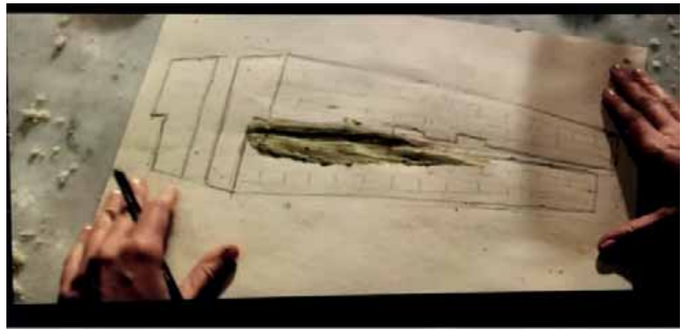
Il quartiere Pruitt-Igoe di Minoru Yamasaki a Saint Louis prima della demolizione del 1972 / *The Pruitt-Igoe neighborhood by Minoru Yamasaki in Saint Louis before the demolition in 1972 (web source).*

the proof of a specific design and a cultural approach. This is much more valid for entire districts and vast residential complexes that still somehow reflects the original idea, and this is why they might legitimately enter the normative category of the "authorship". After all, those demolitions convey a meaning that is merely symbolic and that do not affect a real change in the residential conditions: that has been clear since the first, resounding, and media event demolition of the Pruitt-Igoe Housing Project by Minoru Yamasaki in Saint Louis in 1972. This episode, triumphantly defined by Charles Jenks as the "death of modern architecture" [10], marks for the first time the correspondence between an - alleged - bad architecture and the civil and moral decay.
In light of the more recent theoretical and critical assumptions and of a more articulated historical perspective on the events of Modernity, today it is possible to evaluate the residential complexes of the second half of the Twentieth century out of the former ideological framework. A first distinction between the actions inside the historical centers and those in the expansion areas is necessary to define the different contexts. New urban settlements inside the historic centers - often equipped with services, recreation, public

abitabile interno ed esterno, di residenza e attrezzature primarie»[9]. Evidentemente, anche in presenza di realizzazioni difformi, almeno in parte, dal progetto originario, il manufatto costruito rappresenta una testimonianza di uno specifico approccio compositivo e di un determinato segmento culturale. A maggior ragione il ragionamento deve essere ritenuto valido per quartieri e complessi residenziali che ancora rispecchiano, in qualche modo, l'idea originaria e possono quindi rientrare nella categoria tutelata dalla normativa del "diritto d'autore". D'altronde, che gli abbattimenti rivestano un significato meramente simbolico senza poter incidere su un reale cambiamento delle condizioni abitative della popolazione appare chiaro sin dalla prima, clamorosa e mediatica demolizione del complesso residenziale Pruitt-Igoe di Minoru Yamasaki a Saint Louis nel 1972. Tale evento, che Charles Jencks definisce trionfalmente "the death of modern architecture"[10], segna per la prima volta in maniera automatica la corrispondenza tra - presunta - cattiva architettura e degrado civile e morale.
Alla luce delle più recenti acquisizioni teorico-critiche e di una prospettiva storica più articolata anche sulle vicende del "moderno" risulta oggi possibile valutare i complessi residenziali della seconda metà del Novecento senza pesanti filtri ideologici. Una prima distinzione tra gli interventi all'interno dei centri storici e quelli nelle aree di espansione risulta necessaria per definire i diversi ambiti di contestualizzazione. Gli insediamenti all'interno della città storica, spesso caratterizzata dalla presenza di attrezzature, luoghi per lo svago e reti di trasporto pubblico non possono essere posti sullo stesso piano di quelli in aree periferiche. La città compatta è di per sé stratificata e passibile di successive modifiche nella forma e negli usi; al contrario, nelle aree esterne, in quanto territori relativamente "vergini", possono essere sperimentate nuove modalità di insediamento. La storia dei quartieri di edilizia sociale del XX secolo testimonia questo valore sperimentale con la successione di diversi approcci allo stesso tema: l'isolato urbano, il quartiere-giardino, la città "organica", il quartiere razionalista, la parte urbana e la mega-struttura. In alcuni casi la forma urbana è considerata un valore in sé, in grado di recuperare elementi della tradizione, come nella città organica, o di esprimere il tentativo di superare le forme consolidate per migliorare la sua funzionalità, come nel caso della città "razionale". In entrambi i casi, ma specialmente nei quartieri razionalisti, il progetto urbano, l'orientamento, il rapporto tra costruito e spazi aperti e tra residenza ed edifici collettivi, la presenza di verde e il disegno delle facciate costituiscono tutti potenziali "valori" che testimoniano differenti stagioni della cultura architettonica e pertanto meritevoli di salvaguardia. Più difficile appare la riconsiderazione critica delle

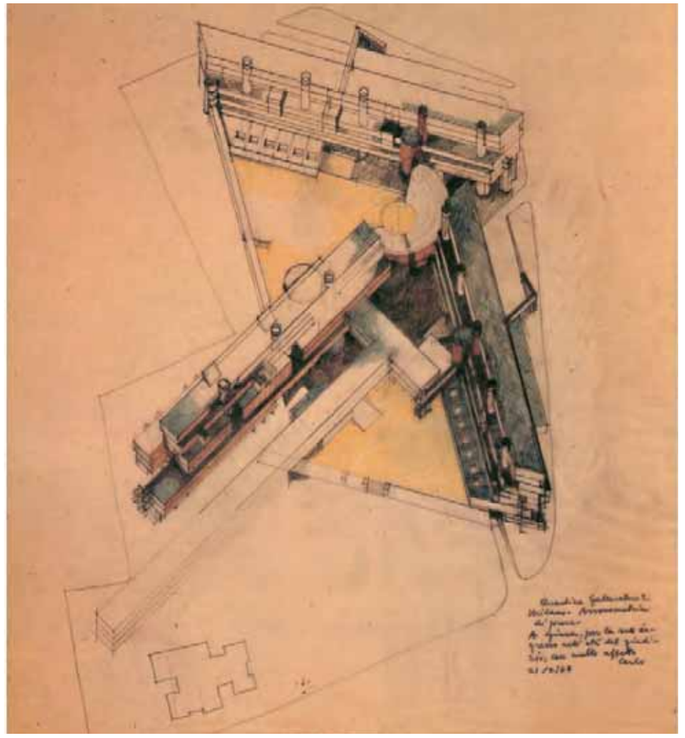
transport - should not be compared to the quarters realized in the peripheral areas. The compact city is nonetheless stratified and open to change in its form and program; on the contrary, if we consider external areas as "blank zones", new settlements can more easily designed with experimental purpose.
The history of social housing in the Twentieth century testifies the sequence of different approaches on the same topic: the block, the garden district, the organic city, the rationalist neighborhood, the urban area and the mega-structure. In few cases, the urban form is considered as a value per se, able to recover traditional elements, as in the organic city, or to express the attempt to go beyond the entrenched forms to improve functionality, as in the case of the rationalist city. In both cases, but especially in the rationalist neighborhoods, the urban project, the orientation, the relation between the built and the open space and between the residential and the collective buildings, the presence of gardens and the design of the facades, are all potential "values" that prove different periods of the architectural culture, and therefore all worth preserving. More difficult seems to be the critical reappraisal of the mega-structures, criticized by both the inhabitants and the media, and sometimes with good reason.

Fotogramma del film *Scusate se esisto* (2014) con lo schizzo di progetto per la riqualificazione del Corviale / *Frame of the movie Scusate se esisto (2014) with the sketch for the requalification of the Corviale (web source).*



The Corviale is a paradigmatic example: it has been the subject for movies and documentaries, from Sfrattato cerca casa equo canone *(1983), to the comedy* Scusate se esisto *(2014), where a woman architect designs the requalification plan of the mega-structure, somehow following the real case of Guendalina Salimei and foreshadowing the one of Laura Peretti, awarded to the "Rigenerare Corviale" design competition in 2015. And yet, also those structures, inevitable presence in the urban scenes, hold an interest if considered as the actualization of a specific architectural thought. In the occasion of a recent comparative reappraisal of Monte Amiata and Gallaratese in Milan, of Corviale in Rome and ZEN in Palermo (Figg. 4-5), Franco Purini remarked that those mega-structures gradually absorb the urban dimension, except for the ZEN, that is «a part of an autonomous and concluded city, provided with its own hierarchical complexity and completeness, realized through a design where the layout and the fabric are composed in a plan evoking a foundation city» [11] . Purini goes beyond, criticizing the late regret of Mario Fiorentino, the architect of the Corviale, and even the attempts of "beautification", denaturing what he describes as "utopia of the real". Anyway, beyond the interest of the media and the debate on the future of the mega-structures, the existence of meaningful values for the culture of the Twentieth-century housing is undeniable.*
In order to comprehend the topicality and the legacy of 20th century social housing, different categories of residential neighborhoods should be distinguished: some of them have become middle-class and more attractive neighborhoods - also because they had often been built in fine areas or in areas that became more attractive during the time -, some other kept their original characteristics and other ones had been realized in a different way from the original concept

mega-strutture, bersaglio - talvolta con ogni ragione - delle critiche e dell'ostilità della popolazione e dei media. Il caso del Corviale è in tal senso paradigmatico se film e documentari ne hanno fatto un oggetto di incessante interesse sin dai tempi di *Sfrattato cerca casa equo canone*, del 1983, fino al film del 2014, la commedia *Scusate se esisto*, in cui un architetto donna prepara un piano di riqualificazione del mega-blocco, che ha ripreso la vicenda reale di Guendalina Salimei e prefigurato quella della vittoria, nel 2015, di Laura Peretti al progetto "Rigenerare Corviale". Eppure, anche tali strutture, oltre a costituire "presenze" ineludibili nello scenario urbano, rivestono importanza in quanto concretizzazioni di un pensiero architettonico. In occasione di una recente rilettura, in chiave comparativa, del Monte Amiata al Gallaratese a Milano, del Corviale a Roma e dello ZEN a Palermo, Franco Purini ha sottolineato come i primi siano edifici che, crescendo, incorporano la dimensione urbana, mentre lo ZEN è «una parte di città autonoma e conclusa dotata di una sua complessità gerarchica e di una sua finitezza, inverate in un disegno nel quale il tracciato e il tessuto si compongono in un impianto planimetrico che evoca una città di fondazione»[11]. Purini va anche oltre, criticando il successivo pentimento dell'architetto del Corviale, Mario Fiorentino, e persino i tentativi di "abbellimento" che snaturerebbero quella che definisce "utopia della realtà". In ogni caso, al di là del riscontro mediatico e delle opinioni sul destino delle mega-strutture, anche in tal caso l'esistenza di valori significativi per la cultura dell'abitare novecentesco è indubbia.
Per delineare un quadro dell'attualità e dell'eventuale eredità dell'edilizia sociale novecentesca si dovrebbero distinguere diverse categorie di quartieri residenziali, da quelli divenuti "borghesi" e appetibili - anche perché talvolta costruiti in aree di pregio o divenute tali - a quelli che mantengono dei valori originari, fino a quelli che sono stati realizzati in maniera difforme dal progetto iniziale o che nel tempo hanno subito modifiche



Carlo Aymonino, Quartiere Monte Amiata al Gallaratese 2, 1967-72 / *Carlo Aymonino, Monte Amiata neighborhood, Gallaratese 2, 1967-72 (source: Archivio Giuseppina Marcialis, from Monica L., 2008).*

sostanziali. Alla prima categoria appartengono non di rado gli interventi Ina-casa, specialmente quelli del primo settennio, che hanno incontrato il favore degli abitanti e che spesso sono stati costruiti in aree semi-centrali. Tuttavia, il fatto che tali complessi non siano più considerati "popolari" e siano invece abitati da ceti più abbienti non esclude che vengano talvolta tradite le intenzioni progettuali e che non siano del tutto impropri gli usi degli spazi comuni, delle aree verdi e delle stesse abitazioni. In altri casi, invece, gli usi

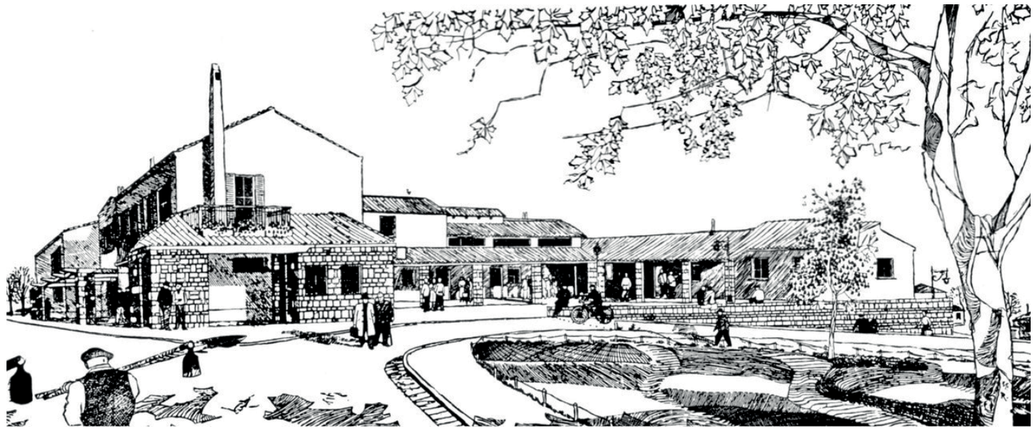
or have been afterwards fundamentally modified. The neighborhoods of the Ina-casa plan can belong to the first group, especially those from the first seven years, which were appreciated by the inhabitants and were often built in semi-central areas. Anyway, even if those districts are not anymore occupied by the working class but by more privileged people, it is not to rule out the possibility that the original architectural concept has been misunderstood and that common spaces, green areas and even residences have been used in an irregular and unexpected way. In some other cases the present use is coherent with the architectural thought which produced that district, as it happens in many Ina-casa neighborhoods and, under many aspects, in the Gallaratese too. Otherwise, the Corviale, as well as the Zen in Palermo and the Vele in Secondigliano (Naples), have been already realized differently from the original concept and at the same time show a disaffection of the users that has to be explained with much more problematic reasons.
After what has been said, it should follow the idea that during the three decades after the Second World War the transition from the "human scale" neighborhood - which was often built with traditional techniques - to the megastructural utopias and a new urban shape meant a split between architectural culture and common opinion. This is not necessarily true. Actually, also the inhabitants of the Unité d'Habitation and of the Cité Frugès in Pessac at first refused to settle there, while today they seem to be proud to live in a masterpiece of modern architecture. The relevant social changes of the last decades give us an useful opportunity to test the "endurance" of certain architectural and urban theories: the "new town" La Martella in Matera was built for breeders who still lived in the Sassi caves with specific attention to their needs and their habits, but because today the social frame has changed, the houses, as well as the public buildings, reflect a new relationship with the

Confronto tra la planimetria di progetto del quartiere ZEN a Palermo e la situazione attuale / *Zen neighborhood, Palermo: comparison between the original project plan and the actual situation (web source).*

urban space and with its territory [12]; but yet that idea of an urban settlement resists social change and can be adapted to new transformations. This means that some underlying values are recognizable and that from them derive different methodological approaches which can be still today topical, while other "ideas" - if they cannot be considered "untopical" - did not ever find appreciation in the communities they were conceived for.
In conclusion, the architectural quality can be achieved through "not formal" values that, on the other hand, are able to record the modern thought on the city and on the ways of living. In the conception of the Twentieth-century neighborhood, and specifically in the Post War years, an intimate interrelation between "theory" and "design" is evident, especially when common themes emerge, such as the urban dimension, the contextual characters, the relationship with the reality [13]. Even when the values inspiring those settlements have disappeared - the Ina-Casa plan can serve as an example -, the traces that are left refer to the history of the city, the construction techniques, the formal decisions and to a specific idea of the way of living the urban space. Social housing districts, a typical twentieth-century category, define the limits of a "public city" that constitutes a "modern heritage". One cannot disagree with Paola Di Biagi when she affirms that «the quarters stand out as contemporary spatial figures: their actual conditions reveal on the meantime both the traces of the past (and in that sense, they have to be considered as heritage) and the future potentials (then, they can be considered as a resource). There, modern and contemporary are in dialogue, and from the relationship of continuity-discontinuity useful reflections can emerge to reinterpret and reconfigure those significant parts of the city» [15]. The old city as we can see it today is the result of a long, slow and spontaneous process and its structure, spatial relations and image are bringing shared and strengthened values. The 20th century quarter is an expression of a specialized culture, that is connected with theoretical systems, whose values have to be deeply understood and not only "felt". This characteristic makes them really "modern" as they can be easily adapted to the various ideas of a future city. The architectural and urban models of the different phases of 20th century culture on one side are the expression of that system of thought, but on the other side they can adapt to the social, environmental and technological needs of the contemporary city. Undoubtedly, any future action on those buildings that today constitute the city of the periphery, must be founded on the "meaning" that they have assumed, or that they should have. The difficult transition from heritage to resource involves the understanding of the intrinsic value of those projects as a proof of an intense cultural period for architecture.

attuali si rivelano in linea con il pensiero progettuale che ha prodotto quei brani di città, e questo avviene sia per interventi Ina-casa che, per molti versi, nello stesso Gallaratese. Realizzazioni come quelle del Corviale, dello Zen o delle Vele di Secondigliano riflettono invece *in primis* una non irrilevante difformità rispetto all'idea originaria, ma anche una disaffezione degli utenti che va spiegata con ragioni ben più ampie.
Si potrebbe quindi essere tentati di concludere che nel corso dei tre decenni successivi alla fine della guerra il passaggio dal quartiere "a misura d'uomo", spesso realizzato con l'ausilio di tecniche tradizionali, alle utopie delle megastrutture proiettate su una nuova *forma urbis* abbia coinciso con uno scollamento tra la cultura architettonica e quella dell'opinione pubblica e dei media. In fondo, anche gli abitanti dell'Unité d'Habitation e della Cité Frugès a Pessac si rifiutavano di trasferirvisi, mentre oggi sembrano abitare con orgoglio quelle case. Di fatto, gli enormi cambiamenti sociali occorsi negli ultimi decenni forniscono una perfetta cartina al tornasole per mettere alla prova la "tenuta" di certe idee architettonico-urbanistiche: se La Martella è costruita per gli allevatori ancora residenti nei Sassi, con specifica attenzione ai loro bisogni e alle loro abitudini, oggi tale quadro sociale è del tutto mutato e le abitazioni - come anche gli edifici ad uso collettivo - si ricollocano in un diverso rapporto con gli spazi urbani e con il territorio[12]; eppure, quell'idea di insediamento urbano resiste anche al mutamento sociale e si rivela passibile di nuovi adattamenti. Evidentemente, esistono valori di fondo, da cui discendono diverse possibili metodologie progettuali, che possono essere tuttora attuali, mentre altre "idee", più che risultare meno attuali, sembrano non aver mai trovato riscontro nelle comunità a cui erano destinate.
In conclusione, la qualità architettonica può essere raggiunta attraverso valori "non formali" e che invece registrano il pensiero moderno sulla città e sui modi di abitare.
Nella concezione del quartiere novecentesco, e specificamente del secondo dopoguerra, si palesa una intima connessione tra "teoria" e "progetto", laddove emergono temi comuni quali quello della dimensione urbana, dell'attenzione ai caratteri contestuali e di un rapporto costante con la realtà[13]. Anche se talvolta i valori che ispirarono questi insediamenti risultano oggi scomparsi, e basti pensare al piano Ina-Casa, le tracce lasciate rimandano alla storia di una città, alle tecniche costruttive utilizzate, a precise scelte formali e ad un'idea di vita degli spazi urbani[14]. I quartieri di edilizia sociale, categoria tipicamente novecentesca, definiscono in tal modo i confini di una "città pubblica" che nel suo insieme, come anche nei casi più interessanti presi singolarmente, costituiscono un "patrimonio del moderno". Non si può non concordare con Paola Di Biagi quando afferma che «i quartieri spiccano come figure spaziali contemporanee: le loro attuali condizioni rivelano infatti, al tempo stesso, sia le tracce del passato (e in questo senso sono da considerarsi patrimonio) sia le potenzialità future (quindi vera e propria risorsa). Moderno e contemporaneo si trovano qui in una condizione di dialogo, laddove dalle relazioni di continuità-discontinuità possono emergere utili riflessioni per rileggere e riconfigurare queste significative parti di città»[15].
Se la città storica ha assunto la configurazione attuale attraverso un processo spontaneo di lunga e lenta stratificazione, la struttura, i rapporti spaziali e le immagini che ne risultano rappresentano valori riconosciuti e consolidati. Nel caso del quartiere novecentesco si tratta di un'espressione di una cultura specialistica, legata a precisi impianti teorici, i cui valori vanno compresi piuttosto che avvertiti. Tale caratteristica li rende autenticamente "moderni" e quindi più facilmente adattabili ad un'idea di città futura. I modelli espressi dalle diverse fasi della cultura architettonica novecentesca esprimono da un lato quel pensiero, ma spesso mostrano una capacità di adattamento alle esigenze (sociali, ambientali, tecnologiche) della città contemporanea.
Senza dubbio ogni azione futura sui manufatti che oggi costituiscono la città delle periferie non può non fondarsi sul "senso" che questi hanno assunto o avrebbero dovuto assumere, ma il difficile passaggio da patrimonio a risorsa comporta la comprensione del valore intrinseco di tali progetti come testimonianza di una densa stagione della cultura architettonica.

1. Montesano, G., Underworld (2006), p. 23.
2. Carughi U. (2010), p. 69 ff. Cfr. also Carughi U. (2012).
3. We refer to the text, as it has been amended by the following legislative decrees 157/2006 and 63/2008.
4. Carughi U. (2012), p. 53.
5. Ivi, p. 54-56.
6. Ivi, p. 54.
7. Petrillo A. (2016).
8. Belfiore P. (2011), p. 44. Cfr. also Fusco G. (2003).
9. Di Biagi P. (2011), p. 64.
10. Jencks Ch. (1977), p. 9.
11. Purini F. (2008), p. 201. About the Zen, cfr. also SciasciaA. (2003) and Fava F. (2008); on Corviale, cfr. Del Monaco A. I. (2009); specifically on Gallaratese, cfr. Erba A. (1979), Conforti C. (1981), Braghieri G. (2010).
12. Bilò F., Vadini E., (2016)
13. On the relation between theory and design in the 'Tendenza years', cfr. Visconti F. (2008).
14. For the Ina-Casa plan, cfr. Di Biagi, P. (2010) (Ed.), e Carughi U. (2006) (Ed.).
15. Di Biagi P. (2011), p. 66.



Federico Gorio, Michele Valori, Ludovico Quaroni, Piero Maria Lugli, Luigi Agati, Quartiere La Martella a Matera, 1952-54 / *La Martella neighbourhood in Matera (source: Fondo Federico Gorio, Accademia Nazionale di San Luca).*

1. Montesano G., Underworld (2006), p. 23.
2. Carughi U. (2010), p. 69 e segg. Cfr. anche Carughi U. (2012).
3. Ci si riferisce al testo come emendato dai successivi decreti legislativi 157/2006 e 63/2008.
4. Carughi U. (2012), p. 53.
5. Ivi, pp. 54-56.
6. Ivi, p. 54.
7. Petrillo A. (2016).
8. Belfiore P. (2011), p. 44. Cfr. anche Fusco G. (2003).
9. Di Biagi P. (2011), p. 64.
10. Jencks Ch. (1977), p. 9.
11. Purini F. (2008), p. 201. Sullo Zen cfr. anche Sciascia A. (2003) e Fava F. (2008); sul Corviale, cfr. Del Monaco, A. I. (2009); specificamente sul Gallaratese, cfr. Erba A. (1979), Conforti C. (1981), Braghieri G. (2010).
12. Bilò F., Vadini E., (2016).
13. Sul rapporto tra teoria e progetto dagli anni della Tendenza, cfr. Visconti F. (2008).
14. Sul piano Ina-Casa cfr. Di Biagi P. (2010) (Ed.), e Carughi U. (2006) (Ed.).
15. Di Biagi P. (2011), p. 66.

References

Belfiore P. (2011), "Salvare una sola Vela e monumentalizzarla", in Castagnaro A., Lavaggi A. (Eds.), *Le Vele di Scampia. Che fare?*, Atti del Convegno (Napoli 1/3/2011), Giannini, Napoli, pp. 42-45.

Bilò F, Vadini E. (2016), *Matera e Adriano Olivetti. Testimonianze su un'idea per il riscatto del Mezzogiorno*, Edizioni di Comunità, Roma.

Braghieri G. (2010), *Aldo Rossi: due progetti*, Clueb, Bologna.

Carughi U. (2006) (Ed.), *Città architettura edilizia pubblica. Napoli e il Piano Ina-Casa*, CLEAN, Napoli.

Carughi U. (2010), "Lo spazio pubblico dell'abitazione", in Carughi U., Visone M. (Eds.), *L'area metropolitana di Napoli. 50 anni di sogni utopie realtà*, Gangemi, Roma, pp. 69-89.

Carughi U. (2012), *Maledetti vincoli. La tutela dell'architettura contemporanea*, Allemandi, Torino.

Conforti C. (1981), *Il Gallaratese di Aymonino e Rossi*, 1967-1972, Officina, Roma.

Del Monaco A. I. (2009) (Ed.), *Corviale accomplished. Uno studio per Corviale: funzione e disfunzione dell'edilizia sociale. A Research for Corviale: Function and Disfunction of Social Housing*, Casa Editrice Università La Sapienza, Roma.

Di Biagi P. (2010) (Ed.), *La grande ricostruzione. Il Piano Ina-Casa e l'Italia degli anni Cinquanta*, Donzelli, Roma.

Di Biagi P. (2011), "Le Vele viste da lontano", in Castagnaro A., Lavaggi A. (Eds.), *Le Vele di Scampia. Che fare?*, Atti del Convegno (Napoli 1/3/2011), Giannini, Napoli, pp. 62-67.

Erba A. (1979), *Il Gallaratese: città satellite di Milano*, Masson Italia, Milano.

Fava F. (2008), *Lo Zen di Palermo. Antropologia dell'esclusione*, FrancoAngeli, Milano.

Fusco G. (2003), *Francesco Di Salvo: opere e progetti*, Clean, Napoli.

Gorio F. (1953), *Il villaggio La Martella a Matera*, Apollon, Roma.

Gorio F. (1954), "Il villaggio La Martella. Autocritica", *Casabella*, n. 200, pp. 31-38.

Jencks Ch. (1977), *The Language of Post-Modern Architecture*, Academy Editions, London.

Marucci G. (2007), *Periferie? Paesaggi urbani in trasformazione*, Di Baio, Milano.

Monica L. (2008) (Ed.), *Gallaratese Corviale Zen. I confini della città moderna: grandi architetture residenziali*, Edizioni Festival Architettura, Parma.

Montesano G., Underworld (2006), "Napoli. Periferia totale", in Scateni, S. (Ed.), *Periferie*, Laterza, Bari, pp. 15-29.

Petrillo A. (2016), "La periferia elevata a potenza? Il caso del Cep a Genova", *Limes*, n. 4/2016, dedicato al tema "Indagine sulle periferie", pp. 81-90.

Purini F. (2008), testo della conferenza, in Monica L. (Ed.), *Gallaratese Corviale Zen. I confini della città moderna: grandi architetture residenziali*, Edizioni Festival Architettura, Parma, pp. 201-204.

Scateni S. (2006) (Ed.), *Periferie*, Laterza, Bari.

Sciascia A. (2003), *Tra le modernità dell'architettura. La questione del quartiere Zen 2 di Palermo*, L'Epos, Palermo.

Visconti F. (2008), "Teoria e Progetto. Un nesso di reciproca necessità", in Visconti F., Capozzi R. (Eds.), *Architettura razionale 1973-2008*, CLEAN Napoli, pp. 142-148.

Impianto urbano e valori tipo-morfologici nel progetto di adattamento agli impatti del cambiamento climatico

Claudia Sansò, Federica Visconti

Urban fabric and typo-morphological values within the climate-adaptive project

Interpreting the typo-morphological elements of urban systems

Looking at current conditions, in terms of physical and formal consistence and of the environmental subject, the attention to the care of cities should be, as Nicola Emery [1] stated, the responsibility of those who deals with architecture, at every scale; in this sense the dangerous impact on the ecosystems in general and in particular on the urban systems needs, within the field of scientific research, an adequate reflection on how to remedy, facing the loss of resources and the climate changes of the last decades.

The two measures adopted to face the phenomenon of climate change, mitigation and adaption, can find a real application through different methodologies of intervention and different approaches related to specific disciplinary fields in a framework of continuous comparison and exchange between autonomous research lines.

The Chart of Aalborg (Denmark, 27 May 1994) states that «environmental sustainability means to safeguard the natural capital […] Moreover, sustainability, from an environmental point of view, involves the conservation of biodiversity, human health and the quality of atmosphere, water and soils at a level able to sustain, over time, life and well-being of humans, animals and plants». It should be added that - from the point of view of the Architectural and Urban Composition disciplines - it is also important to save the formal values of a city, together with its natural values. The formal qualities of a city should be recognized, in this sense, as foundational elements of the human thing par excellence - as Aldo Rossi liked to call it following Lévi-Strauss - and, thus, protected.

Following this kind of approach - within the thematic "Typo-morphological classification of the historical settlement in the Neapolitan western and eastern peripheries" in the Metropolis project - through the interpretation of the typo-morphological elements of urban systems, the western and eastern areas of Naples were analysed, in order to underline differences and analogies and to find modalities to make the urban fabrics resilient.

The eastern area, in between thecity centre and the quarters of Barra, Ponticelli and S. Giovanni a Teduccio, is significantly 'denser', from a morphological point of view, with its western part clearly referring to a formal order related to a settlement matrix typical of the historical city. On the other hand, in the wider area of expansion - beyond the railway tracks of the main urban railroad - it is possible to observe a development in which the formal disorder had determined discontinuity of the urban fabric that finds again characters of urban recognition only in the urban continuous facades of the ancient quarters.

The western area, more recently settled, is formed in parts, different in their morphology and alignments but all distinguishable in terms of form, where 'dense' parts alternate with large 'breaks' that are sometimes the brownfields, sometimes public facilities or natural spaces.

Looking at the analytical drawings elaborated within the research programme, it is possible to observe that there are 'constituent elements' related to the specific characters of the two parts: the parts that, in a formal taxonomy, are included in the 'compact city', are built through urban blocks or urban continuous facades; the areas classified as 'consolidated city' are recognizable thanks to the presence of buildings built as 'free bodies'; the parts called 'informal' are the industrial blocks and the urban sprawl [2].

This type of analysis was used to support a general principle: adapting the cities to the demand of resilience related to the environmental crisis of our planet, should operate with general methodological tools related to the transformability of the places, considering the specificity of the urban reality and then checking, within a synthetic vision, the relapses that, on the urban and architectural project, could result in some specific phenomena, such as heat island or pluvial flooding.

Therefore, how, considering the study cases, can we outline any possible intervention strategies to make our cities resilient and adaptive?

Following the analysis of the study areas - east and west of the historic nucleus of Naples - there are two main themes, in both cases with specific differences: on one hand, the significant presence of public residential quarters and, on the other hand, the large abandoned industrial plants.

The brownfields areas - Bagnoli to the west or Poggioreale and San Giovanni a Teduccio to the east - could be a resource, as "free" spaces awaiting transformation, and also an important opportunity for architectural experimentation. Obviously, while to the west the concentration of the industrial void in the former Italsider site suggests an hypothesis of the construction of a large urban park - an hypothesis stopped for reasons beyond the themes of this essay - to the east the presence of a more fragmented industrial urban fabric could be an opportunity to imagine a number of widespread interventions able to trigger and realize, through phases, a wider reclamation process. Within the industrial enclosures it would be possible to work surgically subtracting more than adding, modifying the structure of the urban fabric but also, and perhaps above all, of the spaces 'between the things'.

Adjacent to these realities, the residential settlements represent, like in the peripheral areas of many Italian cities, an important testimony of what the architectural culture of the 1940s and 1950s produced: some of these quarters are the most important examples of rationalist architecture in Naples, such as, in the

«[…] raggiungere la salute dell'intera città è il fine del progetto filosofico-politico complessivo, e in nome di questo fine, in nome di questo scopo, vanno impostate, sorvegliate ed eventualmente punite, anche le discipline che organizzano fisicamente il territorio e lo spazio di vita»[1].

Lettura degli elementi tipo-morfologici dei sistemi urbani (C.S.)

Dinanzi alla attuale condizione in termini di consistenza fisica e formale e in termini di questioni ambientali, l'attenzione verso la cura delle città è bene che sia, come ci ricorda Nicola Emery, in buona parte responsabilità di chi si occupa di architettura, a tutte le sue scale; pertanto il pericoloso impatto sugli ecosistemi in generale, e sui sistemi urbani in particolare, dovuto all'inquinamento, alla perdita di risorse e ai cambiamenti climatici degli ultimi decenni necessita, nell'ambito della ricerca scientifica, di una adeguata riflessione sul come porre rimedio.

Le due misure adottate per contrastare il fenomeno del *climate change*, mitigazione e adattamento, possono trovare concreta attuazione attraverso diverse metodologie di intervento e attraverso diversi approcci legati a specifici settori disciplinari in un'ottica che tuttavia deve essere di continuo confronto e scambio tra le autonome linee di ricerca.

Alla carta di Aalborg (Danimarca, 27 maggio 1994) che afferma che «sostenibilità a livello ambientale significa conservare il capitale naturale […] Inoltre, la sostenibilità dal punto di vista ambientale implica la conservazione della biodiversità, della salute umana e delle qualità dell'atmosfera, dell'acqua e dei suoli a livelli sufficienti a sostenere nel tempo la vita e il benessere degli esseri umani nonché degli animali e dei vegetali» andrebbe aggiunto - con uno sguardo proprio delle discipline della Composizione Architettonica e Urbana - che è importante preservare di una città, oltre ai suoi valori naturali, anche i suoi valori formali. Le qualità formali di una città dovrebbero essere riconosciute insomma come elementi fondativi della cosa umana per eccellenza - come piaceva ad Aldo Rossi definire la città citando Lévi-Strauss - e come tali salvaguardati.

Con un approccio che guarda in tale direzione - nell'ambito della tematica "Classificazione tipo-morfologica dell'abitato storico delle aree est ed ovest di Napoli" del progetto Metropolis - attraverso la lettura degli elementi tipo-morfologici dei sistemi urbani sono state analizzate le periferie orientale ed occidentale di Napoli, al fine di evidenziare analogie e differenze e per individuare le modalità con le quali rendere resilienti i rispettivi tessuti urbani.

L'area orientale, posizionata a cavallo tra il centro città e l'aggregato dei quartieri di Barra, Ponticelli e S. Giovanni a Teduccio, si presenta significativamente più 'densa' dal punto di vista morfologico, con la sua parte ovest chiaramente riconducibile ad un ordine formale appartenente ad una matrice insediativa propria della città storica mentre, nella vasta area di espansione - al di là del fascio dei binari del principale nodo ferroviario della città - è possibile rinvenire uno sviluppo in cui il disordine formale ha determinato discontinuità del tessuto urbano che ritrova caratteri di riconoscibilità formale solo nelle cortine urbane dei nuclei degli antichi casali.

L'area occidentale, di più recente formazione, è costituita invece da parti tra loro differenti per morfologia e giaciture ma tutte formalmente meglio distinguibili, in cui porzioni 'dense' si alternano a grandi 'pause' corrispondenti talvolta alle aree di pertinenza di grandi impianti industriali dismessi o di attrezzature pubbliche talvolta ad ampi spazi naturali.

Dalle tavole analitiche elaborate all'interno della ricerca si ricava che, ai caratteri morfologici distintivi delle due aree, corrispondono rispettivi 'elementi costituenti': quelle parti che, in una tassonomia formale vengono annesse alla città 'compatta' sono costituite per lo più da isolati urbani o da cortine urbane, le aree classificate come parti di città 'consolidata' sono riconosciute per la presenza di edifici a 'corpi liberi' e quelle parti che distinguiamo come 'informali' sono costituite prevalentemente dalla cospicua presenza di impianti industriali e dallo *sprawl*[2].

Questa tipologia di analisi è stata utilizzata quindi per sostenere il principio generale che l'adeguamento delle città alla domanda di resilienza che ci viene posta dalla crisi ambientale alla quale è sottoposto il nostro pianeta deve operare a partire da strumenti metodologici generali sulla trasformabilità dei luoghi, considerando le specificità della realtà urbana e controllando poi, all'interno di una visione sintetica, le ricadute che sul progetto architettonico e urbano possono avere fenomeni molto specifici quali l'isola di calore o il *pluvial flooding*.

In che modo quindi, a partire dai casi studio, si possono delineare possibili strategie di intervento per rendere resilienti e adattive le nostre città?

Dall'analisi delle aree studio, a oriente e a occidente del nucleo storico di Napoli, emergono, in entrambi i casi, con specifiche differenze, due grandi temi: da un lato la forte presenza dei quartieri di edilizia residenziale pubblica, dall'altro quella del patrimonio costruito dismesso, nel caso di specie, costituito da più o meno grandi impianti industriali.

Le aree degli impianti industriali dismessi, di Bagnoli nella zona ovest o di Poggioreale e San Giovanni a Teduccio nella zona est, costituiscono una risorsa in quanto spazi 'liberi' che attendono trasformazione e parimenti un'importante occasione per la sperimentazione in campo architettonico. Naturalmente mentre a occidente la concentrazione del vuoto industriale nell'area dell'ex-Italsider ha determinato una ipotesi di costruzione di un grande parco urbano - ipotesi che stenta a decollare per motivi che esulano dagli interessi di questo saggio - ad oriente la presenza di un tessuto industriale

eastern area, the INA CASA and the IACP districts in Barra by Luigi Cosenza, Carlo Coen and Francesco Della Sala, or the Cesare Battisti yhe houses in Poggioreale, again by the same designers, and, in the western area, houses in via Consalvo in Fuorigrotta by Cosenza and the Houses for the Homeless in Viale Augusto by Cosenza and Coen. Also in this case, the interventions, identifying these quarters as formally defined urban parts, should develop technological solutions for energy retrofitting and interventions on the level ground to define it as much as possible as a green area with the aim of increasing the permeability of the soil surface.
Finally, there is also the need to work on the urban fabric where, however, in a compact city condition, the interventions will necessarily be developed at the building scale.

Guidelines for the adaptive design in an urban context. Industrial and residential blocks in the eastern area of Naples

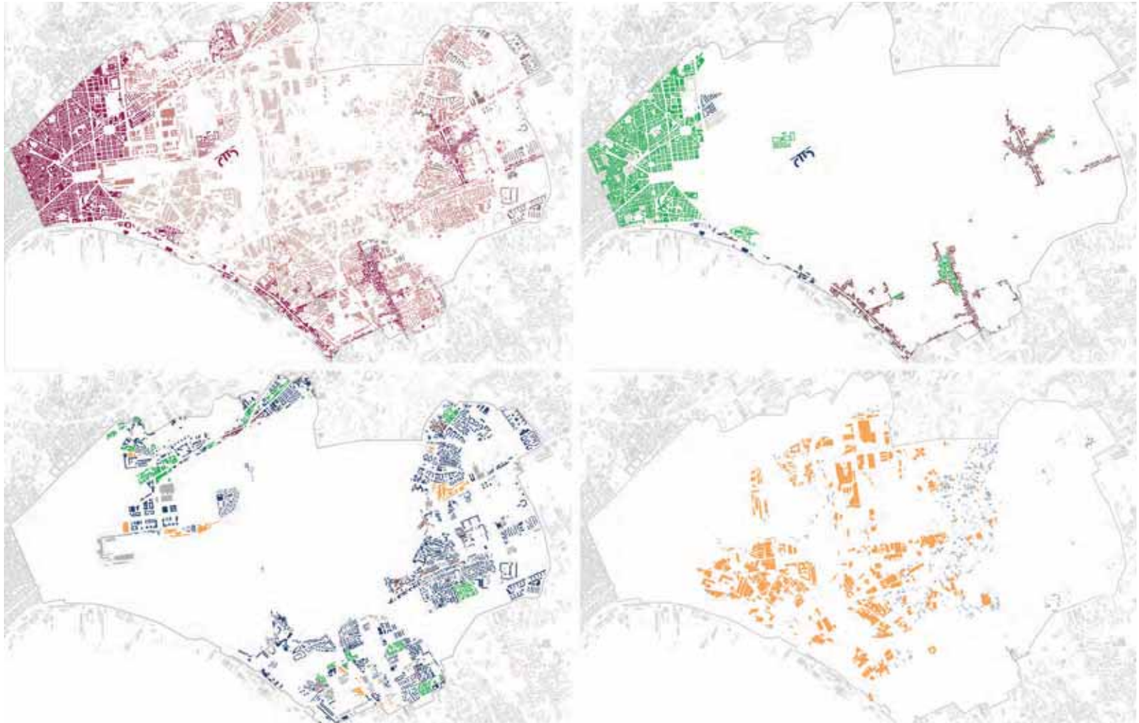
The wide area
The eastern area of Naples is certainly definable as an area "awaiting for transformation" from more than one point of view. From a functional point of view, it is undoubtable that the slow process of abandonment, that concerned the whole eastern Neapolitan area, today poses the issue of a possible reconfiguration of a large area of the city where it appears necessary to provide a functional and complex articulation, instead of that monofunctional connotation that determined, in the past decades, its character of 'extraneousness' related to the Neapolitan urban fabric.
Moreover, from the point of view of urban morphology, the 'voids' left by industry are today a problem to be faced but also a resource to exploit. The problems that emerge in the eastern area of Naples now - as a result of a long process firstly of industrialization and now of industrial decommissioning - are, in fact, more complex than the those concerning the city, for example, to the west in the former industrial area of Bagnoli: not only because of the extent of that portion of territory affected by the problem, but also because the presence of many industrial realities - instead of a single one - of different sizes and importance resulted in a stratification from which it is perhaps possible to re-think the future of this area.
A further level of complexity is illustrated by the fact that the eastern part of Naples appears as an area with very high-density of infrastructures: roads and railways that, very often, crisscross it without improving its accessibility.
To these considerations it is necessary to add a reflection about the obvious role of 'hinge' that could be played by the complex of the former industrial areas of the eastern periphery between the city and the Vesuvian area with its extraordinary landscape features, the hills and the sea, displaying themselves along the Vesuvian coast - a narrow tongue of land between Vesuvius and the sea - where the wealth of issues that the transformation of the east area of Naples poses is clearly evident.
Certainly, these issues at territorial level go beyond the theme of the Metropolis research, but even here, we have to reflect on

più frammentato potrebbe costituire una occasione per immaginare una serie di interventi diffusi capaci di innescare e realizzare, anche per fasi, un processo di riqualificazione più ampio. All'interno dei recinti industriali, chirurgicamente, si potrebbe lavorare per sottrazione più che per addizione modificando la struttura del costruito ma anche, e forse soprattutto, degli spazi 'tra le cose'.
Accanto a queste realtà, i quartieri di edilizia residenziale pubblica rappresentano, analogamente a quanto accade nelle aree periferiche di molte città italiane, una importante testimonianza di quanto prodotto dalla cultura architettonica degli anni '40 e '50 del Novecento: alcuni di questi quartieri costituiscono i più importanti esempi di architettura razionalista a Napoli, come, nell'area orientale, l'insieme dei quartieri INA CASA e IACP a Barra su progetto generale di Luigi Cosenza, Carlo Coen e Francesco Della Sala o il Rione Cesare Battisti a Poggioreale, ancora degli stessi progettisti, e, nella zona occidentale, le case a via Consalvo a Fuorigrotta di Cosenza e le Case per senzatetto a viale Augusto di Cosenza e Coen. Anche in questo caso gli interventi, individuando questi quartieri quali parti urbane formalmente definite, dovrebbero affiancare alle soluzioni tecnologiche di retrofit energetico interventi sui piani di appoggio dei corpi destinandoli quanto più possibile a zone verdi con lo scopo di aumentare la superficie dei suoli permeabili.
Da non tralasciare, infine, la necessità di lavorare anche sul tessuto urbano storico laddove, tuttavia, in una condizione di città compatta, gli interventi saranno necessariamente inerenti per lo più la scala dell'edificio.

Indirizzi per il progetto di adattamento in ambito urbano. Isolati industriali e isolati residenziali nell'area orientale di Napoli (F.V.)

L'area vasta
L'area orientale di Napoli è sicuramente definibile come un'area "in attesa di trasformazione": e questo da più di un punto di vista.
Se si parte da un'ottica di tipo funzionale, è indubbio che il lento processo di dismissione, che ha riguardato tutta l'area est napoletana, ponga oggi la questione di una riconfigurazione di un'ampia zona della città alla quale appare necessario conferire una articolazione funzionale varia e complessa, in luogo di quella connotazione monofunzionale che, di fatto, ne ha determinato, nei decenni passati, il carattere di 'estraneità' rispetto al tessuto urbano napoletano.
Ancor più dal punto di vista della morfologia urbana i 'vuoti' lasciati dalla industria sono oggi sicuramente un problema da affrontare ma anche una risorsa da sfruttare. Le problematiche che nell'area est di Napoli vengono oggi alla luce, come risultanze di un lungo processo di industrializzazione prima e di dismissione industriale poi, sono infatti più complesse di quelle che la stessa città si trova a dover affrontare, ad esempio, ad occidente nell'area ex industriale di Bagnoli: non solo per l'ampiezza della porzione di

territorio investita dal problema ma anche perché ad oriente la presenza di tante realtà industriali - in luogo di una - di dimensioni e importanza differente ha determinato una stratificazione dalla quale si può forse ripartire per disegnare il futuro di quest'area.
Un ulteriore livello di complessità è dato dalla circostanza che l'area est di Napoli si presenta come un'area a fortissima densità di infrastrutture di livello superiore che, molto spesso, la attraversano senza renderla per questo più accessibile.
Se a queste considerazioni si aggiungono l'evidente ruolo di 'cerniera' che il complesso delle aree ex industriali orientali può giocare tra la città e l'area vesuviana e i caratteri paesaggistici straordinari, tra le colline e il mare, che si esaltano poi proprio sulla costa vesuviana - stretta lingua di terra tra il Vesuvio ed il mare - appare evidente la ricchezza di questioni che la trasformazione dell'area est di Napoli pone.



Area orientale di Napoli. Tavola degli Ambiti Urbani, Tavole delle parti omogenee / *Eastern periphery of Naples. Map of Morphologically defined Urban Parts, Maps of Urban Elements.*

how, with an indisputable metropolitan city logic, the future of this area will also depend on the ability to undertake intervention on infrastructures - that from crossing elements have to become elements able to connect - and to recognize this area as part of a precise geographic-orographic-vegetational system: a plain characterized, in the past, by difficult hydrogeological conditions but with very significant visual and landscape references, Vesuvius, on one hand, the sea, on the other, and the mountains as a frame in the background.
A deeper level of reflection, within the Metropolis project, concerns, at the urban scale, the interpretation of Homogeneous Parts - compact city, consolidated city, informal city - and its Constituent Elements - urban continuous facades, urban block, urban element with free bodies, sprawl - in the hypothesis that strategies and interventions developed on sample-areas can find applicability for all the elements belonging to the same classification.

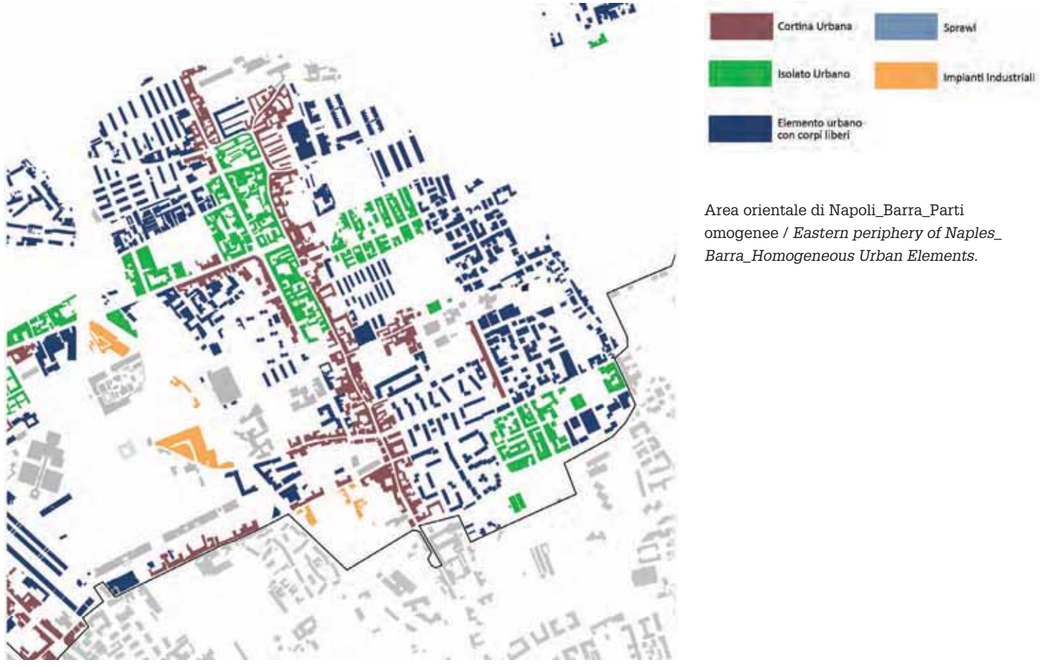
Case studies
Two case studies, both in the eastern area of Naples, concerning a residential and an industrial block respectively, are, within the typical circular process that in architecture links 'theory' and 'practice', the occasion to affirm the idea that the adaptive project of the existing heritage cannot ignore the identity characteristics of the city, even if related to the legitimate requirements of adaptation to climate change impact and of reduction of risk for buildings and their inhabitants. The idea of sustainability behind this kind of consideration is a synthetic idea that looks at the values of form (urban morphology and architectural typologies in their relationship, responsible also for the form of open spaces in the city) as values that are not antagonists of those related to the answer the urban system has to give to the risk but complementary in order to safeguard the cultural values of the settlements and produce, as a result, economic and social value.

The residential blocks
The first case study[2] describes a series of criteria and possible guide-lines, extracting them from practical experience, concerning the residential blocks that, in the eastern area of Naples, are juxtaposed to the historical buildings, based on the model of the compact city. These blocks were built with a typology of 'free buildings within the block' that aimed, in the best examples, to build an idea of modern city where the buildings, correctly placed on the ground following criteria of orientation, establish a relationship with nature and open spaces, a relationship often denied, during the construction, because their occupation or lack of architectural design.
An emblematic case is the ensemble of the so-called Barra districts, built based on the general project by Cosenza, Coen and Della Sala, that in 1946, in an area still little urbanized, represented the construction of a new 'compliant dimension' of habitation.
The story of the district, from the design to the construction up to the present time, is similar to many analogous interventions of the same period. The district was built following partially the original design, but without the construction of public facilities. Assaulted at the boundaries by an undifferentiated urbanization, indifferent to every reference related to the historical construction of the territory and the pre-existing settlements, the widespread privatization inside the district of the public and collective space widespread privatizationcausing the disappearance of the green areas in favour of ground covering to make spaces for car parking: the result was that a district that should have been a rationalist district within a natural condition, is today a system of autonomous enclosures, also different in their toponymy: Rione D'Azeglio - with the corridor houses by Cosenza, Coen and Della Sala in via Figurelle - Rione Cavour - with the linear buildings by Franz Di Salvo, Giantristano Papale and Luciano Abenante in via Velotti - and, between them, Parco Azzurro by Carlo

Naturalmente queste problematiche di livello territoriale travalicano il tema affrontato dalla ricerca Metropolis ma, anche in questa sede, non si può fare a meno di accennare come, in una indilazionabile logica di città metropolitana, il futuro di quest'area dipenderà anche dalla capacità di realizzare interventi sulle infrastrutture che da elementi che attraversano devono diventare elementi che connettono e dal riconoscere quest'area come parte di un sistema geografico-orografico-vegetazionale ben preciso: una pianura caratterizzata in passato da condizioni idrogeologiche difficili ma con riferimenti visuali e paesaggistici molto significativi, il Vesuvio, da un lato, il mare, dall'altro e le montagne sullo sfondo a fare da cornice.
Un più proprio livello di riflessione, all'interno del progetto Metropolis, riguarda invece, alla scala urbana, la lettura delle Parti Omogenee - città compatta, città consolidata, città informale - e dei relativi Elementi Costituenti - cortina urbana, isolato urbano, elemento urbano con corpi liberi, *sprawl* - nella ipotesi che strategie e interventi messi a punto su aree campione possano trovare applicabilità all'interno degli elementi appartenenti alla medesima classe.

I casi-campione
Due casi-campione, entrambi nell'area orientale di Napoli, ma aventi ad oggetto rispettivamente un isolato residenziale e un isolato industriale, costituiscono, nel tipico processo di circolarità che lega 'teoria' e 'prassi' in architettura, l'occasione per affermare il principio che le operazioni di adeguamento del patrimonio edilizio esistente, anche quando innescate dalla legittima esigenza di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici e di riduzione dei relativi rischi per gli edifici e per la popolazione insediata, non possono ignorare i caratteri identitari dell'esistente. L'idea di sostenibilità che supporta questo tipo di considerazione è un'idea sintetica che vede i valori di forma (morfologia urbana e tipologia edilizia nella loro reciproca relazione, responsabili anche della forma degli spazi aperti della città) come valori non antagonisti di quelli connessi alla risposta che i sistemi urbani devono dare al rischio ma concorrenti a salvaguardare il valore culturale degli insediamenti e, generare, di conseguenza, valore economico e valore sociale.

L'isolato residenziale
Il primo caso-campione[3] intende descrivere, estraendoli dalla esperienza concreta, una serie di criteri e possibili linee-guida che riguardino gli insediamenti residenziali che, nell'area orientale di Napoli, si sono giustapposti alla edilizia storica, basata sui modelli della città compatta, secondo una tipologia 'a corpi liberi' che ambiva, nei casi migliori, alla costruzione di una idea di città moderna, dove gli edifici, correttamente messi al suolo secondo criteri di orientamento, stabilivano rapporti con la natura e con lo spazio libero, negati spesso, in fase di realizzazione, dalla sua progressiva occupazione o perdita di disegno.



Area orientale di Napoli_Barra_Parti omogenee / *Eastern periphery of Naples_ Barra_Homogeneous Urban Elements.*

Un caso emblematico è costituito dall'insieme dei cosiddetti quartieri di Barra, costruiti a partire da un progetto generale di Cosenza, Coen e Della Sala che, disponendosi, nel 1946, in un'area ancora poco o nulla urbanizzata si porponevano di realizzare una nuova dimensione conforme dell'abitare.
Le vicende del quartiere, dal progetto alla sua realizzazione, fino alla attuale condizione, sono generalizzabili a molti interventi simili e coevi. Il quartiere è stato realizzato solo in parte secondo il progetto originario, essendo mancata soprattutto la costruzione delle attrezzature. Aggredito ai bordi da una urbanizzazione indifferente ad ogni riferimento dettato dalla costruzione storica del territorio e dagli insediamenti preesistenti, all'interno dell'insediamento si è diffusa la privatizzazione dello spazio pubblico e collettivo

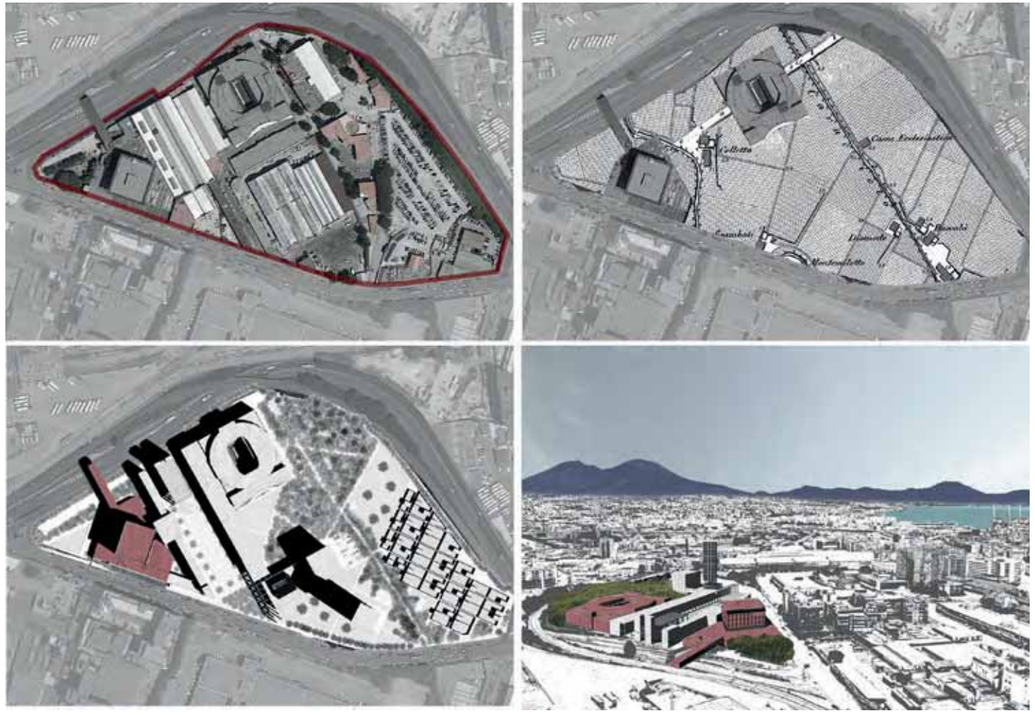
determinando la quasi totale scomparsa del verde a favore della impermeabilizzazione dei suoli per consentire accesso e sosta delle auto: con il risultato che quello che doveva essere un quartiere razionalista compiuto immerso nella natura è piuttosto oggi un sistema di autonome enclave distinte anche nella toponomastica: il Rione D'Azeglio - con le case a ballatoio di Cosenza, Coen e Della Sala su via Figurelle - il Rione Cavour - con le case in linea di Franz Di Salvo, Giantristano Papale e Luciano Abenante su via Velotti - e, tra i due, il Parco Azzurro di Carlo Cocchia con torri ed edifici in linea.
L'ipotesi progettuale ha qui lavorato sul chiarimento della definizione morfologica

Cocchia with towers and linear buildings. The hypothesis of the project has defined here a clearer morphological structure of the urban fabric through a detailed study of the boundaries and the redefinition of the public open spaces, all focused on the central axis of the composition with, on the two heads, new public buildings. The restoration of the existing residential buildings are added to these interventions on a different scale: technological retrofitting, static structural improvenent and typological redefinition such actions are experimented, particularly, on the corridor buildings of Rione D'Azeglio with the addition of a lift and the introduction of duplex flats.

Ipotesi di riqualificazione dei quartieri di edilizia residenziale pubblica a Barra. Tesi di laurea di F. Addario, relatori proff. F. Visconti e R. Capozzi / *Requalification project for the residential blocks in Barra. Master degree thesis by F. Addario, supervisors F. Visconti and R. Capozzi.*

nella pagina accanto / side page
Quartieri di Barra_Analisi Urbana_Confronto tra il progetto originario di L. Cosenza et al., la condizione attuale, l'ipotesi di riqualificazione di F. Addario (tesi di laurea CdS MAPA del DiARC, relatori proff. F. Visconti e R. Capozzi) / *Barra district_Urban analisys_Comparision of the originary design by L. Cosenza and others, the present condition, the design by F. Addario (Master degree thesis - MAPA - Department of Architecture - supervisors F. Visconti and R. Capozzi).*

Ipotesi di riconfigurazione del complesso industriale dismesso ex-Pirelli nell'area est di Napoli. Tesi di laurea di C. Lanza, relatore prof. R. Capozzi / *Requalification project for the industrial blocks ex-Pirelli in the eastern area of Naples. Master degree thesis by C. Lanza, supervisor R. Capozzi.*



dell'impianto urbano attraverso un attento lavoro sui bordi nonché il recupero e la riformulazione degli spazi aperti e collettivi, tutti incentrati sulla conferma dell'asse centrale della composizione alle cui testate si può ipotizzare di introdurre nuove attrezzature. A questi interventi si aggiungono, a una differente scala, il recupero e la rifunzionalizzazione dei manufatti residenziali esistenti con interventi di retrofitting, recupero statico e ridefinizione tipologica, sperimentati, in particolare, per gli edifici a ballatoio del Rione D'Azeglio con l'aggiunta di un corpo ascensore e la introduzione di alloggi duplex.

L'isolato industriale

Il secondo caso-campione[4] intende descrivere, estraendoli dalla esperienza concreta, una serie di criteri e possibili linee-guida che riguardino gli insediamenti industriali dismessi che, nell'area orientale di Napoli, come detto, assumono caratteristiche morfologiche abbastanza particolari andando a costituire una sorta di tessuto seppure "ad elementi separati": recinti divisi da un sistema infrastrutturale che spesso attraversa senza collegare ma che, al loro interno, conservano talvolta una articolazione funzionale e morfologica propria della città consolidata.
È questo il caso dell'isolato industriale dismesso di rilevanti dimensioni definito a sud da via Galileo Ferraris e a nord dalla autostrada A3, di proprietà Pirelli, al cui interno insistono un serie di corpi di fabbrica stratificatisi nel tempo e che hanno ospitato diverse funzioni, anche in relazione alle diverse fasi della vita economica dell'insediamento.
In relazione alle possibilità di delineare, attraverso gli interventi su queste aree di proprietà privata e anche facendo ricorso allo strumento della finanza di progetto, interventi capaci di introdurre nuove centralità nell'area orientale utili a costituire una ossatura, una struttura di impianto, benché policentrica, in grado di sostenere il sistema dei tessuti residenziali e/o legati a una industria compatibile con essi, l'ipotesi di intervento effettua innanzitutto una lettura critica delle preesistenze, selezionando, in base a un giudizio di valore di natura morfologico-architettonica, il magazzino della filiale napoletana della "Pirelli gomme e cavi", progettato dall'ingegnere Giuseppe Valtolina, e il grande edificio oggi sede del contact center di Enel come i due manufatti degni di essere conservati mentre si estende la demolizione come pratica per 'fare spazio' in una condizione giudicata eccessivamente densificata. Qualche nuovo corpo di fabbrica, in grado di ospitare nuove funzioni pubbliche o collettive, viene innestato secondo le regole del corretto orientamento e in relazione alle giaciture esistenti.
Su questo nuovo assetto morfologico l'operazione forse più importante riguarda tuttavia quello che è stato definito spazio 'tra le cose'. Il piano di appoggio degli edifici - vecchi e nuovi - viene ri-configurato come un suolo quasi del tutto permeabile, con un disegno che sembra voler far riemergere l'antica struttura idrografica e naturale leggibile nelle carte storiche: una sorta di 'risarcimento' per i danni che quest'area ha subito a causa dell'uso che ne è stato fatto nel tempo. A rafforzare questa ipotesi, una parte dell'area, appoggiata

The industrial blocks

The second case study[4] describes a series of criteria and possible guide-lines, extracting them from practical experience, concerning the industrial, brownfield areas that, in the eastern area of Naples, as said before, assumed particular morphological characters constituting a kind of urban tissue built through "separated elements": enclosures, divided by an infrastructural system that very often crosses without connections, that save, in their interior space, the functional and morphological articulation typical of the consolidated city.
It is the case of the industrial block of relevant dimension along via Galileo Ferraris to the south and bordering to the north the A3 motorway, a Pirelli property with a series of buildings constructed over time for different functions related to the different phases of the economic life of the company.
The hypothesis, through interventions on private property and using project financing tools, intends to design intervention able to introduce new centralities in the eastern area, useful to create a skeleton, a structured urban fabric, even if polycentric, able to sustain the system of residential tissues or of compatible industry. The project begins with a selection, guided by a judgment of morphological-architectural value, a critical reading of the pre-existing buildings, choosing the warehouse of the Neapolitan division of "Pirelli gomme e cavi", designed by the engeneer Giuseppe Valtolina, and the huge building that today hosts Enel's contact centre: they are the two buildings worthy of conservation while the demolition of all the other buildings is a matter 'making space' in a excessively densified condition. Some new buildings, for new public and collective functions, are built following rules of good orientation and related to existing alignments.
Regarding this new morphological settlement, the most important operation concerned what was defined 'space between the things'. The baseof the buildings - old and new - was redefined as a fully permeable ground, with a drawing that seems to evoke the ancient hydrographical and natural structure observable in the historical maps: a kind of 'reimbursement' for the damage that the area suffered for the inappropriate use over time. In order to reinforce this hypothesis, a part of the area, based on the re-emerged trace of the 'Caracciolo' stream, was arranged as urban vegetable gardens, scattered with small buildings in form of 'rooms' supporting the agricultural activity.

Guidelines

In this way, the project supports the general reasoning and confirms the conviction that, in the so-called 'public city', after the degradation suffered because of the progressive privatization of the public spaces, the obsolescence of the building heritage, the illegal construction and the aggression of low-quality private construction, these districts, today «places of exclusion» could represent more than «a problem, a resource for the contemporary city»[5], if it is decided to act decisively but also with culture of design.
The reasoning on the brownfield sites is not very different: they present, as frequently pointed out, some morphological characters that make them similar to a tissue, built through

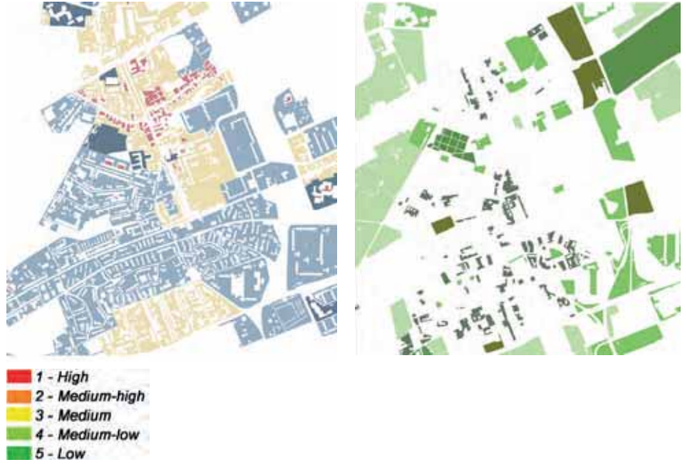
enclosures where, in the interior space, in some cases, a value of urban fabric is recognizable together with some buildings of architectural value.
Whether looking at the formally defined parts of the residential public district, or whether considering the industrial enclosures with their interior morphological complexity, the first step, necessary and propaedeutic to any other intervention, even if limited to the climate change adaption, has to be related to knowledge, including the recognition of the extent of value of urban fabric and buildings typologies.
All the adaptive solutions, that must have the aim of the maximum reduction of vulnerability through a minimum set of solutions, preferably of current practice, should be verified in terms of compatibility with the context and adopt not only the most advanced technological solutions of our contemporary age, but also an ancient wisdom of construction related to the correct orientation and positioning of the buildings, to the design of their 'characters' related to the position on the ground, and, above all, to the design of the open areas as a qualifying environmental element of the settlement recalling again the author quoted at the beginning of this text, that stated «take care of means to clear out space more then occupy it»[6].

Area orientale di Napoli, Ponticelli, Spazi aperti / *Eastern periphery of Naples, Ponticelli, Open spaces.*

sul tracciato del riemerso ruscello 'Caracciolo', viene destinata ad orti urbani, punteggiati da piccole architetture in forma di 'stanze' di supporto alla attività agricola.

Gli Indirizzi

Il lavoro progettuale supporta così il ragionamento generale e conferma il convincimento che, nella cosiddetta 'città pubblica', dopo il degrado subito per la progressiva privatizzazione degli spazi pubblici, per l'obsolescenza del patrimonio abitativo, per l'abusivismo e l'accerchiamento dell'edilizia privata di bassa qualità, questi quartieri, oggi «luoghi dell'esclusione» possano rappresentare, se si vorrà intervenire con decisione ma anche con cultura progettuale, più che un «problema, una risorsa per la città contemporanea»[5].
Non molto differente è il ragionamento sul patrimonio industriale dismesso che, come più volte detto, presenta qui alcune caratteristiche morfologiche che lo rendono assimilabile a un tessuto, costruito per recinti all'interno dei quali è, almeno in alcuni casi, distinguibile un valore di impianto e sono riconoscibili alcuni edifici di valore architettonico.
Sia che si tratti delle parti formalmente definite dei quartieri di edilizia residenziale



pubblica sia che si tratti di recinti industriali dotati di complessità morfologica interna, la prima operazione, necessaria e propedeutica a qualsiasi intervento, anche se limitato all'adattamento all'impatto del cambiamento climatico, dovrà quindi essere quella della conoscenza che includa il riconoscimento del gradiente di valore dell'impianto urbano e degli assetti tipologici degli edifici. Tutte le misure di adattamento, che dovranno porsi quale obiettivo la massima riduzione della vulnerabilità attraverso l'individuazione di una gamma minima di soluzioni, preferibilmente di pratica corrente, andranno quindi verificate in relazione alla compatibilità con il contesto e fare ricorso, oltre che alle soluzioni tecnologicamente più avanzate che la contemporaneità ci mette a disposizione, ad un'antica sapienza costruttiva legata al corretto posizionamento e orientamento dei corpi di fabbrica, al disegno dei loro 'caratteri' in relazione alle loro differenti disposizioni al suolo, e soprattutto al progetto delle aree aperte come elemento di qualificazione ambientale, ma anche formale, dell'insediamento ricordando, ritornando all'autore dell'esergo a questo scritto, che oggi forse «curare significa, liberare spazio piuttosto che occuparlo»[6].

1. N. Emery, *Progettare, costruire, curare. Per una deontologia dell'architettura*, Casagrande, Bellinzona 2007, p. 6.
2. Per un puntuale approfondimento dei criteri di impostazione seguiti nella elaborazione delle carte analitiche all'interno della ricerca si veda F. Visconti, *Gli elementi tipo-morfologici del sistema urbano: tradizione, attualità e futuro*, in D'Ambrosio V., Leone M.F. (Eds.), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza*, CLEAN Edizioni, Napoli 2016.
3. L'intervento descritto è stato elaborato da Francesca Addario quale Tesi di Laurea Magistrale nel CdS in Architettura - Progettazione Architettonica_MAPA del Dipartimento di Architettura della Università degli Studi di Napoli Federico II, Relatori proff. F. Visconti e R. Capozzi.
4. L'intervento descritto è stato elaborato da Carmine Lanza quale Tesi di Laurea Magistrale nel CdS in Architettura -Progettazione Architettonica_MAPA del Dipartimento di Architettura della Università degli Studi di Napoli Federico II, Relatore prof. R. Capozzi.
5. D. Ciaffi, *Luoghi dell'esclusione, esperienze di rigenerazione*, in «Urbanistica e informazioni», n. 193, 2004, pp.55-56.
6. N. Emery, Op. cit, p. 15.

1. *N. Emery, Progettare, costruire, curare. Per una deontologia dell'architettura, Casagrande, Bellinzona 2007, p. 6. «[…] To achieve the health of the entire city is the aim of the overall philosophical-political project, and in the name of this goal, in the name of this purpose, the disciplines that physically organize the territory and the space of life must be set up, monitored and in some cases punished».*
2. *For a deeper investigation on the criteria used for the analytic map production within the research programme, see F. Visconti, Typological and morphological elements of urban systems: tradition, present practices and the future, in V. D'Ambrosio, M.F. Leone (edited by), Environmental Design for Climate Change adaption. Innovative models for the production of knowledge, CLEAN Edizioni, Napoli 2016.*
3. *The described project was elaborated by Francesca Addario as Master Degree Project in the Master Degree Course Architettura-Progettazione Architettonica_MAPA in the Department of Architecture of the University of Naples Federico II, Supervisors: proff. F. Visconti e R. Capozzi.*
4. *The described project was elaborated by Carmine Lanza as Master Degree Project in the Master Degree Course Architettura-Progettazione Architettonica_MAPA in the Department of Architecture of the University of Naples Federico II, Supervisor: prof. R. Capozzi.*
5. *D. Ciaffi, Luoghi dell'esclusione, esperienze di rigenerazione, in «Urbanistica e informazioni», n. 193, 2004, pp.55-56.*
6. *N. Emery, Op. cit, p. 15.*

Valorizzazione della conoscenza locale nella gestione partecipata di trasformazioni sensibili agli effetti del cambiamento climatico

Maria Federica Palestino

Promoting local knowledge in collective management of climate change-sensitive transformations

As environmental historians have reported, for some time environmental awareness has been living a radical cultural change, destined to pan out and - most likely - to grow (Armiero and Sedrez, 2014).
Throughout the 1900s, the elitist environmentalism that had given birth to the wilderness cult has gradually given way to a mass environmentalism - that some have called "the environmentalism of the poor" (Martinez Allier, 2002), and others have called "subaltern environmentalism" (Pulido, 1996) - which considers health at the workplace, quality of life at home, and well-being in general as fundamental rights.
Within such a shift, which has been more visible in continents such as Africa and Latin America, where it has generated real rebellious movements, the demand by ordinary people for nature has pushed beyond an aesthetic conception of the environment and green surroundings, to become a conception of everyday ethics.
Some Political Ecology researchers have underlined how this popular current of thought has caused an equally significant shift of claims towards national and local governments, with the purpose of the fight moving from the "right to the city" (Lefebvre 1968) to the "right to urban environments" (Kaika and Swyngedouw 2011)[1].
Within such framework of theoretical references, presenting climate change as a driveshaft for awareness and active practices based upon community participation becomes functional to making "environmental wisdom" a key element in guaranteeing an efficient planning process (Wang et al., 2016). Emerging forms of collective inquiry in fact encourage a well-framed interaction between environmental researchers and those who - as final recipients of a plan, project, or action - usually remain relegated to the passive role as subjects of research or mute interlocutors at most: not because they have nothing to say on the topic, but simply because they are not given the chance to speak following a structured protocol. At the same time, in response to the homogenizing steps with which measures of adaptation to climate change are normally dealt with, governments must more than ever distrust top-down solutions, and promote the uniqueness of urban agendas in the environmental field and the quality of custom-made policy making processes: processes based upon the respect of spatial and morphological traits of each territory, knowledge of procedural and legal limits of the specific context, as well as the lifestyles and requirements of those who will become the final recipients of the process outcome. To integrate multiple and diversified interests and behaviours of the stakeholders, defining the process adaptation elements based upon the specific nature of the location and context, thus represents a challenge that can and must be taken on, perhaps with the support of multidisciplinary and multiscalar collective projects to calibrate ad hoc. In other words, the idea is to combine the perspectives of the community with those of the designers and commissioners, by stimulating local languages and know-how to communicate with management of adaptation-related matters.

***Community-based adaptation* as a lever for an efficient regeneration**

When active listening has the aim of building shared visions, putting local know-how at the service of sustainable territorial transformation in a community-based approach, the resulting project may avail itself of an added strategic and educational value that facilitates its enjoyment and control by the natural recipients, ensuring a better manageability.
For some time now, the awareness of such a shift plays a fundamental role in adaptation projects related to locations suffering damage from the effects of climate change. Active participation of the final recipients of the adaptation project or

Come gli storici dell'ambiente hanno rilevato, la sensibilità in campo ambientale vive da tempo una svolta culturale radicale, che è destinata a protrarsi e, probabilmente, a crescere (Armiero e Sedrez, 2014).
Nel corso del novecento l'ambientalismo elitario che aveva dato vita al culto della *wilderness* ha fatto via via posto ad un ambientalismo di massa - qualcuno lo ha chiamato "ambientalismo dei poveri" (Martinez Allier, 2002), qualcun altro "ambientalismo dei subalterni" (Pulido, 1996) - che guarda alla salute sul posto di lavoro, alla qualità della vita domestica e al benessere in senso più generale come a diritti fondamentali.
In questa svolta, che è stata più visibile in paesi come l'Africa e l'America latina, dove ha dato vita a veri e propri movimenti di lotta, la domanda di natura delle persone comuni si è dissociata dalla visione in chiave estetica dell'ambiente e del verde, per spingersi verso l'etica del quotidiano.
Alcuni studiosi di *Political Ecology* hanno sottolineato come questa corrente popolare abbia causato l'altrettanto importante slittamento delle rivendicazioni sociali nei confronti dei governi nazionali e locali, spostando man mano il fuoco delle lotte un tempo centrate sul "diritto alla città" (Lefebvre, 1968) verso la rivendicazione del "diritto agli ambienti urbani" (Kaika e Swyngedouw, 2011)[1].
Entro una siffatta cornice di riferimenti teorici, proporre il cambiamento climatico come motore di pratiche di conoscenza e azione improntate alla partecipazione comunitaria diventa funzionale a fare della "saggezza ecologica" uno dei materiali a garanzia dell'efficacia del processo di pianificazione (Wang et al., 2016). Tipologie emergenti di inchiesta partecipata incoraggiano, infatti, l'interazione strutturata fra chi fa ricerca in campo ambientale e chi, in quanto destinatario finale di un piano, di un progetto o di una azione, rimane generalmente relegato nel ruolo passivo di oggetto di ricerca o, al massimo, di interlocutore muto: non perché non abbia nulla da dire nel merito, ma semplicemente perché non gli viene data l'opportunità di farlo secondo un protocollo strutturato.
Parallelamente, di fronte alle formule omologanti con cui vengono generalmente affrontate le misure di adattamento al cambiamento climatico, i governi devono più che mai diffidare delle soluzioni *top-down*, promuovendo l'unicità delle agende urbane in campo ambientale e la qualità di processi di *policy making* fatti su misura: ovvero nascenti dal rispetto delle caratteristiche spaziali e morfologiche di ciascun territorio, dalla conoscenza dei vincoli procedurali e legislativi attivi in quel determinato contesto, come pure degli stili di vita e dei bisogni di coloro che diventeranno i destinatari finali di ciò che quei processi produrranno.
Integrare gli interessi e le attitudini molteplici e diversificate degli *stakeholder*, declinando le forme di adattamento in relazione alle specificità del sito e del *milieu* locale, rappresenta, allora, una sfida che si può e si deve raccogliere: magari utilizzando il supporto di processi partecipativi multidisciplinari e multiscalari da tarare ad hoc. Si tratta, in altre parole, di incorporare i punti di vista delle comunità accanto a quelli dei progettisti e dei committenti, stimolando i linguaggi e i *know how* locali ad interfacciarsi con il trattamento delle questioni relative all'adattamento.

***Community-based adaptation* come leva di efficacia per la rigenerazione**

Quando l'ascolto attivo mira a costruire visioni condivise, mettendo le competenze locali al servizio di trasformazioni territoriali sostenibili, il progetto risultante dal processo partecipativo si avvale di un plusvalore strategico ed educativo che ne facilita la fruizione e il controllo da parte dei naturali destinatari, assicurandone la migliore gestibilità.
Da qualche anno a questa parte, la consapevolezza di questo passaggio gioca un ruolo importante nei progetti di adattamento degli insediamenti ai danni arrecati dagli effetti del cambiamento climatico. La partecipazione attiva del destinatario finale del progetto o della politica di adattamento costituisce, infatti, una tappa fondamentale per radicare la nuova offerta progettuale nella comunità ricevente, preparandola a diventare utente consapevole del proprio ambiente, nonché sostenitrice di nuove domande di città finalizzate alla qualità della vita delle future generazioni.
Di conseguenza, il progetto dell'adattamento non deve prescindere dalle istanze delle comunità locali che, allo scopo di attivare trasformazioni territoriali socialmente e culturalmente resilienti, vanno gioco-forza incluse nel processo di trasformazione.
A maggior ragione questa attenzione vale quando il progetto di adattamento si sviluppa in particolari condizioni di vulnerabilità socio-ecologica; ovvero quando si riscontra la povertà delle popolazioni che ne dovranno beneficiare e la carenza o l'insufficienza dei fondi a disposizione.
Generalmente, infatti, le persone più povere, o le minoranze etniche e di razza risiedono in territori marginali e in parti di città più sottomesse agli eventi catastrofici, più vulnerabili e maggiormente affollate. Si tratta di circostanze che accrescono la suscettibilità al cambiamento climatico delle aree residenziali, riducendo la capacità di resistere agli eventi estremi, accrescendo le difficoltà dell'abitare e, con esse, le fragilità degli abitanti.
Il fatto che povertà e danni legati agli effetti del cambiamento climatico si rafforzino

Vegetazione pioniera nei lotti abbandonati / *Pioneer species in the abandoned allotments.*

policy, in fact, represents a crucial step to entrench the new project design idea in the target community, preparing its individuals to become aware of their surrounding environment and the supporters of a new demand for cities catering for the quality of life of future generations.
Consequently, the adaptation project mustn't ignore the requests made by local communities that - in the scope of activating socially and culturally resilient territorial change - must unavoidably be included in the transformation process.
Additional care towards this aspect must be taken when the adaptation project involves particularly vulnerable conditions on a social and environmental level: when a condition of poverty of the target populations exists or when the lack or insufficiency of available funds is recorded.
In fact, generally speaking poorer communities or ethnic/racial minorities reside in marginal areas or parts of the city that are more subject to natural disasters, more vulnerable and populous. These circumstances elevate the exposure to climate change of the residential areas in concern, decreasing their resilience to extreme conditions, worsening living conditions and consequently the fragility of residents.
The fact that poverty and damage related to climate change nurture each other in underdeveloped areas, producing an increase in quantity of natural disasters, is widely proven in international literature, especially in the numerous case studies documented by Political Ecology researchers.
The situation is less obvious, instead, when we analyse the repercussions of climate change in the Global North. In terms

vicendevolmente nelle aree di sottosviluppo, producendo un maggior numero di disastri naturali, è ampiamente accertato dalla letteratura internazionale, soprattutto attraverso le ampie casistiche documentate dagli studiosi di *Political Ecology*.
La situazione è meno scontata, invece, quando ci volgiamo a studiare le ricadute causate dal cambiamento climatico nel *global North*. Nelle grandi città dell'occidente, infatti, gli studi applicati ai danni causati dal cambiamento climatico nei territori fortemente urbanizzati sono ancora relativamente pochi, anche perché la Political Ecology, nella sua applicazione urbana, ha preferito optare per l'approfondimento delle gravi compromissioni ambientali originate dagli effetti del capitalismo industriale sul lavoro e sull'abitare di massa. Ciò significa che fino ad oggi hanno avuto priorità analisi e interpretazioni di fenomeni che hanno causato ripercussioni sulla salute di intere classi di lavoratori come - quando parliamo di città fordista - gli operai.
D'altra parte, nelle città europee o nord americane il tema dell'adattamento al cambiamento climatico è stato fino ad oggi preferibilmente rivisitato nella prospettiva di aprire mercati competitivi alla *green economy* guardando, prevalentemente, alla rigenerazione in chiave ecologica di condomini di lusso e *gated communities*.
Trattare il cambiamento climatico nel *global North* dovrebbe significare invece, prima di tutto, considerare le criticità legate alla precarietà e alla fatiscenza del patrimonio costruito di proprietà pubblica e al bisogno di un minimo garantito di confort urbano e di efficientamento energetico degli edifici per la massa degli abitanti e degli utenti (scuole, edilizia popolare, luoghi del lavoro, mobilità di massa, ecc.); nonché tenere conto della prossimità di grosse infrastrutture impattanti e della pressione di particolari minacce naturali o di specifiche dinamiche sociali.
In presenza di simili caratteristiche bisogna - conseguentemente - portare decisamente all'attenzione le periferie urbane, derubricando i temi classici del degrado funzionale e della marginalità sociale, per accedere a quell'ampia tassonomia di situazioni territoriali in cerca di "giustizia ambientale", fra le quali il tema dell'adattamento al cambiamento climatico merita un posto di crescente importanza.

Gli impatti del clima sulla città e sui cittadini
La vulnerabilità delle aree urbane è legata a fattori molto spesso differenti da quelli che la letteratura sul cambiamento climatico descrive in riferimento ai villaggi o ai siti naturali del *global South*.
Nelle aree urbane, infatti, la vulnerabilità dipende prevalentemente da fattori del tipo:
- infrastrutturazione pesante legata a industrializzazione e massiccia urbanizzazione;
- prossimità di aree inquinate e fonti inquinanti;

of large cities in the western world, in fact, applied studies concerning climate change in strongly urbanized areas are still relatively few, even because in terms of urban contexts Political Ecology has preferred to analyse in depth the serious long-term environmental damage caused by industrial capitalism in the working world and on mass urbanization. This means that to this day the priority has been given to analysis and interpretation of events that have caused repercussions on the health of entire working classes - in the so-called Fordist city - namely manual workers.
Furthermore, in European or North American cities the topic of adaptation to climate change has to this day been dealt with in the scope of opening competitive markets in the green economy, mostly with an eye on ecological regeneration of luxury residences and gated communities.
A true analysis of climate change in the Global North would instead imply, first of all, to consider the criticalities related to the unstable and obsolete nature of public construction, and the need for a minimum, guaranteed urban comfort and energy efficiency upgrade of infrastructure available to the vast majority of residents and users (schools, public housing, workspaces, transportation etc.). Secondly, it would need to take into account the proximity of large impacting infrastructure and of the pressure from specific natural threats or social mechanisms. Upon observance of such characteristics, a consequent alertness must be given to the urban periphery, deshelving the classic views of functional disrepair and social marginality to access the wider classification of local situations seeking "environmental

justice", among which adaptation to climate change certainly deserves a growingly important position.

Impacts of climate on the city and its citizens

Vulnerability of urban areas is very often related to different factors compared to the ones climate change literature describes in reference to villages or natural areas in the Global South.
Indeed, in urban areas vulnerability mainly depends on the following types of factors:
- heavy infrastructure presence related to industrialization and mass urbanization;
- proximity of polluted areas and sources of pollution;
- allocation and use of land that is hazardous for public health and for safety of residing communities;
- social and cultural marginality of specific categories of residents;
- difficulty in accessing information, institutions, and forms of governance by specific communities.
In order to augment equality in urban systems with such characteristics - namely the many neglected peripheral districts of large cities in the Global North and South, or European and North American metropolitan areas - it is not sufficient to invite the damaged or at-risk communities to be more involved in the change process, but wider categories of the civil society must also be involved, including professionals in the field and public administrators, in some kind of great cultural battle for the creation of a more just environment (Secchi, 2013). Moreover, it may be helpful to search non-traditional funding sources, in compliance with the principles of transparency of choices related to monitoring and assessment as well as funding itself. For example, a water sensitive regeneration process like the one implemented - following hurricane Sandy in 2012 - to adapt New York City to the threats of climate change has benefited from an ad hoc government initiative involving the consultation of about 200 residents and city users representing over 40 local organizations[2].
Latin America, and in particular the capital of Peru, is also a source of useful teachings in terms of experimentation in the research project "Sustainable Water and Wastewater

- destinazioni funzionali e usi del suolo pericolosi o nocivi per la salute pubblica e la sicurezza di comunità residenti;
- marginalità sociale e culturale di particolari fasce di residenti;
- difficoltà di accesso a informazione, istituzioni e forme di *governance* da parte di determinate comunità.

Per accrescere l'equità entro sistemi urbani con simili caratteristiche - pensiamo alle tante periferie degradate delle grandi città globali, oppure alle regioni metropolitane europee o nord americane - non basta invitare alla partecipazione le comunità danneggiate o a rischio di esserlo, ma è necessario coinvolgere strati più ampi della società civile, compresi i professionisti del settore e gli amministratori pubblici, in una sorta di grande battaglia culturale per la realizzazione di un ambiente più giusto (Secchi, 2013). Può essere d'aiuto, inoltre, cercare fonti non tradizionali di finanziamento, aderendo a principi di trasparenza della decisione, oltre che della spesa, del monitoraggio e della valutazione.
D'altra parte, un percorso di rigenerazione in chiave *water sensitive* come quello implementato, in seguito all'uragano Sandy del 2012, per adattare la città di New York alle minacce del cambiamento climatico, ha potuto giovarsi di un'iniziativa governativa *ad hoc* per attivare la consultazione di circa duecento residenti e *city user* in rappresentanza di oltre quaranta organizzazioni locali[2].

Scheletro edilizio incompiuto / *Unfinished skeleton frame.*

Anche dall'America latina, in particolare dalla capitale del Perù, possiamo attingere utili insegnamenti riguardo alle sperimentazioni utilizzate nell'ambito della ricerca "Sustainable Water and Wastewater Management in Urban Growth Centres. Coping with Climate Change - Concepts for Lima Metropolitana 2008-2013". Lo studio, che ha visto la cooperazione di diversi atenei peruviani e tedeschi finanziati dal *German Federal Ministry of Education and Research*, ha scelto di trattare gli effetti della siccità innescati dal cambiamento climatico anche ricorrendo ad approcci dal basso: ovvero stimolando il trattamento creativo degli spazi aperti da parte degli abitanti. Nell'ambito della "Lima Ecological Infrastructure Strategy", lo sviluppo metropolitano è stato conseguentemente indirizzato da un processo partecipativo che ha sperimentato l'utilità di laboratori di consapevolizzazione dei cittadini e di autocostruzione condivisa di piccole misure di adattamento degli spazi aperti agli effetti della crescente aridità del clima urbano.

L'Università come *Socio-Ecological Clinic*[3]

Nei fatti, via via che il controllo delle istituzioni preposte alla conoscenza e all'ascolto tende a saltare, e le politiche pubbliche si fanno, gioco-forza, subalterne agli interessi economici, le aree urbane vulnerabili rimangono sempre più isolate. Con buona pace del risarcimento ambientale al quale i luoghi, soprattutto se hanno vissuto un

Arte di strada / *Street art.*

Management in Urban Growth Centres. Coping with Climate Change - Concepts for Lima Metropolitana 2008-2013". In the study, which has involved various Peruvian and German universities funded by the German Federal Ministry of Education and Research, the philosophy chosen was to deal with the effects of drought triggered by climate change using a bottom-up approach: stimulating creative use of urban open spaces by citizens. In the scope of the Lima Ecological Infrastructure Strategy, urban development has thus been driven by a collective process that has tested the fruitfulness of workshops for citizen awareness and shared self-development of small-scale adaptation of open spaces to the growing aridity of the urban environment.

University as a Socio-Ecological Clinic[3]

It is a fact that, as control by institutions dedicated to awareness and listening tends to fail and public policies unavoidably become subordinate to economic interest, vulnerable areas become more and more isolated. So much for the environmental refunds to which the locations - especially those which have lived a past of socio-spatial segregation, as has often occurred in the suburbs of 20th century cities - are certainly entitled to. To this regard, research in the environmental field - even when focused on the development of frameworks in favour of dampening physical and social impact of climate change - may make good use of active listening, not only in an analysis and interpretation phase, but also at a project implementation stage. So who are the subjects that must carry the burden of collective processes in a time of financial crisis like the one we are currently living?
Nowadays it seems that Italian institutions struggle to add the social complement to more technical actions in climate sensitive initiatives, due to high costs and the considerable organizational effort that this type of public process requires.
On the other hand, in response to the substantial production of environmental assessment and monitoring processes - that are increasingly sophisticated and "mechanized" thus requiring heavy funding and researcher involvement as well as medium-long term investment - there is a growing demand for relatively lite, fast, and consequently less expensive techniques, methods, and tools; methods that may guarantee the possibility

of creating "core samples" targeted towards strategically finalizing research and funding in the environmental field. In order to overcome such a gap it is thus possible to assign universities the role of guarantors for the protection of fragile areas, finalizing architecture and urban design research towards the experimentation of methods and techniques supporting urgent plans, policies, and actions in response to claiming of the "right to urban environments", and reflecting upon the skills and research profiles to involve on the field. Whilst stimulating a dialogue with representatives of local communities before decision-making processes or the implementation of actual project design may be functional to pluralize knowledge - giving a strategic value to a collective approach -, meeting the communities in the project guideline creation phase will serve to give responsibility to the final recipients, so that they may become the gearbox for transmission of meanings and values that will affect the urban lifestyles triggered by the project. The collective strategy and project, as well as self-building practices aided through co-design processes, may thus be the foundations of a facilitated passage from a potential project to a project life cycle rotating around the worksite as an urban space to live responsibly: interpreting the rules of the game to finalize them and make the initiative successful. As far as planning is concerned, a possible path to experiment may be focused on the social conflict generated by top-down regeneration processes and the methods to avoid or dampen such conflict. Finally, in terms of field research, active listening and structured interaction techniques, as well as interactive assessment approaches such as living labs (Concilio, 2016) may respond to the goal of communicating the results of organized confrontation of researcher and/or professional expertise, requirements and limitations of administration bodies responsible for fund management and project implementation, and the territorial wisdom of residents and city users.

1. *The phenomenon of fighting for claim of environmental ownership is clearly mapped in a database including over 1200 worldwide conflicts called the EJOLT project - Mapping Environmental Justice and Spaces of Resistance (see: www.ejatlas.org).*

passato di segregazione socio-spaziale, come spesso è accaduto alle periferie della città novecentesca, hanno indubbiamente diritto.
In questo senso gli studi in campo ambientale, anche quelli dedicati alla costruzione di indirizzi per favorire la mitigazione degli impatti fisici e sociali del cambiamento climatico, possono utilmente servirsi dell'ascolto attivo non solo in fase analitica e interpretativa, ma anche in fase di implementazione dei progetti.
Ma quali sono i soggetti deputati a prendersi carico dell'onere della partecipazione in tempi di crisi e carenza di finanziamenti come quelli che stiamo vivendo?
L'accompagnamento sociale al corpo più tecnico delle iniziative *climate sensitive* appare oggi difficilmente realizzabile per le amministrazioni italiane, a causa degli alti costi e del massiccio impegno organizzativo che questo tipo di procedimenti pubblici richiede.
D'altronde, a fronte della rilevante produzione di metodi di valutazione e monitoraggio ambientale, via via più sofisticata e "ingegnerizzata", che necessita tuttavia del massiccio impiego di fondi e ricercatori, nonché di investimenti in tempi medio-lunghi, si fa avanti la domanda di tecniche, metodi e strumenti relativamente leggeri, veloci e, conseguentemente, meno onerosi. Metodi che diano la possibilità di realizzare "carotaggi" mirati a finalizzare strategicamente le ricerche e i fondi in campo ambientale.
Per superare questo *gap* è possibile, allora, attribuire alle università un ruolo di garanti nella difesa dei territori fragili, finalizzando la ricerca architettonica e urbanistica a sperimentare modi e tecniche che supportino l'urgenza di piani, politiche e azioni in risposta alla rivendicazione del diritto agli ambienti urbani, riflettendo sulle competenze e sui profili di ricerca da impegnare sul campo.
Mentre stimolare il confronto con rappresentanze delle comunità locali preliminarmente alla costruzione dei processi decisionali, o all'implementazione della progettazione vera e propria, può essere funzionale a pluralizzare le conoscenze, conferendo valenza strategica all'approccio partecipato, incontrare le comunità in fase di elaborazione degli indirizzi e delle linee guida del progetto servirà a responsabilizzare i destinatari finali affinché divengano cinghia di trasmissione di significati e valori che andranno a improntare gli stili di vita urbana innescati dal progetto.
Il piano e il progetto partecipato, così come le pratiche di autocostruzione assistite attraverso processi di *co-design*, possono dunque costituire atti fondativi per facilitare il passaggio dal progetto cantierabile al processo vitale che farà del cantiere uno spazio urbano da vivere in modo consapevole: ovvero interpretando le regole del gioco per finalizzarle alla buona riuscita del progetto.
Sul versante del *planning*, invece, la strada da sperimentare potrebbe essere quella di dedicarsi all'approfondimento del conflitto sociale generato dai processi di rigenerazione *top-down* e delle modalità per evitare o attutire tale conflitto.

Per quanto attiene infine alla ricerca applicata, tecniche di ascolto attivo e di interazione strutturata, così come approcci di valutazione interattiva come i *living lab* (Concilio, 2016), possono rispondere alla finalità di veicolare l'esito di confronti strutturati fra *expertise* del ricercatore e/o del professionista, esigenze e vincoli delle amministrazioni responsabili della gestione dei fondi e dell'implementazione dei progetti, saggezza territoriale di abitanti e utenti.

1. Il fenomeno delle lotte per la rivendicazione dell'ambiente è rappresentato vividamente nel database degli oltre milleduecento conflitti diffusi alla scala del pianeta che sono stati mappati dal progetto EJOLT - Mapping Environmental Justice and Spaces of Resistance (cfr. www.ejatlas.org.).
2. Rientrando fra le azioni previste dal "Climate Change Program Assessment and Action Plan" varato nel 2008 dal *New York City Department of Environmental Protection*, il senso dell'iniziativa governativa "Rebuild by Design" viene così sintetizzato sul sito ad essa dedicato: "Rebuild's core belief is that through collaboration our communities can grow stronger and better prepared to stand up to whatever challenges tomorrow brings" (cfr. http://www.rebuildbydesign.org/ Who we are).
3. Il titolo parafrasa le più note "Architectural Clinics", antenne di ricerca-azione in sostegno delle comunità locali che furono introdotte nelle università statunitensi da alcuni pianificatori radicali degli anni '60, dando avvio, grazie all'opera di Paul Davidoff (1965), alla stagione dell'*Advocacy planning*.

References

Armiero M., Sedrez L. (2014), "Introduction", Armiero M., Sedrez L. (Eds.), *A History of Environmentalism*, Bloomsbury, London, New Delhi, New York, Sidney, pp. 1-19.
Concilio G. (2016), "Urban Living Labs: Opportunities in and for Planning", Concilio G., Rizzo F. (eds), *Human Smart Cities. Rethinking the Interplay between Design and Planning*, Springer International Publishing, Switzerland, pp. 21-40.
Davidoff P. (1965), "Advocacy and Pluralism in Planning", *Journal of the American Institute of Planners*, pp. 422-432.
Kaika M., Swyngedouw E. (2011), "The Urbanization of Nature: Great Pronises, Impasse and New Beginnings", Bridge G., Watson S. (Eds.), *The New Blackwell Companion to the City*, Chichester, Wiley-Blackwell, pp. 96-107.
Lefebvre H. (1968), *Le Droit à la ville*, Espace et politique, Paris.
Martinez-Alier J. (2002), *The Environmentalism of the Poor: A Study of Ecological Conflicts and Valuation*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
Pulido L. (1996), *Environmentalism and Economic Justice: Two Chicano Struggles in the Southwest*, University of Arizona Press, Tucson.
Secchi B. (2013), *La città dei ricchi e la città dei poveri*, La terza, Roma - Bari.
The NYC Department of Environmental Protection (2008), *Climate Change Program, Assessment and Action Plan, Report 1* (http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/climate/climate_complete.pdf, consultato a settembre 2017).
Wang X., Palazzo D., Carper M. (2016), "Ecological wisdom as an emerging field of scholarly inquiry in urban planning and design", *Landscape and Urban Planning*, n. 155, pp 100-107.

Iconographic references

Le fotografie che accompagnano questo testo, gentilmente concesse dal fotografo Gianni Fiorito, sono pubblicate in *Terra buona. Ponticelli, il paesaggio e la memoria*, 44 Edizioni, Napoli.

2. *Included among actions planned by the Climate Change Program Assessment and Action Plan issued in 2008 by the New York City Department of Environmental Protection, the meaning of the Rebuild by Design government initiative is summarized as follows on the dedicated website: "Rebuild's core belief is that through collaboration our communities can grow stronger and better prepared to stand up to whatever challenges tomorrow brings" (see: www.rebuildbydesign.org - Who we are).*
3. *The title paraphrases the more popular "Architectural Clinics": research-action networks in support of local communities that were introduced by radical planners at US colleges in the 1960s, launching - thanks to the work done by Paul Davidoff (1965) - the Advocacy Planning approach.*

Valutazioni multicriteriali interscalari: approcci e strumenti per processi decisionali adattivi

Maria Cerreta, Giuliano Poli, Roberta Mele

Cross-scale multicriteria assessments: approaches and tools for adaptive decision-making processes

The assessment of urban vulnerability, and proposed strategies to mitigate the impacts of climate change is an open challenge in decision-making processes, in which cities play a fundamental role. In particular, in complex decision-making problems, the spatial evaluation of homogeneous classes of vulnerabilities can become a useful support to translate the value of the vulnerability in priorities for intervention and, therefore, make it possible to select appropriate preferable alternatives.
On the other hand, the vulnerability is a complex phenomenon which requires significant and effective indicators able to allow a proper assessment in both quantitative and qualitative terms.
In order to limit the effects of climate change according to a sustainable and equitable perspective, an effective decision-making process have to use a variety of analytical approaches for the assessment of risks and expected benefits, recognizing the importance of taking into account different and concomitant components, its governance processes, the economic benefit, the analysis the different social perceptions and their value judgments of risk and uncertainty.
Indeed, the effects of climate change impact on natural systems and human ones too, generating both a sensitivity variation of the level of exposure and response capability (IPCC, 2014).
In 2012 the European Environment Agency (EEA) has produced a particularly significant report which contains historical information and forecasts on climate change with attention to its impact on European countries, using a selection of relevant indicators.
The EEA has also structured a vulnerability assessment of society, human health and ecosystems in Europe, identifying the regions of Europe most at risk because of climate change. It has been shown that, in recent decades, the Mediterranean region has been subject to environmental, social and significant negative impacts due to increased temperature, identifying important phenomena that are believed will get worse if the climate will continue to change.
The main impacts will mainly concern the reduction of water availability, increasing the risks of drought, forest fires and heat waves (Füssel and Jol, 2012).
As part of the Metropolis project, starting from the definitions of vulnerability proposed over the past two Evaluation Reports (AR4 and AR5) prepared by "Intergovernmental Panel on Climate Change" (IPCC) (IPCC, 2007; Bernstein and Canziani, 2007), a spatial multicriteria approach, careful to the processes of inter-scalability that characterize the impacts of the phenomenon, was structured.
Despite the rich literature on the vulnerability indicators, the assimilation of the concept of vulnerability in the structuring of decision problems has been the subject of a few recent studies (Chung and Lee, 2009; Jun et al., 2013; Lee et al., 2013), which, in some cases, used multi-criteria methods for assessing the vulnerability of a territory, integrating different models and approaches (Kim and Chung, 2013; Kubal et al., 2009).
Starting from the more recent contributions in literature, it is possible to highlight that the multi-criteria approach to vulnerability assessment identifies some open questions:
- the degree of uncertainty that characterizes many of the proposed models is often linked to the different interpretations of the concept of vulnerability, but also the manner in which it is analyzed the adaptive capacity of the systems and the choice of the used indicators (Hinkel, 2011; Adger, 2006);
- the vulnerability assessment due to climate change calls for the selection of appropriate approaches and tools at different spatial scales, recognizing a crucial role to the cross-scale evaluation processes (Moss et al., 2001; O'Brien et al., 2004);
- the use of composite indicators, which derive from the combination of simple indicators, spatially representable, constitutes a major component of the decision-making process for both the construction of the cognitive framework that for the evaluation of the impacts (Adger, 2006).
Among the various multidimensional approaches in the literature, the method of multi-criteria and multi-group analysis Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) (Hwang and Yoon, 1981) proves particularly suitable when analyzing complex decision-making contexts, where the level of information concerning the performance to be evaluated presents considerable degree of uncertainty, and it is needed structuring an adaptive and flexible decision-making process.
The TOPSIS is particularly effective above all in cases where it intends to assess the vulnerability of a complex system through interaction and involvement of stakeholders, experts and local communities to explain the preferences of each of them in relation to the selected criteria.
The article, in next paragraph, identifies the structure of the evaluation process organized for East Naples, explaining the components of the cognitive model and of the valuation model; while, in last paragraph, we analyze the results and are reported some concluding reflections.

La valutazione della vulnerabilità urbana, e le proposte di strategie volte a mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici, è una sfida aperta nei processi di *decision-making*, in cui le città assumono un ruolo fondamentale. In particolare, nei problemi decisionali complessi, la valutazione spaziale di classi omogenee di vulnerabilità può diventare un supporto utile per tradurre il valore della vulnerabilità in priorità di intervento e, quindi, consentire di selezionare opportune alternative preferibili.
D'altro canto, la vulnerabilità è un fenomeno complesso che richiede indicatori significativi ed efficaci in grado di consentire una valutazione adeguata sia in termini quantitativi che qualitativi. Per limitare gli effetti dei cambiamenti climatici in una prospettiva sostenibile ed equa, un processo decisionale efficace deve avvalersi di una vasta gamma di approcci analitici per la valutazione dei rischi e dei benefici attesi, riconoscendo l'importanza di tener conto di componenti differenti e concomitanti, proprie dei processi di governance, delle valutazioni di convenienza economica, delle analisi delle diverse percezioni sociali e dei relativi giudizi di valore, delle condizioni di rischio e di incertezza. Infatti, gli effetti dei cambiamenti climatici impattano non soltanto sui sistemi naturali ma anche su quelli umani, generando su entrambi una variazione della sensibilità, del livello di esposizione e della capacità di risposta (IPCC, 2014).
Nel 2012 l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) ha stilato un report particolarmente significativo che riporta informazioni storiche e previsioni sul cambiamento climatico con attenzione ai relativi impatti sui paesi europei, avvalendosi di una selezione di indicatori rilevanti. L'EEA, inoltre, ha strutturato una valutazione della vulnerabilità della società, della salute umana e degli ecosistemi in Europa, individuando le regioni d'Europa maggiormente a rischio a causa dei cambiamenti climatici. È stato evidenziato come, negli ultimi decenni, la regione mediterranea sia stata oggetto di impatti ambientali, sociali ed economici significativi dovuti all'aumento della temperatura, individuando importanti fenomeni che si ritiene potranno peggiorare se il clima continuerà a cambiare. I principali impatti riguarderanno soprattutto la riduzione della disponibilità dell'acqua, aumentando i rischi di siccità, di incendi boschivi e di ondate di calore (Füssel e Jol, 2012).
Nell'ambito del progetto Metropolis, a partire dalle definizioni di vulnerabilità proposte negli ultimi due Rapporti di Valutazione (AR4 e AR5) redatti da Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (IPCC, 2007; Bernstein e Canziani, 2007), è stato strutturato un approccio multicriteriale spaziale attento ai processi di inter-scalarità che caratterizzano gli impatti del fenomeno.
Nonostante la ricca letteratura relativa agli indicatori di vulnerabilità, l'integrazione del concetto di vulnerabilità nella strutturazione dei problemi decisionali è stata oggetto di pochi studi recenti (Chung e Lee, 2009; Jun et al., 2013; Lee et al., 2013), che, in alcuni casi, si sono avvalsi di metodi multicriteriali per la valutazione della vulnerabilità di un territorio, integrando modelli e approcci differenti (Kim e Chung, 2013; Kubal et al., 2009).
A partire dai più recenti contributi presenti in letteratura, è possibile evidenziare che gli approcci multicriteriali alla valutazione della vulnerabilità individuino alcune questioni aperte:

- il grado di incertezza che connota molti dei modelli proposti è spesso legato alle diverse interpretazioni del concetto di vulnerabilità, ma anche alle modalità con cui viene analizzata la capacità adattiva dei sistemi e alla scelta degli indicatori utilizzati (Hinkel, 2011; Adger, 2006);
- la valutazione della vulnerabilità dovuta ai cambiamenti climatici richiede la selezione di approcci e strumenti opportuni alle differenti scale spaziali, riconoscendo un ruolo cruciale ai processi di valutazione interscalari (Moss et al., 2001; O'Brien et al., 2004);
- l'utilizzo di indicatori compositi, che derivano dalla combinazione di indicatori semplici, spazialmente rappresentabili, costituisce una componente rilevante del processo decisionale sia per la costruzione del quadro conoscitivo che per la valutazione degli impatti (Adger, 2006).

Tra i diversi approcci multidimensionali presenti in letteratura, il metodo di analisi multicriterio e multigruppo Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) (Hwang e Yoon, 1981) si rivela particolarmente adatto quando si analizzano contesti decisionali complessi, in cui il livello di informazione relativo alle *performance* da valutare presenta notevoli gradi di incertezza e diventa necessario strutturare un processo decisionale adattivo e flessibile.
Il TOPSIS risulta particolarmente efficace soprattutto nei casi in cui si intenda valutare la vulnerabilità di un sistema complesso attraverso l'interazione e il coinvolgimento di *stakeholder*, esperti e comunità locali per esplicitare le preferenze di ciascuno rispetto ai criteri selezionati.
Il contributo, nel paragrafo che segue, individua la struttura del processo valutativo articolato per Napoli est, esplicitando le componenti del modello conoscitivo e del modello valutativo; mentre, nell'ultimo paragrafo, si analizzano i risultati e si riportano alcune riflessioni conclusive.

Un approccio multicriteriale interscalare per Napoli est

Nell'intento di individuare opportune linee guida in grado di supportare la selezione di possibili strategie e di azioni di intervento, si propone l'articolazione di un Sistema

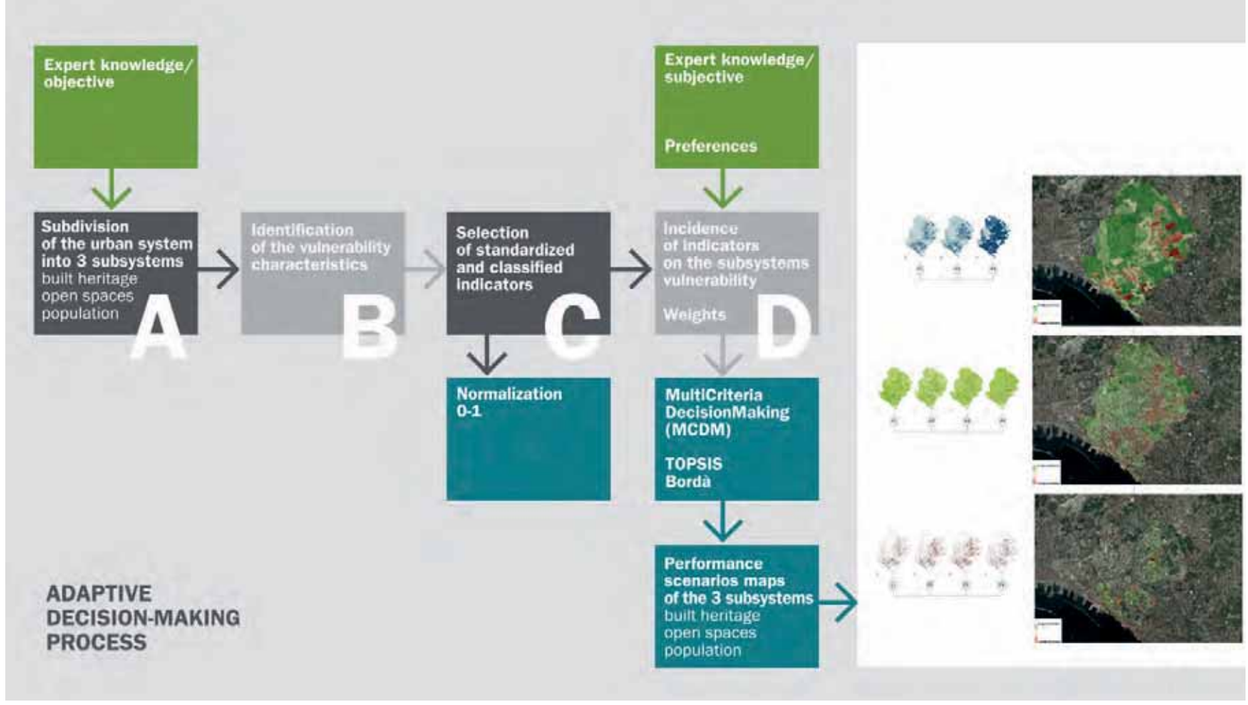
Decision Support System (SDSS) that is able to guide the selection of actions aimed at mitigating risk and vulnerability according to a cross-scale approach, taking into account the territorial and the urban dimensions.
On the basis of the vulnerability model of the physical and social systems to Heat wave, a framework of spatial and multi-criteria assessment has been elaborated in order to be complementary to the hierarchical model for vulnerability assessment, and useful in building performance scenarios in the study area of East Naples.
The methodology structured for the research consists of two main models:
- the cognitive model, that integrates the information, the data and the set of vulnerability indicators which has been produced by other units of the research groups and aimed at understanding the physical system, which is divided into housing and open spaces, and the social system, which is represented by the population;
- the evaluation model, that allows defining performance scenarios of the three subsystems which have been identified by means of the integration of the TOPSIS method used in GIS environment.
The methodological steps of the proposed framework follow hierarchies and procedures of the vulnerability assessment model, generating three sub-systems maps that are complementary to the vulnerability maps.
The introduction of the subjective/expert component, which provides for the involvement of internal research team decisional agents and has been addressed to the acquisition of individual and global weights of vulnerability indicators for Heat wave phenomenon, allows to integrate results which have been obtained through the objective mathematical procedures with those required multi-criteria techniques, opening up the field of investigation to more inclusive approaches to uncertainty and conflicts arising from different scientific expertise (Swart et al., 2012).
The opportunity to use a spatial assessment for the selected area, through a Spatial Decision Support System (SDSS) becomes useful to verify the significance of an integrated and cross-scale assessment model, which uses a multidimensional knowledge in the selection of suitable indicators.

The study area
The study area is within the administrative boundaries of the 6 Municipality of Naples, which includes the neighbourhoods of Barra, San Giovanni a Teduccio and Ponticelli, and extends for about 19.4 km² on a mainly flat territory.
In 2011, in the 6 Municipality, there were 114,544 residents, which constituted about 11.8% of total residents in the city of Naples, with a population density of about 5,876 ab./sqkm, also recording a decrease of 4,000 employees compared to Istat Census 2001. The annual average maximum temperature respect to 2016 is around 20.5°, while the minimum is 10.5°. According to Eurometeo data, the average level of annual rainfall for the same reference year is about 83.9 mm.

Spaziale di Supporto alla Decisione (SDSS) in grado di guidare la selezione di azioni orientate alla mitigazione del rischio e della vulnerabilità secondo un approccio interscalare, che tenga conto sia della dimensione territoriale che di quella urbana.
A partire dal modello di vulnerabilità del sistema fisico e sociale all'ondata di calore, si costruisce un *framework* di valutazione spaziale e multicriteriale che sia complementare al modello gerarchico per la valutazione della vulnerabilità e utile alla costruzione di scenari di performance nell'area studio di Napoli est.
La metodologia strutturata per la ricerca consta di due modelli principali:
- il modello conoscitivo, che integra le informazioni, i dati e il set di indicatori di vulnerabilità prodotti dalle altre unità di ricerca e indirizzati alla comprensione del sistema fisico, suddiviso in patrimonio edilizio e spazi aperti, e del sistema sociale, rappresentato dalla popolazione;
- il modello valutativo, che consente di definire gli scenari di performance dei tre sottosistemi individuati mediante l'integrazione del metodo TOPSIS utilizzato in ambiente GIS.

Gli step metodologici del *framework* proposto seguono le gerarchie e le procedure del modello di valutazione della vulnerabilità, generando tre mappe dei sotto-sistemi che sono complementari alle mappe di vulnerabilità.
L'introduzione della componente soggettiva/esperta, che deriva dal coinvolgimento di agenti decisionali interni alla ricerca e che è stata indirizzata all'acquisizione dei pesi individuali e globali degli indicatori di vulnerabilità per il fenomeno "Ondata di calore", consente di integrare i risultati ottenuti attraverso le procedure matematiche oggettive con quelli che si avvalgono di tecniche multicriterio, aprendo il campo di indagine ad approcci più inclusivi del grado di incertezza e dei conflitti di attribuzione che derivano da competenze scientifiche differenti (Swart et al., 2012).
L'opportunità di avvalersi di una valutazione spaziale per l'area di indagine selezionata, attraverso l'utilizzo di un Sistema Spaziale di Supporto alla Decisione (SDSS), diventa utile per verificare la significatività di un modello valutativo integrato e interscalare, che si avvale di una conoscenza multidimensionale per la selezione di opportuni indicatori.

L'area di studio
L'area di indagine rientra nei confini amministrativi della Municipalità 6 di Napoli, che comprende i quartieri di Barra, San Giovanni a Teduccio e Ponticelli, e si estende per circa 19,4 Kmq su un territorio prevalentemente pianeggiante. Al 2011, nella Municipalità 6 si attestavano 114.544 residenti, che costituivano circa l'11,8% dei residenti totali del Comune di Napoli, con una densità abitativa di circa 5876 ab./Kmq, registrando anche un decremento di circa 4.000 unità rispetto al Censimento Istat 2001. La temperatura annuale media massima rispetto all'anno 2016 si attesta intorno ai 20.5°, mentre la minima è di 10.5°. Secondo i dati Eurometeo, il livello medio di precipitazioni annuali per lo stesso anno di riferimento è di circa 83,9 mm.



L'Osservatorio Meteorologico dell'Università di Napoli Federico II mostra che il maggiore aumento di temperatura nella città di Napoli avviene nei mesi di maggio e di settembre per le minime, e nei mesi di giugno e di agosto per le massime, indicando che le temperature minime di maggio e di settembre tendono a quelle di giugno e di agosto, mentre le temperature massime di giugno tendono a quelle di luglio e agosto. Ne consegue che la durata dell'estate a Napoli sta effettivamente aumentando a discapito delle stagioni equinoziali.
L'area di indagine rientra parzialmente in "zona rossa", secondo la nuova perimetrazione del Piano Nazionale di Emergenza per il Vesuvio, redatto dalla Protezione Civile nel febbraio 2014, ed è classificata con un livello medio-alto (zona 2) per il rischio sismico.
La scelta dell'area di analisi è stata determinata sulla base del livello di copertura delle informazioni, a scale differenti, predisposte e fornite dalle altre unità di ricerca.

Processo metodologico del SDSS per Napoli est / *Methodological framework for the SDSS East Naples.*

The Meteorological Observatory of the University of Naples Federico II shows that the greatest increase in temperature in the city of Naples takes place in the months of May and September to the minimum, and the months of June and August for the maximum, indicating that temperatures minimum of May and September tend to those of June and August, while maximum temperatures of June tend to those of July and August. It follows that the duration of summer in Naples is actually increasing at the expense of the equinoctial seasons.
The area of investigation falls partly in the "red zone", according to the new perimeter of the National Emergency Plan for Vesuvius, drawn up by the Civil Protection in February 2014, and it is classified with a medium-high level (zone 2) for the seismic risk. Locating an analysis it was determined on the basis of the information coverage, at different scales, prepared and provided by the other research group units.

The cognitive model
The cognitive model consists of four phases, as follows:
- organizing the criteria for the assessment of vulnerability to the phenomenon Heat wave;
- acquiring the quantitative/qualitative data at different scales, available for each category of criteria and provided by

Il modello conoscitivo

Il modello conoscitivo consta di quattro fasi, di seguito elencate:
- organizzazione dei criteri per la valutazione della vulnerabilità al fenomeno ondata di calore;
- acquisizione dei dati quantitativi/qualitativi a scale differenti, disponibili per ciascuna categoria di criteri e forniti dalle diverse unità di ricerca;
- elaborazione dei dati raccolti per la costruzione di indicatori spaziali rappresentativi dei criteri selezionati.

L'implementazione della banca dati ha richiesto un'operazione propedeutica orientata alla riorganizzazione degli indicatori. Avvalendosi di una struttura gerarchica coerente con quella predisposta dalle unità di ricerca, sono stati introdotti alcuni parametri necessari per implementare il modello di valutazione come, ad esempio: il trend dell'indicatore, l'unità di misura, la copertura territoriale, la fonte, l'anno di riferimento e il peso globale che sarà attribuito dagli esperti rispetto all'obiettivo in esame in fase valutativa tramite l'utilizzo del metodo di Bordà associato al TOPSIS (Shih et al., 2007).
Gli indicatori spaziali sono stati acquisiti dal dataset del progetto Metropolis, proponendo l'aggiunta di un indicatore rappresentativo della densità abitativa.
La tabella mostra la classificazione degli indicatori, individuando per ciascuno di essi:
- sistema di vulnerabilità;
- sottosistema (patrimonio edilizio, spazi aperti e popolazione);
- denominazione;
- direzione di preferenza (massimizzazione o minimizzazione);
- unità di misura;
- peso (acquisito sottoponendo i questionari agli esperti).

Tabella degli indicatori per il fenomeno dell'ondata di calore / *Table of indicators for the heat wave phenomenon.*

VULNERABILITY SYSTEM	SUBSYSTEM	CODE	INDICATOR	DIRECTION OF PREFERENCE	UNIT OF MEASURE	GLOBAL WEIGHT
Physical	Built heritage	E1	Phase shift period	max	hour	0.36
		E2	Attenuation factor	min	number	0.33
		E3	Hillshade housing	min	number	0.25
		E4	Volume	min	number	0.06
	Open spaces	A1	Average Vegetation Index (NDVI)	max	number	0.23
		A2	Average Sky view factor (SVF)	max	number	0.26
		A3	Average albedo	max	number	0.26
		A4	Open spaces hillshade	min	number	0.26
Social	Population	P1	Population density	min	ab / sq km	0.22
		P2	Density of vulnerable groups	min	ab / sq km	0.61
		P3	Fuel poverty	min	number	0.17

La base conoscitiva è stata elaborata avvalendosi della mappa degli usi del suolo Urban Atlas (EEA) in scala 1:10000 e della Carta Tecnica Regionale (CTR) della Campania in scala 1:5000.

Il modello valutativo

Il modello valutativo consta delle fasi operative, di seguito elencate:
- strutturazione del problema decisionale attraverso l'applicazione del metodo di valutazione multicriterio Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), implementato in ambiente GIS;
- acquisizione dei pesi individuali e globali di ciascun indicatore attraverso il coinvolgimento di un panel di esperti e la somministrazione di un questionario di valutazione;
- elaborazione di mappe di vulnerabilità multicriterio del sistema fisico e sociale mediante l'individuazione di scenari di performance.

L'elaborazione di una valutazione spaziale multicriterio necessita di operazioni di omogeneizzazione dei dati complessi esplicitati da differenti unità di misura, caratteristiche e coperture territoriali.
Il metodo TOPSIS utilizza una logica moltiplicativa basata sulla media geometrica dei valori, e per questo motivo riduce il grado di compensazione tra gli indicatori che presentano valori molto bassi e quelli che sono invece caratterizzati da valori molto alti. La bassa compensazione/sostituzione tra indicatori è, infatti, una delle peculiarità rilevanti di questo metodo, efficace negli studi sulla vulnerabilità in cui ciascun parametro selezionato contribuisce in modo autonomo alla determinazione dei risultati finali.
Il metodo TOPSIS si basa sul concetto che la soluzione ideale positiva (PIS - *Positive Ideal Solution*) rappresenta i valori di performance migliori per tutti gli attributi, mentre la soluzione ideale negativa (NIS - *Negative Ideal Solution*) rappresenta l'alternativa con i valori di attributo peggiori. Una soluzione TOPSIS è definita, quindi, come l'alternativa che è simultaneamente più lontana da NIS e più vicina a PIS. Infine, la vicinanza relativa (RC - *Relative Closeness*), calcolata rispetto alle distanze PIS e NIS, determina il grado di preferenza per le alternative in esame (Chu, 2002).
La formulazione matematica alla base del TOPSIS prevede che i valori normalizzati pesati degli indicatori siano determinati dal prodotto del valore di *performance* normalizzato per il peso dell'indicatore. In tal senso, diventa essenziale nella fase di organizzazione delle informazioni definire la direzione di preferenza degli indicatori, al fine di rendere possibili operazioni di massimizzazione e minimizzazione dei valori normalizzati a seconda dell'obiettivo prefissato.
Il metodo TOPSIS, in tal senso, implementa il livello di accuratezza dell'informazione nel momento in cui si considerano le preferenze degli esperti nell'attribuzione dei pesi per ciascun indicatore di vulnerabilità. In letteratura si individuano vari metodi per l'aggregazione dei pesi in ambiente decisionale multistakeholder (Shih et al., 2007).

different research group units;
- processing data which have been collected for the construction of spatial indicators representative of the selected criteria.
The implementation of the database has requested a preliminary oriented reorganization of the indicators. Using a hierarchical structure that is coherent with the one prepared by the other research group units, some parameters needed to implement the evaluation model have been introduced; i.e.: the indicator trends, the unit of measurement, the coverage, the source, the reference year and the overall weight that will be assigned by the experts in relation to the objective in the evaluation phase, through the use of the Bordà method associated with the TOPSIS (Shih et al., 2007).
Spatial indicators were selected by the Metropolis project dataset, proposing the addition of an indicator expression of population density.
The table shows the classification of the indicators, identifying for each of them:
- system of vulnerability;
- sub-system (built heritage, open space and population);
- name;
- direction of preference (maximisation or minimisation);
- unit of measure;
- weight (acquired through experts surveys).
The knowledge base has been elaborated using the map of land use of Urban Atlas (EEA) in scale 1:10000 and the Campania Regional Technical Map (CTR) at 1:5000.

The evaluation model
The evaluation model consists of the following operational phases:
- structuring the decision problem through the application of multi-criteria evaluation method of Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), implemented in GIS;
- acquisition of individual and total weights of each indicator through the involvement of a panel of experts and the administration of an evaluation questionnaire;
- development of multi-criteria vulnerability maps of the physical and social system by identifying performance scenarios.
The elaboration of a spatial multi-criteria evaluation requires homogenization operations of the complex data identified by different units of measurement, characteristics and territorial coverage.
The TOPSIS method uses a multiplicative logic based on the geometric mean of the values, and for this reason, it reduces the degree of compensation between the indicators which show very low values and those that are instead characterized by very high values.
The low compensation/substitution between indicators is, in fact, one of the major peculiarities of this method, effective in studies on vulnerability where each selected parameter contributes independently to the determination of the final results.

The TOPSIS method is based on the concept that the positive ideal solution (PIS - Positive Ideal Solution) is the expression of the best performance values for all attributes, while the negative ideal solution (NIS - Negative Ideal Solution) is the alternative with the worst values for the attribute.
A TOPSIS solution is defined, therefore, as the alternative that is simultaneously farthest from NIS and closer to PIS. Finally, the relative proximity (RC - Relative Closeness), calculated with respect to the PIS and NIS distances, determines the degree of preference for the identified alternatives (Chu, 2002).
The mathematical formulation of the TOPSIS expects that the weighted normalized values of the indicators are determined by the product of the normalized performance value for the indicator weight. In this sense, it becomes essential in the phase of the organization of the information defining the preferred direction of the indicators, in order to make possible operations of maximization and minimization of normalized values depending on the objective.
The TOPSIS method, in this sense, implements the level of accuracy of information at a time when it is possible to consider the experts' preferences in the attribution of weights for each vulnerability indicator. In the literature, various methods are identified for the aggregation of weights in multi-stakeholder decision-making environment (Shih et al., 2007).
The Bordà ranking technique of preferences, for example, allows to obtain in an immediate way the preferences of the individual experts and aggregate them into a final global weight for each indicator, through a process of values standardization. The Bordà method is a technique that allows each decision-maker to classify a set of alternatives by assigning an order of preference to each of them (Saari, 1990). Therefore, in a vote with "m" alternatives is assigned a score of "m-1" to the alternative that has been considered the most favourable, to the second alternative a score of "m-2" and so on until the last alternative, which will a score of zero. Scores that each decision-maker assigns to each alternative are summed, and this sum is ordered on the basis of the collective decision of the experts (Kim and Chung, 2013).
In particular, the processing of spatial multi-criteria evaluation has beenperformed with ArcGIS 10.1 software, through operations of homogenization of the complex data which have been identified by different units of measure, spatial features and territorial ambits. The choice of a minimum unit of evaluation becomes preliminary to the spatial analysis operations that combine heterogeneous data available in order to test the model on the investigated territory. The minimum unit of analysis used in this case refers to the CTR in scale 1: 5000.
The output of the spatial vulnerability assessment model has produced a map of the homogeneous areas of vulnerability, the result of a multi-criteria approach that aggregates the criteria for the three analyzed systems (built heritage, open space and population) and highlighting how individual preferences can influence the evolution of the decision-making process.

La tecnica del *ranking* delle preferenze di Bordà, per esempio, consente di ottenere in modo immediato le preferenze dei singoli esperti e di aggregarle in un peso globale finale per ciascun indicatore, attraverso un processo di standardizzazione dei valori. Il metodo di Bordà è una tecnica che consente a ciascun decisore di classificare un set di alternative assegnando un ordine di preferenza a ciascuna di esse (Saari, 1990).
Quindi, in una votazione con "m" alternative viene assegnato un punteggio pari a "m-1" alla alternativa che è stata considerata la più favorevole, alla seconda alternativa un punteggio pari a "m-2" e così via fino all'ultima alternativa, che avrà un punteggio pari a zero. I punteggi che ciascun decisore assegna ad ogni alternativa vengono sommati, e tale somma viene ordinata sulla base della decisione collettiva degli esperti (Kim e Chung, 2013). In particolare l'elaborazione della valutazione spaziale multicriterio è stata condotta all'interno del software ArcGis 10.1, attraverso operazioni di omogeneizzazione dei dati complessi esplicitati da unità di misura, caratteristiche e coperture territoriali differenti. La scelta di un'unità minima di valutazione diventa propedeutica alle operazioni di analisi spaziale che combinano i dati eterogenei disponibili al fine di testare il modello sul territorio oggetto di indagine. L'unità minima di analisi utilizzata in questo caso fa riferimento alla CTR in scala 1:5000.
L'*output* del modello di valutazione spaziale della vulnerabilità ha prodotto una mappa delle aree omogenee di vulnerabilità, risultato di un approccio multicriteriale che aggrega i criteri riferiti ai tre sistemi analizzati (patrimonio edilizio, spazi aperti e popolazione) ed evidenziando come le preferenze individuali possano influenzare l'evoluzione del processo decisionale.

Risultati e conclusioni

Le carte degli scenari di vulnerabilità ottenute come risultato dell'analisi multicriterio e multigruppo consentono di visualizzare i valori di *performance* dei criteri spaziali, riferiti al sistema fisico e a quello sociale. L'analisi del sistema fisico è stata esplicitata nelle due mappe del patrimonio edilizio e degli spazi aperti; quella del sistema sociale include la mappa della vulnerabilità della popolazione.
La mappa della vulnerabilità del patrimonio edilizio aggrega i valori di *performance* relativi a: periodo di sfasamento (E1), fattore di attenuazione (E2), *hillshade* involucro (E3) e volume (E4). Si riscontrano valori di *performance* positivi diffusi su gran parte dell'area di studio. La mappa della vulnerabilità degli spazi aperti aggrega le informazioni relative a: indice di vegetazione (NDVI) medio (A1), *Sky View Factor* (SVF) medio (A2), albedo medio (A3), *hillshade* spazi aperti (A4). In questo caso, le *performance* peggiori si rilevano in prossimità dei tessuti urbani più densi. La densità abitativa (P1), densità delle fasce deboli (P2) e *fuel poverty* (P3) sono, infine, gli indicatori che misurano lo stato di vulnerabilità della popolazione.
La mappa permette di individuare le zone più vulnerabili in cui è concentrato un numero elevato di categorie di abitanti a rischio. Inoltre, la mappa definisce un *patchwork* di criticità diffuso sui tre quartieri che compongono l'area di indagine. Si può evidenziare come l'approccio strutturato individui un sistema di supporto alle decisione adattivo e ibrido, utile per bilanciare i conflitti che possono emergere nell'attribuzione dei pesi da parte degli esperti, e giungere alla individuazione di pesi globali espressione di una negoziazione.
In tal senso, le valutazioni multigruppo, nell'ambito dei sistemi spaziali di supporto alla decisione, costituiscono uno strumento aperto, di verifica della significatività degli indicatori selezionati e di elaborazione trasparente delle preferenze, che può essere opportunamente integrato alle procedure oggettive esperte, per strutturare processi decisionali multiattoriali inclusivi.

References

Adger W.N. (2006), "Vulnerability", *Global environmental change*, 16(3): 268-281.
Bernstein L.B.P., Canziani O. (2007), *Intergovernmental panel on climate change*, Fourth assessment report, Climate change 2007, Synthesis Report.
Chu T.C. (2002), "Facility location selection using fuzzy TOPSIS under group decisions", *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, 10(06): 687-701.
Chung E.S., Lee K.S. (2009), "Identification of spatial ranking of hydrological vulnerability using multi-criteria decision making techniques: case study of Korea", *Water resources management*, 23(12): 2395-2416.
Füssel H.M., Jol A. (2012), "Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report", *European Environment Agency (EEA) Report*, 12, EEA, Copenhagen, Denmark.
Hinkel J. (2011), "Indicators of vulnerability and adaptive capacity: towards a clarification of the science-policy interface", *Global Environmental Change*, 21(1): 198-208.
Hwang C.L., Yoon K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, Springer. Berlin Heidelberg.
IPCC (2007), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson, (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, UK.
IPCC (2014), *Climate Change 2014: Synthesis Report*, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
Jun K.S., Chung E.S., Kim Y.G., Kim Y. (2013), "A fuzzy multi-criteria approach to flood risk vulnerability in South Korea by considering climate change impacts", *Expert Systems with Applications*, 40(4): 1003-1013.
Kim Y., Chung E. S. (2013), "Assessing climate change vulnerability with group multi-criteria decision making approaches", *Climatic change*, 121(2): 301-315.
Kubal C., Haase D., Meyer V., Scheuer S. (2009), "Integrated urban flood risk assessment-adapting a multicriteria approach to a city", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(6): 1881-1895.
Lee G., Jun K.S., Chung E.S. (2013), "Integrated multi-criteria flood vulnerability approach using fuzzy TOPSIS and Delphi technique", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(5): 1293-1312.
Moss R.H., Brenkert A.L., & Malone E.L. (2001), *Vulnerability to climate change: a quantitative approach*, Pacific Northwest National Laboratory (PNNL-SA-33642). Prepared for the US Department of Energy, 155-167.
O'Brien K. et al. (2004), "Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India", *Global environmental change*, 14(4): 303-313.
Saari D.G. (1990), *The borda dictionary. Social Choice and Welfare*, 7(4): 279-317.
Shih H.S., Shyur H.J., Lee E.S. (2007), "An extension of TOPSIS for group decision making", *Mathematical and Computer Modelling*, 45(7): 801-813.
Swart R., Fons J., Geertsema W., van Hove B., Gregor M., Havranek M., Peltonen L. (2012), *Urban Vulnerability Indicators: A Joint Report of ETC-CCA and ETC-SIA*, Copenhagen: ETC-CCA and ETC-SIA Technical Report, 1, 2012.

Results and conclusions

The maps of vulnerability scenarios, which have been obtained as a result of the multi-criteria and multi-group analysis, allow visualizing the performance values of the spatial criteria, related to the physical system and the social system. The analysis of the physical system has been made explicit in the two maps of the built heritage and open spaces; that of the social system includes the map of the vulnerability of the population.
The map of the vulnerability of the built heritage aggregates the performance values for: phase shift period (E1), attenuation factor (E2), building hillshade (E3) and volume (E4). Values of positive performance are identified in most of the study area.
The map of the vulnerability of open spaces aggregates information related to: average vegetation index (NDVI) (A1), average Sky View Factor (SVF) (A2), average albedo (A3), open spaces hillshade (A4). In this case, the worst performances are detected in the proximity of the most dense urban context.
The population density (P1), density of vulnerable groups (P2) and fuel poverty (P3) are, finally, the indicators that measure the state of vulnerability of the population. The map allows to identify the most vulnerable areas in which a large number of the at-risk population is concentrated. Furthermore, the map defines a critical patchwork spread over the three districts that make up the area of investigation. It is possible to highlight how the structured approach identifies an adaptive and hybrid decision support system, useful to balance the conflicts that may arise in the allocation of weights from the experts, and come to the identification of global weights expression of a negotiation.
In this sense, the multigroup evaluations, within the spatial decision support systems, constitute an open tool for verification of the significance of the selected indicators and of transparent processing of preferences, which can be appropriately assimilated to the expert objective procedures, in order to structure inclusive multi-stakeholder decision-making processes.

Strumenti digitali per il controllo ambientale del progetto adattivo

Enza Tersigni

Digital tools for the environmental control of the adaptive project

The theme of urban regeneration, re-proposed from an environmental and socio-economic point of view by European Union policies for 2020, 2030 and 2050, led at the center of research and experimentation in recent years the theme of environmental planning referred to the development of resilient urban systems. This objective is based on a multidisciplinary and multiscalar approach, capable of managing the complex relational system that involves available resources - financial, human, environmental, materials and energy - as well as their rational and efficient use (Losasso, 2015). In the development of adaptive design solutions - both in knowledge phase and in design phase - it is fundamental an in-depth understanding of the complex buildings-open spaces system and its response to future adaptation scenarios, evaluating different technical-design alternatives for the urban system resilience to the effects of climate change.

Therefore, new levels of governance are required to face the complexity of contemporary urban planning process, capable of managing forecasting and control activities with innovative tools that can interpret data that today cities communicate and simulative methods that can «generate an operative type of knowledge» (Argiolas et al., 2015). Information technologies, combined with the conventional technologies for the interventions on the built enivironment, are activating a rapid change in the production methods of the project and in the processes of urban governance, constituting a complex inter-operable system between intangible and material technologies. In particular, ICT (Information and Communication Technologies) constitute an interesting frontier linked to the simulation and modeling processes within the enabling technologies, which represent the main support of the digital challenge in the transformation and governance of the built environment.

In recent years the evolution of simulation methods at the urban scale has seen a clear leap forward compared to the first Large-Scale Urban Models (LSUMs) of the 60-70s. Lee in his 1973 article Requiem for large-scale models, with a cynical approach to large-scale simulation «which would have become extinct as dinosaurs rather than evolved» (Lee, 1973), highlighted the critical issues of those models through 'seven sins': hypercomprehensiveness, grossness, mechanicalness, expensiveness, hungriness, wrongheadedness and complicatedness. With the 1990s, a new phase of experimentation took place with the birth of Geographic Information Systems (GIS), new modeling techniques were explored, such as the discrete choice theory or the agent-based modelling. The visualizing potential of simulations is also evolving, making results more comprehensible and interpretable for a wider audience. Currently, in stark contrast to the predictions of Lee, the capabilities of predictive models for data collection, simulation of future scenarios and assess of the effectiveness of the measures put in place, have reached levels of reliability and increasingly advanced accessibility. While cities are experiencing more complex settlement systems - made of big data, sensors and distributed intelligence, the development of new ICT technologies opens to an epochal change in the study and design of settlement systems.

Il tema della rigenerazione urbana, riproposto in chiave ambientale e socioeconomica dalle politiche dell'Unione Europea per il 2020, 2030 e 2050, ha portato al centro delle ricerche e delle sperimentazioni degli ultimi anni il tema della progettazione ambientale riferita alla realizzazione di sistemi urbani resilienti. Tale obiettivo si fonda su un approccio multidisciplinare e multiscalare capace di gestire il complesso sistema relazionale che interessa le risorse disponibili - finanziarie, umane, ambientali, oltre che materiali ed energetiche - nonché il loro uso razionale ed efficiente (Losasso, 2015). Nell'elaborazione di soluzioni progettuali adattive - sia in fase di conoscenza che in fase progettuale - risulta fondamentale una comprensione del complesso sistema edifici-spazi aperti e della sua risposta a futuri scenari di adattamento, valutando le alternative tecnico-progettuali da adottare per incrementare la resilienza agli effetti dei cambiamenti climatici.

Si prefigurano quindi come necessari nuovi livelli di governo della complessità del processo progettuale urbano contemporaneo, capaci di gestire le attività di previsione e verifica con strumenti innovativi che interpretino i dati che oggi le città comunicano, e metodi simulativi per «generare una conoscenza di tipo operativo» (Argiolas et al., 2015). Le tecnologie informatiche, abbinate alle convenzionali tecnologie per la realizzazione degli interventi sul costruito, stanno attivando un repentino mutamento nelle modalità di produzione del progetto e nei processi di *governance* urbana, costituendo un articolato sistema interoperabile tra tecnologie immateriali e materiali. In particolare le ICT (*Information and Communication Technologies*) costituiscono una interessante frontiera legata ai processi di *simulation* e *modelling* all'interno delle tecnologie abilitanti, che rappresentano il principale supporto della sfida digitale nella trasformazione e nella *governance* dell'ambiente costruito.

L'evoluzione dei metodi simulativi alla scala urbana negli ultimi anni ha visto un netto salto in avanti rispetto ai primi Large-Scale Urban Models (LSUMs) degli anni 60-70. Lee nel suo articolo *Requiem for large-scale models* del 1973, con un approccio cinico alla simulazione su larga scala «la quale si sarebbe estinta come i dinosauri piuttosto che evoluta» (Lee, 1973), evidenziava le criticità di quei modelli attraverso 'sette peccati': ipercomprensività, genericità, famelicità, inesattezza, complessità, meccanicità e antieconomicità. Una intensa fase di sperimentazione negli anni 90 con lo sviluppo dei GIS, i *Geographic Information Systems*, ha implementato l'applicazione di nuove tecniche di modellazione, come la teoria delle scelte discrete o i modelli basati su agenti. Anche le potenzialità della visualizzazione delle simulazioni si sono evolute, rendendo i risultati maggiormente comprensibili e interpretabili. In netto contrasto con le previsioni di Lee, ad oggi le capacità dei modelli predittivi per la raccolta dati, la simulazione di scenari futuri e la valutazione dell'efficacia degli interventi hanno raggiunto livelli di affidabilità e accessibilità sempre più elevati. Se da un lato le città sperimentano sistemi insediativi più complessi - in cui i *big data*, la sensoristica e le intelligenze distribuite costituiscono le nuove componenti digitali - dall'altro lo sviluppo di innovative tecnologie ICT apre a cambiamenti strutturali nella progettazione dei sistemi insediativi e nei processi di *governance* urbana.

Strumenti ICT per misurare la vulnerabilità e verificare l'adattamento

L'approccio metodologico per la realizzazione di interventi di *adaptive design* in ambito urbano si basa su una valutazione della vulnerabilità del sistema edifici-spazi aperti e su una conseguente prefigurazione di ipotesi di *retrofit* tecnologico dell'ambiente costruito, da misurare e validare scientificamente in un'ottica multi-disciplinare e multi-scalare. Progettare interventi di adattamento significa dar luogo a processi dinamici, dall'articolazione flessibile, interconnessi, aperti a informazioni e verifiche, attraverso un sistema di scelte ragionate che possono essere inquadrate nel mutare delle condizioni contestuali.

In riferimento a tale contesto, nell'ultimo decennio sono stati sviluppati numerosi modelli e *tools*, sia riferiti alla simulazione di parametri specifici, che a un controllo integrato degli impatti. Seguendo un processo di *downscaling* - dal distretto, al quartiere, fino alla scala dell'edificio - gli strumenti digitali offrono supporti differenti nella modellazione e simulazione delle azioni di adattamento.

Alla scala del distretto è determinante l'individuazione delle aree urbane più colpite da eventi estremi, con proiezioni climatiche locali come informazioni preliminari di progetto. I *tools* maggiormente diffusi a tale scopo sono gli strumenti GIS attraverso i quali, elaborando dati storici desunti da stazioni metereologiche o provenienti da modelli climatici regionali (RCM), è possibile individuare gli *hotspot* di calore urbano e le possibili zone di inondazione. Anche gli strumenti di progettazione parametrica (Grasshopper con Ladybug e Dragonfly[1]) consentono di visualizzare e valutare dati climatici su larga scala a partire dai dati del National Climactic Data Center (NCDC) e da immagini termiche satellitari (es. Landsat). Il vantaggio dell'adozione di strumenti parametrici alla scala del distretto consiste nella possibilità per i progettisti di simulare e verificare in modo iterativo e in ambienti digitali *design-oriented* strategie metaprogettuali e soluzioni alternative che influiscono sul microclima urbano.

Alla scala del quartiere, gli strumenti ICT sono impiegati per l'analisi di fattori specifici quali: gli indici di *comfort outdoor*, i flussi d'aria, i tassi di infiltrazione e

ICT tools to measure vulnerability and verify adaptation

The methodological approach for the implementation of adaptive design interventions in urban areas is based on the assessment of the vulnerability of the buildings-open spaces system and on a consequent prefiguration of hypothesis of technological retrofit for the built environment, to be measured and scientifically validated with a multi-disciplinary and multi-scalar method. To design adaptation interventions means giving rise to dynamic processes, with a flexible and interconnected articulation, open to information and verification, through a system of coherent choices that can be framed in changing contextual conditions.

With reference to this context, in the last decade, numerous models and tools have been developed, both referring to the simulation of specific parameters, and to an integrated control of impacts. Following a downscaling process - from the district, to the neighborhood, up to the scale of the building - digital tools offer different supports in the modeling and simulation of adaptation actions.

At the district scale it is crucial to identify the urban areas most affected by extreme events, with local climate projections as preliminary project information. The most widespread tools for this purpose are GIS through which, elaborating historical data taken from weather stations or from regional climate models (RCM), it is possible to identify urban heat hotspots and possible flood zones. Parametric design tools (Grasshopper with Ladybug and Dragonfly[2]) can also be used to view and evaluate large-scale climatic data from the National Climactic Data Center database (NCDC) and satellite thermal images (eg. Landsat). The advantage of adopting parametric tools at the district scale consists in the possibility for designers to simulate and verify in an iterative way and in design-oriented digital environments, meta-strategies and alternative solutions that influence the urban microclimate.

At the neighborhood scale, ICT tools are used for the analysis of specific factors such as: outdoor comfort index, air flows, infiltration and surface runoff rates, the solar reflectance index

of the surfaces, the Sky View Factor, etc. Many tools are based on simplified models and allow to analyze the environmental response only on phenomena such as light or heat radiation (SOLWEIG[2], Ecotect[3]). Other tools allow an integrated control to the microclimatic scale, correlating heterogeneous factors such as the analysis of sunlight, the wind flow, the air quality and the level of pollutants, the emissions and leakage of volatile organic compounds emitted by vegetation, the simulation of greening solutions with an estimate of water consumption and its impact on ventilation, the impacts of buildings with respect to the choice of materials or the thermal capacity, the processes of heat and steam exchange for land and built-up areas, etc. (ENVI_MET[4]).
Building-scale control requires a more accurate level of detail and simulation for the definition of the most appropriate technical-design strategies and solutions to achieve NZEB objectives through the technological and energy retrofit of buildings. Tools that can be used on this scale allow the simulation and control of differentiated thermal zones, advanced HVAC systems, specific solutions for the glazing system - such as mobile screening systems, electrochromic glasses or controlled opening systems -, thermal and light comfort, CO_2 emissions, etc. (CitySim[5], ThermoRender[6], EnergyPlus[7]). This specific category of software is currently integrated or made interoperable with most popular BIM (Building Information Modelling) platforms, thereby making direct and iterative analysis at building the scale for designers, optimizing the resources-consumption-emissions balance and the indoor comfort conditions of the occupants.
In the wide range of software for the environmental control of the adaptive project, digital tools for designers' support are therefore several, diversified and in continuous development. However, there are some critical issues: a substantial confusion remains in the tools' offer, also due to the absence of an analytic overview; many of the tools developed are difficult to access and not very intuitive for designers, requiring in-depth knowledge in specialist fields (meteorology and climatology, hydrogeology, fluid dynamics, etc.); not all the tools developed are moving in the perspective of interoperability with software commonly used by designers (GIS, BIM, CAD). The most significant developments in this field tend to the integration, both of specific instruments within GIS environments (it is the case of the above-mentioned SOLWEIG tool), and of different models and tools for simulations of outdoor thermal comfort, of energy consumption at scale urban climate, mitigation of the effects of climate change, etc. in a single service tool (an example is the Urban Multi-scale Environmental Predictor UMEP[8], which is also accessible via GIS platform). ICT tools to measure vulnerability and verify the adaptation to the urban scale remains a new sector, in constant definition and updating, and there are numerous experiments and researches that have produced innovative advances in this field in recent years, laying the foundations for new generation of tools.

di deflusso superficiale delle acque, l'indice di riflettanza solare delle superfici, lo Sky View Factor, ecc. Molti *tools* si basano su modelli semplificati e consentono di analizzare la risposta da un punto di vista ambientale limitatamente a fenomeni quali la radiazione luminosa o termica (SOLWEIG[2], Ecotect[3]). Altri strumenti consentono un controllo integrato alla scala microclimatica, mettendo in correlazione fattori disomogenei quali l'analisi del soleggiamento, il fusso del vento, la qualità dell'aria e il livello di inquinanti, le emissioni e le dispersioni di composti organici volatili emessi dalla vegetazione, la simulazione delle soluzioni di *greening* con stime sul consumo di acqua e del relativo impatto sulla ventilazione, gli impatti degli edifici rispetto alla scelta dei materiali o la capacità termica, i processi di scambio di calore e vapore per terreno e superfici edificate, ecc. (ENVI_MET[4]).
Il controllo alla scala dell'edificio necessita di un livello di dettaglio e simulazione più accurato per la definizione delle strategie e delle soluzioni tecnico-progettuali più appropriate per raggiungere gli obiettivi NZEB attraverso il retrofit tecnologico ed energetico degli edifici. Gli strumenti adottabili a questa scala consentono la simulazione e il controllo di zone termiche differenziate, di sistemi impiantistici avanzati, di soluzioni specifiche per l'involucro trasparente – come sistemi di schermatura mobili, vetri elettrocromici o sistemi di apertura controllata –, del comfort termico e del benessere luminoso, delle emissioni di CO_2, ecc. (CitySim[5], ThermoRender[6], EnergyPlus[7]). Questa specifica categoria di *software* è correntemente integrata o resa interoperabile con le più diffuse piattaforme BIM (*Building Information Modelling*), così da rendere immediate e iterative le analisi a scala dell'edificio per i progettisti, ottimizzando il bilancio risorse-consumi-emissioni e le condizioni di comfort interno degli occupanti.
Nell'ampio panorama dei *software* per il controllo ambientale del progetto adattivo, gli strumenti digitali di supporto per i progettisti sono quindi numerosi, diversificati e in continuo sviluppo. Si riscontrano tuttavia alcune criticità: una sostanziale confusione permane nell'offerta di *tools*, dovuta anche dall'assenza di un'*overview* ragionata; molti degli strumenti sviluppati sono di difficile accesso e poco intuitivi per i progettisti, richiedendo conoscenze approfondite in ambiti specialistici (meteorologia e climatologia, idrogeologia, fluidodinamica, ecc.); non tutti i *tools* sviluppati si stanno muovendo nell'ottica dell'interoperabilità con *software* comunemente utilizzati dai progettisti (GIS, BIM, CAD). Gli sviluppi più significativi in questo campo tendono all'integrazione, sia di strumenti specifici all'interno degli ambienti GIS (è il caso del citato *tool* SOLWEIG), sia di modelli e strumenti differenti per simulazioni del comfort termico *outdoor*, dei consumi energetici a scala urbana, della mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici, ecc. in un unico *services tool* (ne è un esempio l'Urban Multi-scale Environmental Predictor UMEP[8], anch'esso accessibile tramite piattaforma GIS). Quello degli strumenti ICT per misurare la vulnerabilità e verificare l'adattamento alla scala urbana resta un settore nuovo,

Innovations in the field of digital technologies for the adaptive project
Among the most advanced research on simulation methods applied to the urban scale, it is on the themes of resilience and urban adaptation that the most interesting innovations are focusing, as evidenced by the focus Planning Support Systems for Resilient and Smart Urban Futures chosen for the last edition of the CUPUM Conference on Computers international conference in Urban Planning and Urban Management, an event that for over twenty-five has been featuring the theme of information technology applied to urban planning and development. As pointed out in the Conference premises, «rapid advances in computing, information, communication and web-based technologies are reaching into all facets of urban life (...). Data generation is now so massive and all pervasive throughout society, with the universal adoption of networked computing technologies that it offers unprecedented technological solutions for planning and managing urban futures. These technologies are essential to effective urban planning and urban management in an increasingly challenging world, with (...) the need for resilience to deal with the possibility of adverse future environmental events and climate change»[9].
In this context, numerous projects are developing tools capable of collecting and systematizing heterogeneous urban data to facilitate the reading of urban systems and offer simplified tools for sustainable anthropization, such as Envision Scenario Planning Tool[10] (ESP) or UranbanFootprint[11]. UranbanFootprint is a cloud-based urban planning software that, through a three-step process, aims to provide a user-friendly tool for urban regeneration design. The knowledge phase is simplified by the tool with a data collection on 'grids' called Base Canvas: it is a detailed picture of the urban system based on public data (censuses, public administrations, etc.) and commercial data, which are normalized and combined through a series of scripts[12]. The second step involves the creation of a 'future scenario', simulated starting from a library of settlement types and buildings in the software to which are associated a series of features, performance and impacts (energy consumption, CO_2 emissions of buildings, costs and infrastructure charges, including management and maintenance costs). It is therefore possible to launch analyzes related to the new scenario, controlling the effects on the building scale (energy and water consumption, emissions, management costs, etc.)

Analisi e strumenti digitali per il controllo ambientale del progetto adattivo in un processo di *downscaling* / *Analysis and digital tools for the environmental control of the adaptive project in a downscaling process.*

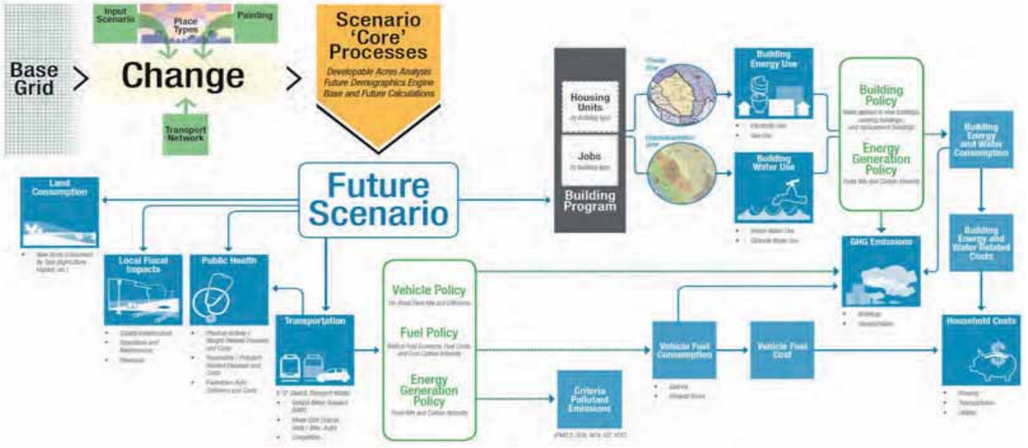
Dati semplificati e mappe nel tool UrbanFootprint / *UrbanFootprint Streamlined Data and Maps (source: urbanfootprint.com).*

in costante definizione e aggiornamento, e numerose sono le sperimentazioni e le ricerche che negli ultimi anni hanno prodotto avanzamenti innovativi nel campo ponendo le basi per nuove gerazioni di strumenti.

Innovazioni nel campo delle tecnologie digitali per il progetto adattivo

Fra le ricerche più avanzate sui metodi simulativi applicati alla scala urbana, le innovazioni più interessanti si stanno concentrando sui temi della resilienza e dell'adattamento urbano, così come dimostra il focus "Planning Support Systems for Resilient and Smart Urban Futures" scelto per l'ultima edizione della conferenza internazionale CUPUM-Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, evento che da oltre venticinque anni approfondisce il tema delle tecnologie informatiche applicate alla programmazione, alla pianificazione e allo sviluppo urbano. Così come sottolineato nelle premesse della Conferenza, «rapidi progressi nel campo dell'informatica, dell'informazione, della comunicazione e delle tecnologie basate sul web stanno raggiungendo tutti gli aspetti della vita urbana (...). La generazione di dati è ora massiva e pervasiva nella società, con l'adozione universale di tecnologie computazionali in rete, offrendo soluzioni tecnologiche senza precedenti per pianificare e gestire i futuri sviluppi urbani. Queste tecnologie sono essenziali per un'efficace pianificazione e gestione a scala urbana in un mondo sempre più complesso, con (...) un approccio resiliente per affrontare la possibilità di futuri eventi ambientali avversi e di cambiamenti climatici»[9].

In questo contesto numerose ricerche e progetti stanno sviluppando strumenti capaci di raccogliere e sistematizzare *urban data* eterogenei per facilitare la lettura dei sistemi urbani e offrire *tools* semplificati per interventi di antropizzazione sostenibile, come Envision Scenario Planning Tool[10] (ESP) o UrbanFootprint[11]. UrbanFootprint è un *software* di pianificazione urbana basato sul cloud che attraverso un processo sintetizzabile in tre step mira a fornire uno strumento userfriendly per interventi di rigenerazione urbana. La fase di conoscenza viene semplificata dal *tool* con una raccolta dati su 'griglie' definita *Base Canvas*: si tratta di un quadro dettagliato del sistema urbano basato su open data pubblici (censimenti, pubbliche amministrazioni, ecc.) e dati commerciali, che vengono normalizzati e combinati attraverso una serie di script[12]. Il secondo *step* prevede la creazione di uno 'scenario futuro', simulabile a partire da una libreria di tipologie insediative e edilizie presenti nel *software* a cui è associata una serie di caratteristiche, prestazioni e impatti (consumi energetici, emissioni di CO_2 degli edifici, costi e oneri delle infrastrutture, inclusi quelli gestionali e manutentivi). È quindi possibile sviluppare le analisi relative a nuovi scenari di adattamento controllando gli effetti alla scala dell'edificio (consumi energetici e idrici, emissioni, costi di gestione, ecc.) e alla scala urbana (emissioni di inquinanti, impatti e consumi dei trasporti, ecc.), simulando anche gli impatti derivanti dagli interventi messi in campo su fattori quali l'uso del

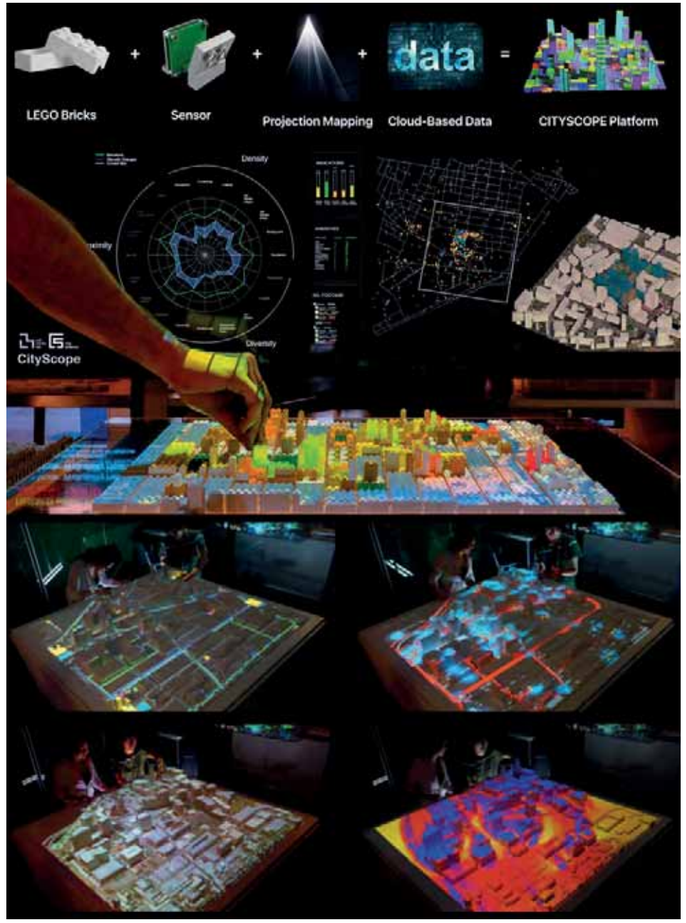


suolo, il sistema delle infrastrutture, la salute pubblica, ecc.

Di pari passo con l'avanzamento tecnologico degli strumenti di Realtà Aumentata (AR) e di Intelligenza Artificiale (IA), alcuni progetti stanno sperimentando soluzioni che possano rendere accessibile - anche a soggetti privi di specifiche competenze in materia - l'uso dei modelli predittivi, al fine di migliorare la comprensione delle dinamiche urbane e controllare gli scenari *what-if*, attraverso metodi e pratiche progettuali 'aperti' per la pianificazione e la definizione delle politiche urbane. Il progetto sviluppato al MIT[13] denominato CityScope[14] ne è un esempio: esso consente di effettuare simulazioni alla scala urbana attraverso tecnologie innovative capaci di far interagire modelli fisici - nel caso specifico le costruzioni LEGO - con strumenti computazionali avanzati e strumenti di visualizzazione interattivi. Attraverso analisi dettagliate, gli utenti sono così in grado di visualizzare gli impatti delle strategie messe in campo utilizzando 'mattoncini' LEGO a cui sono attribuite varie caratteristiche: dalla destinazione d'uso al consumo di energia, dall'utilizzo del verde all'aumento dei veicoli sul sistema della mobilità. Per lo sviluppo del progetto, basato su *Augmented Reality Decision Support Systems* (ARDSS), dati GIS vengono utilizzati per creare rappresentazioni tridimensionali LEGO-*tized* di aree urbane esistenti; successivamente, il modello viene integrato con layer di informazioni attraverso strumenti di *video mapping*. In un progetto derivato da tali ricerche

Simulazione di scenari di rigenerazione urbana nel tool UrbanFootprint attraverso tre step: raccolta dati sul Sistema urbano; simulazione dello scenario futuro e analisi delle prestazioni e degli impatti / *UrbanFootprint simulation of urban regeneration scenarios through three steps: urban system data collection; future scenario simulation and performance and impacts analysis (source: urbanfootprint.com).*

CityScope: piattaforme materiali e immateriali per l'analisi integrata alla scala urbana / *CityScope: tangible and digital platforms dedicated to urban scale integrated analysis (source: media.mit.edu).*



and on the urban scale (pollutant emissions, impacts and consumption of transport, etc.), simulating also the impacts deriving from the interventions implemented on factors such as land use, infrastructure system, public health, etc.
With the technological advancement of Augmented Reality (AR) and Artificial Intelligence (IA), some projects are experimenting solutions that can make the use of predictive models accessible even to non-technical people, in order to improve the understanding of dynamics and control what-if scenarios, creating more effective tools for planning and defining urban policies. It is an effective example, the project developed at MIT[13] *called CityScope*[14] *that allows to perform simulations on the urban scale through innovative technologies able to make physical models - in this case the LEGO constructions - interact with advanced computational tools and interactive visualization tools. Through detailed analysis, users are able to view the impacts of strategies put in place using LEGO bricks to which are assigned non-homogeneous characteristics: function, energy consumption, use of green, presence of vehicles on the mobility system. For project development, based on Augmented Reality Decision Support Systems (ARDSS), GIS data are used to create three-dimensional LEGO-tized representations of existing urban areas; subsequently the model is integrated with information layers through video mapping tools. In a project derived from such research called CityMatrix, the communication capabilities of these decision support systems have been enhanced with artificial intelligence (IA) technologies in order to further simplify human-machine interaction. It's a new generation of software technologies capable of evaluating and comparing physical, functional and performance models with interactive and intuitive methods, encouraging collaborative and iterative decision-making processes.*
More generations of tools are instead focusing specifically on adaptation measures in the regeneration interventions of existing cities. These are tools designed for specific urban areas capable of simulating possible adaptation scenarios, measuring their environmental and socio-economic advantages. Tools like this are WaterSim[15] *developed by the Arizona State University researchers to manage Phoenix water resources or Zofnass Information Tool*[16]*, outcome of the Harvard Zofnass Program for Sustainable Infrastructure research for the city of Chelsea. The researchers of the Zofnass team, supported by the city planning and public works authorities, have produced a web-based tool consisting of two main sections: one dedicated to the knowledge of the city's water system and the other to the climate*

denominato CityMatrix, le capacità di comunicazione di questi sistemi di supporto decisionale sono state potenziate con tecnologie di intelligenza artificiale (IA) al fine di semplificare ulteriormente l'interazione uomo-macchina. Si tratta quindi di nuove generazioni di tecnologie *software* capaci di valutare e confrontare modelli fisici, funzionali e prestazionali di distretti urbani con modalità interattive e intuitive, supportando processi decisionali collaborativi.
Alcuni strumenti si stanno invece concentrado specificatamente sulle misure di adattamento negli interventi di rigenerazione di città esistenti. Si tratta di *tools* progettati per specifiche aree urbane capaci di simulare possibili scenari di adattamento, misurandone i vantaggi in termini ambientali e socio-economici.
Fanno parte di questa categoria strumenti come *WaterSim*[15] sviluppato da ricercatori della Arizona State University per gestire le risorse idriche di Phoenix o Zofnass Information Tool[16], esito delle ricerche dell'Harvard Zofnass Program for Sustainable Infrastructure per la città di Chelsea. I ricercatori del team Zofnass, affiancati dagli enti responsabili della pianificazione e dei lavori pubblici della città, hanno prodotto uno strumento *web-based* costituito da due sezioni: una dedicata alla conoscenza del sistema idrico della città e l'altra alle soluzioni *climate adaptive* per il contesto urbano.
Attraverso sistemi intutivi e avanzati di visualizzazione dati, il *tool* consente di conoscere nel dettaglio il sistema di flussi del sistema idrico, i dati sulle relative prestazioni, nonché di esplorare su mappe georeferenziate informazioni sulle superfici impermeabili, sui punti di drenaggio e raccolta, e sulla profondità delle falde in ogni punto, come pure sulle aree soggette ad allagamenti in caso di uragani, eventi alluvionali eccezionali o con l'innalzamento del livello del mare. Al fine di pianificare e implementare soluzioni di *adaptive design* è possibile simulare l'efficacia di diversi interventi - tetti verdi, pavimentazioni permeabili, sistemi di raccolta delle acque - valutandone gli impatti sul sistema idrico rispetto a fattori quali il ruscellamento, il deflusso delle acque reflue, il tasso di infiltrazione nel suolo, ecc. Si tratta quindi di un *tool* che, attraverso un database aggiornato di dati interscalari e intersettoriali, oltre a costituire un concreto strumento di supporto nei processi decisionali di pianificazione, offre un supporto per la divulgazione e la sensibilizzazione su larga scala dei temi della progettazione adattiva.
I *tools* citati, che rappresentano solo un segmento del vasto settore degli strumenti ICT sui temi della progettazione ambientale per l'adattamento al *climate change*, dimostrano come le capacità di simulazione dei modelli alla scala urbana stiano diventando imprescindibili per il controllo degli impatti ambientali, sociali ed economici delle città del futuro. La complessità dei fattori messi in campo nei processi adattivi non consente più di gestire pianificazioni e implementazioni a scala urbana con strumenti tradizionali e le capacità predittive del progetto dipenderanno sempre più dall'integrazione di dati all'interno di modelli. L'architettura si è

adaptive solutions for the urban context. Through intuitive and advanced data visualization systems, the first section allows to know in detail the system of flows of the water system, data on the relative performances, to explore on georeferenced maps the impervious surfaces, drainage and collection points, and the water table depth, as well as areas subject to flooding in the event of hurricanes, exceptional flooding events or with the sea levels rising. The second part allows to simulate the effectiveness of various interventions - green roofs, permeable paving, water collection systems - assessing the impacts on the water system with respect to factors such as runoff, outflow of sewage, soil infiltration etc. It is therefore a tool that, through an updated database of inter-scalar and cross-sector data, in addition to being a practical support tool for policy planning processes, provides a valid solution for the dissemination and large-scale awareness of the issues of adaptive design.
The above-mentioned tools, which represent only a segment of the numerous ICT tools on the environmental design themes for adaptation to climate change, demonstrate how the model at the urban scale simulation capabilities are becoming essential for the control of environmental, social and economic impacts of the cities of the future.
The complexity of the factors put in place in the adaptive processes no longer allows to manage the design processes through traditional tools and the predictive capabilities of the project will increasingly depend on the integration of data into models. Architecture has always used models and, as Vittoria pointed out in the 60s, «it is essential to have the possibility not only of designing, but of modifying, forming, testing, executing the model considered prototype, scale, basic dimension of a wider spatial structure» (Vittoria, 1966).
The operational scope of the project therefore changes, becoming more and more virtual, digitalized, offering new levels of experimentation.
Despite the progress, the challenges related to the management of big data at the urban scale remain: the processes that underlie the control and management of urban data constitute today, together with the objectives of resilience and adaptation, the innovative drive for planning and for the definition of strategies and lines of action for the city of the future. Data pervade more and more cities and myriad of sensors are connected to the network with communication technologies that allow the urban organization to monitor its wellbeing and respond to the needs of its citizens, allowing dynamic management in real time. The city provides the necessary information «to its government and to guide the transition to its future. This information is the same pathologies of urban systems: congestion, pollution, morbidity, physical degradation, social tensions, crime, functional and economic inefficiency, costs for the management of essential services and infrastructures» (Pagani, Chiesa, 2016). Therefore, further developments of tools capable of managing and integrating data related to different but interconnected urban systems are indispensable. When this process will evolve, ideally in the digital city of

Zofnass Information Tool web page: visualizzazione georeferenziata delle zone a rischio inondazione / *Geospatial visualization of flooding risk areas (source: http://zofnass.gsd.harvard.edu/water_infotool/sim.html).*

da sempre servita di modelli e, così come sottolineava Vittoria negli anni 60, «è indispensabile avere la possibilità non solo di progettare, ma di modificare, formare, provare, eseguire il modello considerato prototipo, scala, dimensione base di una più ampia struttura spaziale» (Vittoria, 1966). L'ambito operativo del progetto sta mutando, diventa sempre più immateriale, virtuale, digitalizzato, offrendo nuovi livelli di sperimentazione.
Nonostante i progressi, le sfide relative alla gestione dei *big data* alla scala urbana rimangono: i processi che stanno alla base del controllo e della gestione degli *urban data* costituiscono ad oggi, insieme agli obiettivi della resilienza e dell'adattamento, la spinta innovativa per la pianificazione e per la definizione di strategie e linee di azione della città del futuro. I dati pervadono sempre più le città e miriadi di sensori collegati in rete con tecnologie di comunicazione consentono all'organismo urbano di monitorare il proprio benessere e rispondere alle esigenze degli abitanti, attivando gestioni dinamiche in tempo reale. La città fornisce le informazioni necessarie «al suo governo e alla guida della transizione al suo futuro. Queste informazioni sono le stesse patologie dei sistemi urbani: la congestione, l'inquinamento, la morbilità,

il degrado fisico, le tensioni sociali, la criminalità, l'inefficienza funzionale ed economica, i costi per la gestione dei servizi essenziali e delle infrastrutture» (Pagani, Chiesa, 2016).
Il progressivo sviluppo di tecnologie digitali in grado di gestire e integrare dati relativi a sistemi urbani differenti ma interconnessi richiede ancora ulteriori ricerche e avanzamenti. Quando tale processo si sarà evoluto, l'accesso agli strumenti di simulazione potrà avvenire senza conoscenze approfondite sulle fonti dei dati relativi ai sistemi urbani o sui modelli statistici, aprendo a una reale partecipazione nei processi di gestione e pianificazione della città digitale (Adler, 2016).
Un'ulteriore sfida, resa possibile dalle crescenti capacità computazionali degli strumenti ICT, resta quella dello sviluppo sempre più avanzato di metodologie e strumenti operativi per una lettura integrata e interscalare delle interrelazioni eco-sistemiche, ambientali e insediative, al fine di definire le condizioni di vulnerabilità per gli elementi a rischio del sistema fisico e sociale, utili all'elaborazione di soluzioni di adattamento e mitigazione. Nella prefigurazione di ipotesi da misurare e validare, è nel passaggio fra le varie scale - dal distretto alle unità edilizie complesse,

Simulazione di azioni di riqualificazione urbana *climate adaptive* e calcolo interattivo degli effetti sul sistema idrico dell'area metropolitana di Chelsea / *Simulation of climate adaptive urban requalification actions and calculation of the effects on Chelsea metropolitan area water system. (source: http://zofnass.gsd.harvard.edu/water_infotool/sim.html).*

the future, even non-technical figures will be able to access simulation tools without having in-depth knowledge on the data sources of urban systems or statistical models, opening to real participation in the processes management and planning of the digital city (Adler, 2016).
A further challenge, made possible by the growing computational skills of ICT tools, remains that of the increasingly advanced development of methodologies and operational tools for an integrated and interscalar reading of the eco-systemic, environmental and settlement interrelations, in order to define the conditions of vulnerability for the risk elements of the physical and social system, useful for the development of adaptation and mitigation solutions. These tools become even more interesting when are able to assess the performance or qualitative degree of compliance at various scales - from districts of the urban system to complex building units, from buildings to open spaces - checking the relationships between different interconnected levels and measuring the impacts of project and process solutions for system adaptation. The digitized control from the territorial scale, through GIS tools, up to the scale of the building, with Building Information Modelling (BIM) and Building Management System (BMS), to measure factors such as energy requirements, CO_2 emissions or comfort perceived thermal, is crucial for the assessment of the ability to adapt and systemic ductility of urban systems. What is crucial is therefore the control of the relationship between data from the building to the urban and territorial scale, applying the necessary simplification of the information, because «giving intelligence to data means passing from the data to the potential correlations of this with heterogeneous elements, means defining models of synthesis that are expressed in indicators (...) that allow to monitor trends and understand the correlations of the different phenomena of the city» (Serravalli, 2017). In the adaptive design of the city in the digital age, the management of the relationship between the interested parties becomes fundamental in an evolved governance process in which the designer - as suggested in the Pattern Language by Christopher Alexander, mathematician, linguist and architect - has « the task of circulating information» (Alexander et al., 1977).

dagli edifici agli spazi aperti - che il controllo delle relazioni fra i diversi sistemi interconnessi diviene complesso, verificando gli impatti delle soluzioni progettuali e processuali per l'adattamento. Il controllo digitalizzato dalla scala territoriale, attraverso strumenti GIS, fino alla scala dell'edificio, con il BIM e i *Building Management Systems* (BMS), per misurare fattori quali il fabbisogno energetico, le emissioni di CO_2 o il *comfort* termico percepito, è determinante ai fini della valutazione della capacità di adattamento e duttilità sistemica dei sistemi urbani. Il controllo delle relazioni fra dati provenienti dalla scala urbana e territoriale a quella dell'edificio resta cruciale, processo che può essere implementato solo applicando necessarie 'semplificazioni' delle informazioni, poichè «dare intelligenza al dato vuol dire passare dal dato alle potenziali correlazioni di questo con elementi anche eterogenei, vuol dire definire modelli di sintesi che si esprimono in indicatori (…) che permettono di monitorare trend e comprendere le correlazioni dei diversi fenomeni della città» (Serravalli, 2017). Nel progetto adattivo della città nell'era digitale diventa quindi fondamentale la gestione del dato e dei rapporti fra le parti interessate, in un processo di *governance* evoluto in cui il progettista - come suggerito in *Pattern Language* da Christopher Alexander, matematico, linguista e architetto - ha «il compito di far circolare le informazioni» (Alexander et al., 1977).

1. *https://www.ladybug.tools/dragonfly.html.*
2. *https://gvc.gu.se/english/research/climate/urban-climate/software/solweig.*
3. *https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Ecotect_Analysis.*
4. *https://www.envi-met.com/.*
5. *https://leso.epfl.ch/transfer/software/citysim/.*
6. *https://www.vectorworks.net/thermorender.*
7. *https://energyplus.net/.*
8. *https://umep-docs.readthedocs.io/en/latest/Introduction.html.*
9. *15th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, "Planning Support Systems for Resilient and Smart Urban Futures", 11-14 luglio 2017, Adelaide, Australia (http://www.unisa.edu.au/Education-Arts-and-Social-Sciences/Art-Architecture-and-Design/News-and-events/CUPUM/).*
10. *ESP è uno strumento di visualizzazione e valutazione 3D open source per la rigenerazione urbana sviluppato da un team di ricercatori delle Università di Curtin, Swinburne, Melbourne e Canterbury, https://aurin.org.au/projects/lens-sub-projects/esp/.*
11. *UrbanFootprint, sviluppato dalla Calthorpe Analytics, è un tool sviluppato per le città statunitensi e fa quindi riferimento a tipologie di dati disponibili nel territorio nord americano. L'esempio di UbanFootprint viene qui approfondito per l'approccio metodologico e processuale, importabile su scala nazionale o europea, http://www.urbanfootprint.com.*
12. *Il quadro di conoscenza di base - disponibile alla scala della sezione censuaria o delle particelle - è composto da oltre settanta attributi riferibili a diverse categorie: dati residenziali, dati occupazionali, caratteristiche delle particelle, informazioni sulle aree edificate, dati sui consumi idrici, tipologie edilizie e dei tessuti urbani. Vengono forniti inoltre set di dati aggiuntivi chiamati Reference Layers: sono oltre cento e includono informazioni riferibili a tematiche disomogenee quali ambiente, trasporti, educazione, uso del suolo, salute pubblica, equità sociale, ecc.*
13. *Il MIT - Massachusetts Institute of Technology ospita un laboratorio interdisciplinare di ricerca chiamato Media Lab all'interno del quale un gruppo di ricercatori diretto da Kent Larson sta approfondendo il tema delle Smart Cities nel City Science research group (precedentemente denominato Changing Places group).*
14. *Diverse applicazioni del progetto CityScope sono state condotte per la pianificazione della mobilità di una città in Australia e per la riqualificazione del centro storico di Quito, in Ecuador. Più recentemente nel 2015 in un seminario in Arabia Saudita con il personale della Riyadh Development Authority, è stata testata una nuova versione della piattaforma CityScope: in un'ora di lavoro, quattro team di cinque professionisti si sono sfidati per sviluppare la proposta di riqualificazione più efficiente per un quartiere, mettendo a confronto densità, consumi di energia, daylighting e accessibilità, www.media.mit.edu/projects/cityscope/overview/.*
15. *http://phoenix.watersim.org/.*
16. *http://zofnass.gsd.harvard.edu/water_infotool/.*

References

Adler L. (29 Agosto 2016), "SimCities: Can City Planning Mistakes Be Avoided Through Data-Driven Simulations?", *GT Government Technology*.

Argiolas C., Prenza R., Quaquero E. (2015), *BIM 3.0 Dal disegno alla simulazione: Nuovo paradigma per il progetto e la produzione edilizia*, Gangemi Editore, Roma.

Alexander C., Ishikawa S., Silverstein M. (1977), *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*, Oxford University Press, USA.

Deutsch R. (2017), *Convergence: The Redesign of Design*, Wiley, Chichester.

EEA (2017), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*, EEA Report n° 1/2017. Copenhagen: European Environment Agency.

Fabbri K., Di Nunzio A., Gaspari J., Antonini E., Boeri A. (2017), "Outdoor Comfort: the ENVI-BUG tool to evaluate PMV values Output Comfort point by point", *Energy Procedia*, Volume 111.

Goldsmith S., Crawford S. (2014), *The Responsive City*, John Wiley and Sons, San Francisco.

IPCC (2014), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.

Kitchin R. (2014), *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences*, SAGE, London.

Kolarevic B., Malkawi A. (2005), *Performative Architecture: Beyond Instrumentality*, Spon Press, New York.

Lee Jr D.B. (1973), "Requiem for Large-Scale Models", *Journal of the American Institute of Planners*, 39.

Losasso M. (2015), "Rigenerazione urbana: prospettive di innovazione", *Techne - Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 10, Firenze University Press.

Lucarelli M. T., D'Ambrosio V., Milardi M. (2017), "Resilienza e adattamento dell'ambiente costruito", Antonini E., Tucci F. (Eds.), *Architettura, Città e Territorio verso la GREEN ECONOMY. La costruzione di un manifesto della Green economy per l'architettura e la città del futuro*, Edizioni Ambiente, Milano

Menges A, Ahlquist A. (Eds.) (2011), *Computational Design Thinking*, John Wiley and Sons, London.

Pagani R., Chiesa G. (Eds.) (2016), *Urban data. Tecnologie e metodi per la città algoritmica*, Ricerche di Tecnologia dell'architettura, FrancoAngeli, Milano.

Rogora A., Dessì V. (Eds.) (2005), *Il comfort ambientale negli spazi aperti*, Edicom, Monfalcone.

Rossi A., Nebuloni A. (Eds.), (2017), *Codice e progetto. Il computational design tra architettura, design, territorio, rappresentazione, strumenti, materiali e nuove tecnologie*, Mimesis Edizioni, Sesto San Giovanni.

Serravalli A. (agosto - settembre 2017), "Strumento a supporto delle decisioni per la governance dell'osolescenza urbana", *UDM Urban Design Magazine*, n.8.

Vittoria E. (1966), "Modelli quantità e struttura architettonica del paesaggio: appunti su una ricerca di architettura", *Zodiac*, n. 16.

Drenaggio sostenibile, infrastrutture verdi, urbanistica

Francesco Domenico Moccia

S.U.D. Sustainable drainage, green infrastructure, urbanism

Civic movements, local authorities and government bodies in North America, Northern Europe and Oceania are endeavouring to improve urban resilience to floods and surface drainage discharges by turning to solutions based on Sustainable Drainage Systems (SuDS) whose technology, range of solutions, regulations and guidelines sets them apart from traditional approaches. Other countries too are turning to such an approach, in what has been described as a paradigm shift in hydrology, where the complexity of natural processes marries with a more general tendency towards the sustainability of human settlements in the Anthropocene epoch.

In fact, risk reduction is a common starting point, given its capacity to sway public opinion whenever a catastrophe hits and the extent of the damages is amplified by extensive media coverage. Yet it is not the only factor at play: along with it, and within the same outlook, we find the improvement of the quality of water, the decrease of soil consumption, the pollution of groundwater and water bodies, and the provision of ecosystem services to the urban environment and its inhabitants (Newman et al., 2009)

Including green infrastructures in urban planning projects would entail both urban expansion with a low environmental impact (Low Impact Development) (Coffman, 2000 and 2002) and the regeneration of existing urban areas through greening operations - in other words, through a process of renaturation (Platt et al., 2008).

Although SuDS planning is mostly carried out on a sector-by-sector basis, the general urban plan may be useful both as an occasion to present the new vision in the context of local public debates and future visions of the city, and as a holistic approach to a series of complex problems that find their proper placement within the framework of multiple physical and human factors characterizing a city. Nevertheless, and its urgency notwithstanding, tackling the problem in the face of climate change has met several obstacles, ranging from the public perception of the problem to the siloed organization of the public administration, the resistance to innovation of practitioners and the complexity and uncertainty of the subject matter itself (Coppola, 2015).

We have proposed elsewhere (Moccia, 2013) a methodological scheme to recognize and reactivate the superficial hydrological system in urban areas. The analysis that follows is based on both the scientific literature and the planning practices regarded as reflective research-action, and aims to find suitable pathways for implementing SuDS according to an incremental strategy of action and learning.

Nel nord America, nei paesi settentrionali d'Europa ed in Oceania movimenti civici, enti locali e agenzie governative indirizzano la resilienza urbana nel settore delle alluvioni e del regime idrico superficiale verso soluzioni fondate sui Sistemi di drenaggio sostenibile (Sustaniable Drainage Sistems: SuDS) con la relativa tecnologia, cataloghi di soluzioni, normative e linee guida in alternativa ai sistemi tradizionali.
Anche negli altri paesi si va diffondendo questa svolta che è stata anche denominata un nuovo paradigma dell'idrologia, nel suo avvicinamento alla complessità dei processi naturali, che si coniuga con una più generale tendenza alla sostenibilità degli insediamenti umani nell'era dell'antropocene.
Infatti, la riduzione del rischio è un punto di partenza comune grazie alla sua capacità d'imporsi nell'opinione pubblica, a seguito delle catastrofi e della amplificazione mediatica ottenuta dal resoconto dei danni, ma ad essa si accompagna, in un'unica prospettiva, il miglioramento della qualità delle acque, la riduzione dell'inquinamento, anche del suolo e delle falde, oltre a quello dei corpi idrici, nonché i servizi ecosistemici forniti all'ambiente urbano ed ai suoi abitanti (Newman et al., 2009).
L'inserimento delle infrastrutture verdi nella progettazione dei piani urbanistici comporterebbe tanto di ottenere espansioni urbane a basso impatto ambientale (Low Impact Development) (Coffman, 2000 e 2002) quanto rigenerazioni delle aree urbane esistenti attraverso trasformazioni di *greening*, ovvero di rinaturazione (Platt et al., 2008).
Sebbene la pianificazione dei SuDS si svolga prevalentemente in maniera settoriale, il piano urbanistico generale si presta sia come occasione per presentare la nuova visione nel dibattito pubblico locale e nelle visioni future della città, quanto come approccio olistico ad una problematica complessa che trova una collocazione adeguata nel quadro della molteplicità dei fattori fisici ed umani interni ad una città. Tuttavia, l'urgenza per affrontare il problema per rispondere ai cambiamenti climatici trova una molteplicità di ostacoli che vanno dalla percezione pubblica del problema, all'organizzazione settoriale della pubblica amministrazione, alla resistenza all'innovazione delle professioni alla complessità ed incertezza della materia (Coppola, 2015).
Altrove è stato proposto uno schema metodologico per riconoscere e riattivare il sistema idrografico superficiale nelle aree urbanizzate (Moccia, 2013). L'esame che segue si basa sia sulla letteratura scientifica che sulle pratiche di pianificazione trattate come ricerca-azione riflessiva e si propone di cercare percorsi utili ad avanzare sull'implementazione dei SuDS secondo una prospettiva incrementale di azione e apprendimento.

L'unità di studio e d'intervento

La dinamica delle acque superficiali - sebbene non possa essere del tutto separata dalle acque sotterranee delle falde (Moccia, 2013) - ha il suo contesto di riferimento nei bacini idrografici. Il loro governo era stato affidato all'Autorità di Bacino che già presentava una estensione tale da includere al suo interno dei sotto-bacini relativi ai corsi d'acque secondari come gli affluenti dei fiumi principali o i piccoli torrenti costieri sboccanti direttamente a mare. Con l'ultima riforma le Autorità sono state unificate nei Distretti Idrografici di estensione ancora maggiore con una logica che appare rispondere soprattutto alla riduzione della spesa dell'apparato statale.
Quest'ampliamento di scala allontana dalle specificità locali e dall'articolazione dei molteplici bacini idrografici che compongono il Distretto minacciando di ritardare uno sviluppo della pianificazione nella direzione dell'implementazione dei SuDS, sebbene il Distretto è competente per le politiche e le strategie relative al rischio ed alla qualità delle acque funzionando da raccordo con le politiche europee e nazionali e indirizzando i relativi finanziamenti.
Oltre all'indecisione nell'abbracciare un netto approccio naturalistico, temperato dalle responsabilità rispetto ai pericoli naturali per i quali si richiedono previsioni al massimo affidabili di tipo ingegneristico, le autorità idrografiche hanno sempre vissuto un'alterità con il territorio urbanizzato all'interno del quale i fattori naturali subivano una profonda alterazione con l'immissione in un sistema del tutto artificializzato.
L'urbanistica ha riconosciuto questo dualismo natura-artificio e da tempo si proietta in una sperimentazione per superarlo senza tema di rivedere anche le sue fondamentali assunzioni, creando le basi per un possibile nuovo dialogo e ricomposizione delle morfologie urbane nel paesaggio. Questo dialogo si può sviluppare in una dimensione transcalare per l'interconnessione della rete idrografica superficiale, per quanto riguarda l'oggetto della pianificazione, e per la connessione delle politiche locali a quelle reginali e nazionali, per quanto riguarda la *governance*.
In questo senso, anche il piano urbanistico comunale va inquadrato nel sistema di pianificazione e riconosce anche la maggiore sensibilità territoriale dei livelli provinciali e regionali dove si è fatto molto spazio la dimensione ambientale, con particolare riferimento al piano paesaggistico regionale. In continuità con la cornice dei piani di area più vasta (per non dire sovraordinati) dove le aree naturali e le loro connessioni tramite i corridoi ecologici trovano una loro collocazione e delle strategie di tutela e rafforzamento, i SuDS trovano applicazione alla scala urbana.

La cornice cognitiva

Il progetto di ricerca Metropolis lavora alla mappatura ed alla previsione di *pluvial*

The unit of study and action

The dynamics of superficial waters, though not completely separable from groundwater (Moccia, 2013), finds its context of reference in river basins. Their management had been entrusted to Basin Authorities, and the extension within their purview was already such as to include sub-basins corresponding to secondary waterways, as in the case of main river tributaries or small coastal creeks flowind directly into the sea. After the last reform, the various Authorities were merged into Hydrographic Districts with an even larger extension, in a move that appears to have been mainly motivated by a desire to reduce local government costs.

This enlargement of scale further removes the specificity of local areas and the network of multiple basins that compose the District, threatening to delay planning developments aimed at implementing SuDS, even though the District's jurisdiction encompasses the policies and strategies that deal with risks and water quality, as well as the function of liaison with European and national policies and the destination of the allocated funds.

Beyond their ambivalence in embracing a clear-cut naturalistic approach, tempered by their responsibilities with regards to natural hazards which require reliable forecasts of an engineering nature, hydrographic authorities have always maintained a relationship of otherness with respect to the urban territory, where natural factors have suffered a radical alteration by being inserted into a wholly artificial system. Urbanism has recognized this nature-artifice duality, and has long set out in a path of experimentation in order to overcome it, without fear of having to revise even its fundamental assumptions, laying the foundations for a new dialogue and recomposition of urban morphologies within the landscape. This dialogue may be developed in scale-independent dimension for the interconnection of the superficial hydrographic network - as far as the object of planning is concerned - and for the connexion between local, regional and national policies - as far as governance is concerned. In this sense, the municipal urban plan should be framed within the planning system, acknowledging also the greater territorial sensitivity of the provincial and regional levels, where the environmental dimension has become increasingly significant, particularly in relation to the regional landscaping plan. In a line of continuity with the framework of wider-scope (not to say superordinate) plans, where natural areas and their connexions through ecological passageways find both their locus and strategies of protection and reinforcement, the SuDS find their application at the urban level.

The cognitive framework

Metropolis research project is working to map and predict pluvial flooding in urban areas within the context of risk

Volturara Irpina (AV) uno dei canali che attraversa il centro storico e confluisce nel grande invaso permeabile che alimenta l'acquedotto pugliese / *Volturara Irpina (AV) one of the canals that crosses the historical center and flows into the large permeable reservoir that feeds the Apulian aqueduct.*

flooding in ambito urbano ed all'interno della gestione dei rischi e, pertanto, si occupa della base conoscitiva fondamentale indispensabile alla pianificazione. Tuttavia queste conoscenze non sono sufficienti per la pianificazione ed hanno bisogno di essere integrate almeno da altri due livelli individuati da un gruppo di ricercatori danesi (Fryd et al., 2012). Quello all'interno del quale s'inquadra la nostra ricerca è definito come quello delle conoscenze dei processi biofisici, ad esso si aggiunge quello delle strategie spaziali e quello delle strategie di adattamento.
Le strategie spaziali fanno i conti, in primo luogo, con il cambiamento di paradigma a cui si accennava prima e che si riferiscono a due diverse "visioni del mondo" che segnano il passaggio dalla gestione tradizionale dell'acqua a quello naturalistico, ad imitazione della natura, e con tutta la complessità biologica, funzionale e ambientale legata al corso d'acqua. Passando da una dimensione scientifica ad una pianificatoria, la discussione si sposta dalla validità ed accuratezza delle interpretazioni alla possibilità della reale trasformazione delle città dove tutti i corsi d'acqua sono già stati trasformati in fognature ed il sito originario è difficilmente riconoscibile dietro la trama di strade e fabbricati. Il passaggio progressivo alla nuova rete di drenaggio comporta una condizione ibrida la quale presenta anche il vantaggio di una maggiore capacità adattativa alle situazioni urbanistiche con l'apertura verso una gamma di soluzioni a diversa tecnologia.
Il SuDS è descritto come un catalogo di dispositivi (tetti verdi, canali permeabili, vasche di assorbimento, piazze d'acqua, ecc.) ma la loro pianificazione non si può limitare alla disposizione nella localizzazione più adatta perché essi aumentano l'efficacia quando sono disposti in *stormwater management train*. Perciò la connettività della rete è un carattere essenziale che, gestendo l'*overflow* nell'intero sistema, mitiga il rischio con maggiore efficacia del singolo dispositivo. Laddove progetti specifici vengono limitati ad interventi singoli per le costrizioni di contesto, alla scala del piano urbanistico comunale, l'impostazione della rete appare la priorità anche rispetto a riorganizzazioni di parti prioritarie o critiche, perché è il progetto che si colloca alla scala più adeguata a trattare questo imprescindibile requisito.
Volendo assecondare la dinamica dei flussi come si presenta nelle manifestazioni del clima e del regime idrico, i dispositivi SuDS seguono questi movimenti di espansione e contrazione delle acque superficiali nel loro dilavamento al suolo indirizzandole ma non contrastandole. Questa variabilità dell'uso del suolo (come avviene, per esempio con i *rain garden* o le piazze d'acqua) impatta con un consolidato principio di stabilità delle destinazioni, fino a successiva variante con relativa procedura d'approvazione. L'idea di usi temporanei si sta facendo sempre più strada nella letteratura urbanistica anche se meno nella normativa, dove è necessario trovare spazio, anche osando proposte innovative a livello locale. L'esigenza di immaginare uno spazio dinamico per le città non proviene solamente dalle temporalità atmosferiche ma da una molteplicità di altri ritmi urbani che non si può continuare ad ignorare (Mareggi, 2011).
Chi imputa all'impegno nel sostegno delle infrastrutture verdi a posizioni ideologiche o volontaristiche troverebbe conferma nel grado d'incertezza che avvolge la loro pianificazione. Sebbene questo scetticismo non può invalidare un approccio che non deve essere dimostrato qui quanto promettente sia, è indispensabile assumere tutta la consapevolezza della fase iniziale e sperimentale in cui si stanno muovendo i primi passi attraverso il paradigma idrologico sostenibile, il quinto della genealogia di Novotny et al. (2010). In queste condizioni, i processi di pianificazione e di implementazione si intrecciano con l'evoluzione tecnologica in un circuito virtuoso di reciproci apporti. Sebbene non possediamo conoscenze sicure sulle quantità di assorbimento di una rete complessa di infrastrutture verdi, sappiamo il benefico potenziale che essa presenta. Poi, dalle realizzazioni si potranno trarre conoscenze in grado di migliorare sempre la stima di quelle quantità e progressivamente incrementare l'efficienza del treno dei dispositivi. In altri termini, si può perseguire una strategia adattativa in cui lo sviluppo temporale della pianificazione affronta i gradi di incertezza che caratterizzano vari fattori di questo tipo di programma con percorsi di conoscenza-azione-conoscenza.

Obiettivi e benefici
Il tema della sicurezza è certamente un punto di partenza per un percorso che porta ai SuDS in special modo nella pianificazione comunale. Infatti, un obbligo del progettista è quello di osservare le disposizioni dei piani delle autorità di bacino dove sono individuate le aree di pericolosità idraulica ed idrogeologica. Poiché, a volte, anche i centri abitati sono esposti ad elevato rischio di esondazione e frana, non può essere trascurato dall'urbanista il pericolo che spesso minaccia addirittura vite umane oltre che beni materiali. Non si tratta solamente di evitare l'urbanizzazione di zone di pericolo, obiettivo facilmente raggiungibile in un progetto di piano per la parte che riguarda la crescita residenziale o di altre forme di urbanizzazione, ma di rigenerare in sicurezza i tessuti esistenti e talvolta densamente abitati. In questi ultimi casi,

management; it concerns, therefore, the fundamental knowledge base that enables planning to be carried out. This knowledge, however, is not enough; it needs to be supplemented with at least two further individual levels, as proposed by a Danish research team (Fryd et al., 2012). Our research is framed within the knowledge of biophysical processes; to this we should add the knowledge of spatial strategies, and that of adaptation strategies.
Spatial strategies deal in the first place with the paradigm shift mentioned above, and they refer to two different "world views" that mark the boundary between traditional forms of water management to those that model themselves on nature, embracing the full biological, functional and environmental complexity that characterizes a watercourse. Going from the scientific to the planning dimension, the discussion shifts from the validity and accuracy of the interpretations to the possibility of a real transformation of cities where all watercourses have already turned into sewers, and the original site is hardly discernible behind the tangled mesh of streets and buildings. The gradual transition to the new drainage network entails a hybrid condition that has the advantage of a greater capacity of adaptation to the urban setting and receptiveness to a range of technologically dissimilar solutions. The SuDS are described as a catalogue of devices (green roofs, permeable canals, absorption tanks, water squares, etc.), but their planning cannot be restricted to the choice of the best location, because their effectiveness increases when arranged in a stormwater management train. Thus, the network's connectivity is a fundamental feature, since managing the overflow over the whole system allows a more effective risk reduction than that obtainable through a single device. In cases where specific projects, due to context restrictions, must be limited to a single action, priority should be given to setting out the network, as most correct scale to handle this indispensable requisite.
SuDS devices, in attempting to conform to the flow dynamics manifested in weather and hydrological regime phenomena, follow the expansion and contraction of superficial waters as they sweep the terrain, guiding but not confronting them.

This variability of land use (as in the case of rain gardens or water squares, for example) is at odds with a consolidated principle of stability, unless overridden through the usual approval procedure. The idea of temporary use is making headway in the literature on urbanism, though this is not reflected to the same extent in the regulations, where there is still a need to make room for innovation, perhaps by submitting bold proposals at the local level. The need to imagine a dynamic space for cities arises not only from the vagaries of climatic factors, but also from a multiplicity of other urban rhythms that can no longer be ignored (Mareggi, 2011).
Those who ascribe the commitment to support green infrastructures to ideological or voluntaristic positions may find their suspicions confirmed by the degree of uncertainty that surrounds their planning. Though such skepticism cannot invalidate an approach whose potential needs no further substantiation here, it is essential to be fully aware

Udine, uno dei canali che attraversano il centro storico / *Udine, one of the canals that cross the historical center.*

of the provisional and experimental character of these first sorties into the sustainable hydrology paradigm, the fifth one in Novotny's genealogy (Novotny et al., 2010). In these circumstances, planning and implementation processes entwine with technological development in a virtuous circle of reciprocal contributions. Though we do not know for certain what the absorption capacity of a green infrastructure network is, we do know its potential benefits. At a later stage, its actual implementations will furnish additional data that will allow increasingly accurate estimates and a more efficient device train. In other words, an adaptive strategy may be followed where planning, in its temporal course, addresses the degree of uncertainty that characterizes the various factors involved in programmes of this kind through a sequence of knowledge-action-knowledge stages.

Objectives and benefits

The subject of safety is certainly a starting point for a journey that leads to SuDS, especially in a municipal planning context. Indeed, one of the planner's duties is to comply with the basin authorities' resolutions concerning areas exposed to hydraulic and hydrogeological risk. Given that sometimes urban areas are also exposed to a high risk of flooding and landslides, urban planners cannot disregard a threat that endangers not only property, but human lives. This is not merely a matter of preventing the urbanization of at-risk areas - a goal that can be easily achieved by adjusting the sections of the urban plan that deal with residential growth and other forms of urbanization - but of regenerating the existing, and sometimes densely inhabited, fabric so as to render it safe. In such cases it is inevitable for planning

è inevitabile che la pianificazione si intrecci con la gestione della dinamica delle acque superficiali e con la messa in sicurezza del territorio aprendo l'interrogativo precedentemente richiamato della scelta tra soluzioni di intubamento e di SuDS con la possibile mediazione della soluzione ibrida, più adattiva e contingente (Moccia e Coppola, 2013).
La scelta di passare da un sistema tradizionale alle infrastrutture verdi è possibile in un ambito di pianificazione quando lo sguardo è aperto alla complessità urbana molto di più di quando si affronta la gestione idrica come intervento settoriale perché possono entrare in gioco fattori complementari ma non meno importanti. Tra essi primeggiano i servizi ecosistemici particolarmente preziosi in zone urbane ad alta densità abitativa, a forte impermeabilizzazione del suolo, a bassa dotazione di verde pubblico e privato. Un complesso di ricerche hanno attestato la corrispondenza tra la buona salute interna ai corridoi ecologici e quella della popolazione ad essi adiacente (Tzoulas et al., 2007). In Australia, dove le politiche di *Green Infrastructure* e la loro implementazione conta una posizione di frontiera a livello globale e, quindi, si può ritenere che la popolazione abbia una conoscenza superiore a quella del nostro paese, una estensiva ricerca basata sul WTP (*Willigness To Pay*) conferma che la maggiore preoccupazione degli intervistati di Melbourne e Sidney è quella del pericolo di alluvioni ma a questa fa seguire immediatamente quella per la preoccupazione per la qualità delle acque e la possibilità di usufruire dei corridoi ecologici come di luoghi ameni per lo svago (Brent et al., 2017).

Attori e decisori

Formalmente è sempre più diffusa nelle regioni italiane l'obbligo della consultazione, stabilita per legge, nella formazione dei piani urbanistici comunali. L'espletamento di questa procedura assume rilievo diverso con una intensità di coinvolgimento

da sinistra / from left
Torino, parco Dora con residui della memoria industriale e sistemazioni di fioriere e canali assorbenti / *Turin, Parco Dora with residues of industrial memory and arrangement of planters and drainage channels.*

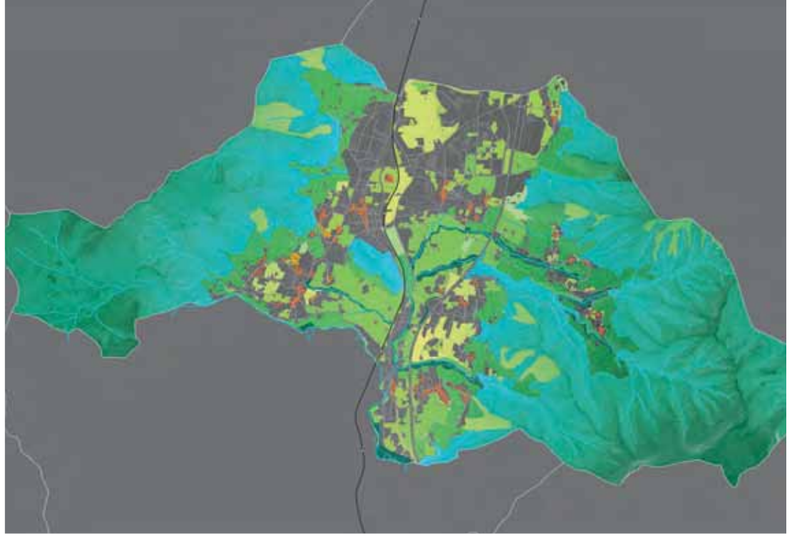
Torino. Nella riconversione delle aree industriali dismesse con i progetti delle Spine si sono incanalate le acque piovane a vista, invece di convogliarle in fogna / *Turin. In the reconversion of the disused industrial areas with the Spines project, the exposed rainwater were channeled instead of being conveyed into the sewer.*

Tetto di una fabbrica in zona industriale di Copenhagen coltivato ad ortaggi per la consumazione nel ristorante / *Roof of a factory in the industrial area of Copenhagen, cultivated with vegetables for consumption in the restaurant.*

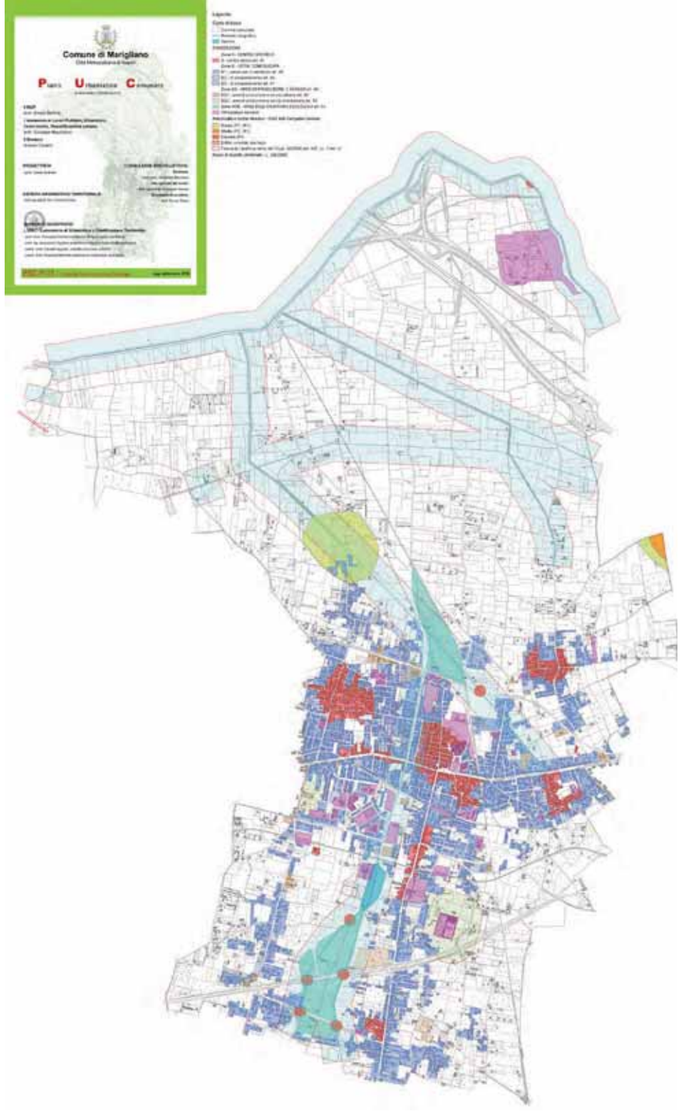
molto differenziato. Anche le modalità con le quali i cittadini influenzano le decisioni di piano possono esplicarsi secondo canali comunicativi e luoghi di conversazione fortemente influenzate da relazioni delle società politiche locali. In questo quadro particolarmente articolato è comunque molto importante che la progettazione delle SuDS sia condivisa e non considerata come un semplice problema tecnico perché con tali soluzioni si reinterpreta lo spazio pubblico con un approccio innovativo.
Questa trasformazione deve necessariamente essere accettata dalla popolazione che quegli spazi frequenta, utilizza e tutela. Probabilmente gli stessi comportamenti degli individui e della vita associata saranno influenzati e richiederanno un processo di adattamento.
Tuttavia, operare un processo partecipativo di deliberazione pubblica su una materia innovativa comporta un'evidente difficoltà interpretativa, come ha dimostrato una ricerca condotta per un programma di *greening* a Philadelphia, una delle prime città americane a lanciare un programma di *green infrastructure* in applicazione delle linee guida dell'agenzia federale per l'ambiente (Travalin et al., 2015). I ricercatori hanno potuto osservare come i quesiti posti attraverso i questionari si prestavano ad interpretazioni diverse influenzati dalla formazione e dalla posizione dei rispondenti del quartiere interessato all'intervento la cui composizione sociale era diventata mista a seguito di processi di *gentrification*. Nel corso delle interviste semistrutturate

to entangle with the management of the dynamics of superficial waters and with the safekeeping of the territory, thus recalling the previously mentioned question of the choice between conveyance pipage and SuDS solutions, with the possible alternative of a hybrid, more adaptive and contingent solution (Moccia and Coppola, 2013).
In a planning context, the transition from traditional methods to green infrastructures requires a far more open attitude towards urban complexity than a water management policy intended as a sectorial operation, since other factors may be involved that are perhaps complementary, but nonetheless important. The most relevant among these are the ecosystem services that are particularly valuable in high-density urban areas with impervious surfacing and scarce private and public green areas. A number of studies have shown a correspondence between the state of health of the ecological corridors and that of the inhabitants of adjacent areas (Tzoulas et al., 2007). In Australia - a country at the forefront of green infrastructure policies and their implementation, and whose population may therefore be assumed to be more knowledgeable than ours - an extensive study based on WTP (willingness to pay) has confirmed that the main concern of Melbourne and Sidney residents is the risk of landslides, immediately followed by the quality of water and the accessibility of ecological corridors as suitable locations for leisure (Brent et al., 2017).

La ricostruzione del sistema idrografico superficiale negli studi per il PUC di Baronissi (SA) per la rete delle infrastrutture verdi e la creazione del parco del fiume Irno (consulenza del DIARC - responsabile scientifico Moccia) / *The reconstruction of the surface water system in the studies for the Baronissi (SA) PUC for the network of green infrastructures and the creation of the Irno river park (DIARC consultancy - Moccia scientific coordinator).*



La pianificazione di due zone umide a nord e sud dell'abitato di Marigliano (NA) nel piano strutturale del PUC per mitigare il rischio dell'alveo proveniente dal Vesuvio e aumentare i servizi ecosistemici (consulenza del LUPT - responsabile scientifico Moccia) / *The planning of two wetlands to the north and south of the town of Marigliano (NA) in PUC structural plan to mitigate the risk of the riverbed coming from Vesuvius and to increase the ecosystem services (LUPT consultancy - Moccia scientific coordinator).*



Actors and decision-makers

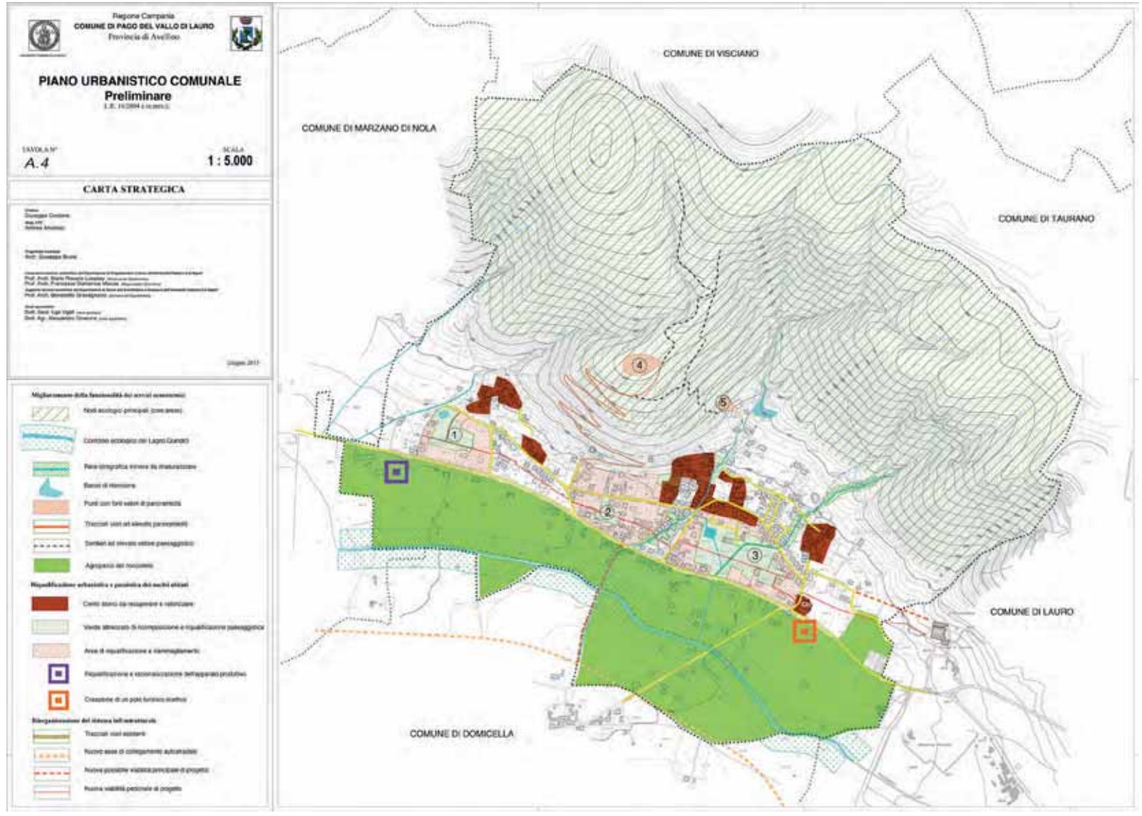
In the Italian regions, the formal legal requirement of citizen consultation during the drafting of municipal urban plans is becoming increasingly widespread, and has been implemented with various degrees of relevance and widely different levels of participation. The citizens' attempts to influence local planning choices may have to be conveyed through communication channels and meeting places that are subject to the influence of local political groups. In such a complex environment, the planning of SuDS devices ought not to be regarded as simply a technical matter; rather, it should arise from a shared commitment, because such solutions entail a reinterpretation of public spaces through an innovative approach, and that transformation must necessarily be accepted by the inhabitants who frequent, use and safeguard those spaces. The behaviour of individuals and associations will probably be affected too, and a process of adaptation may be required.

We should point out, however, that a process of public deliberation concerning innovative matters entails some obvious difficulties of interpretation, as evidenced by a study commissioned by a greening programme in Philadelphia, one of the first American cities to deploy a green infrastructure programme, in compliance with the Federal Environmental Agency guidelines (Travalin et al., 2015). The research team noticed that in potentially affected neighbourhoods with a socially mixed population as a result of gentrification processes, the questionnaire items could be variously interpreted according to the respondent's education and status. In the course of semi-structured interviews, the researchers became aware of how difficult it was for people who knew little about the impact of the new devices to evaluate their effects, and of the extent to which the respondents might have been conditioned by prejudices derived from the experiences they associated with them. When a more dialogic approach was adopted (Habermas, 1984), the respondent's evaluation could change in the course of the conversation and become the opposite of the original one. It is therefore essential to determine the most effective methodology to ensure a good comprehension of the matter at hand and to try to predict as accurately as possible the repercussions on the population, bearing in mind that innovation implies in any case a certain degree of uncertainty due to its experimental nature.

Even Scandinavian countries, where green infrastructures have been substantially encouraged, are struggling to achieve a more widespread implementation, and there are significant differences between the various countries (Torgersen et al., 2014). It has been noticed that a fundamental role is played by professional and managers of public bodies, who are called upon to possess knowledge about the proposed devices and the procedures and regulations that the realization of public works must abide by. In countries where the law allows, but does not require, the adoption of SuDS, there is a tendency to be cautious with

si sono potuti rendere conto di come fosse difficile valutare gli impatti dei nuovi dispositivi da parte di persone che avevano poca conoscenza degli stessi e potevano essere condizionati da pregiudizi derivanti da esperienze che associavano ad essi. Quando si percorreva una interazione dialogica (Habermas, 1984), nel corso della conversazione le valutazioni potevano cambiare nell'opposto di quelle iniziali. Perciò è indispensabile determinare i metodi più efficaci per assicurare una buona comprensione dell'oggetto della decisione e cercare di produrre le più accurate previsioni delle conseguenze che determinerà sugli utenti sebbene il suo carattere innovativo presenta comunque una certa percentuale di incertezza e mantiene una dimensione sperimentale.

Anche nei paesi scandinavi, dove un notevole impulso si è dato alle infrastrutture verdi si stenta ad ottenere una loro ampia diffusione con notevoli differenze tra i diversi stati (Torgersen et al., 2014). Si è notato come un ruolo fondamentale è esercitato dai professionisti e dai dirigenti degli enti pubblici ai quali è demandata la conoscenza tecnica dei dispositivi e i procedimenti per la realizzazione delle opere pubbliche e la loro regolamentazione. In quei paesi, dove esiste una legislazione che permette l'adozione del SuDS, ma non lo rende obbligatorio, l'incertezza normativa, molto spesso favorisce atteggiamenti prudenti nei confronti di soluzioni che appaiono più esposte all'incertezza e possono produrre maggiori responsabilità, da cui si evince che una legislazione molto chiara e dettagliata potrebbe rassicurare la pubblica



amministrazione. Sempre nella pubblica amministrazione, affrontare il tema risulta molto più proficuo nella fase di pianificazione quando si adotta un approccio olistico piuttosto che nella progettazione di settore dove il tema acqua è separato dal suo contesto urbano.

Conclusioni

Confrontando le acquisizioni derivanti da esperienze dirette di pianificazione urbanistica comunale con la letteratura scientifica, si è ricavato una maggiore consapevolezza della necessità di affrontare il problema della gestione delle acque meteoriche in ambito urbano secondo il nuovo paradigma che cerca di imitare la natura, nella fase della formazione del piano urbanistico comunale, quando si può superare l'approccio settoriale e inquadrare il problema nel più generale sviluppo sostenibile nella rigenerazione urbana. Infatti le infrastrutture verdi vanno impiegate nel loro vasto spettro che spazia dalla mitigazione del rischio alla fornitura di servizi ecosistemici. Tuttavia questa affermazione è solamente un punto di partenza perché richiede la partecipazione di un pubblico informato in processi deliberativi che reinterpretano la città ed il suo futuro con capacità creativa pur nell'incertezza dell'innovazione; professionisti informati e impegnati nell'innovazione ecologica della città; enti locali guidati da una buona legislazione e con capacità di cooperazione interassessorili o interdipartimentali.

References

Brent D. A., Gangadharan L., Lassiter A., Leroux A., Raschky P. A. (2017), "Valuing environmental services provided by local stormwater management", *Water Resources Research*, n. 53, p. 4907-4921.

Coffman L. S. (2000), *Low-Impact Development Design Strategies, An Integrated Design Approach*, EPA 841-B-00-003. Prince George's County, Maryland. Department of Environmental Resources, available at: <http://water.epa.gov/polwaste/green/upload/lidnatl.pdf> [Accessed 8 June 2013].

Coffman L. S. (2002), "Low-impact development: An alternative stormwater management technology", in France R. L. (Ed.), *Handbook of Water Sensitive Planning and Design*, Boca Raton, Lewis Publisher, pp. 97-124.

Coppola E. (2016), *Infrastrutture sostenibili urbane*, INE Edizioni, Roma.

Fryd O., Dam T., Bergen Jensen M. (2012), "A planning framework for sustainable urban drainage system", *Water Policy*, n. 14, p. 865-886.

Habermas J. (1984), *The theory of communicative action I: Reason and the rationalization of society*, Beacon Press, Boston, MA.

Moccia F. D., Coppola E. (2013), "La pianificazione ambientale di un comune a rischio idrogeologico: il caso di Pago del Vallo di Lauro", Atti della XVI Conferenza Nazionale SIU. Urbanistica per una diversa crescita, *Planum. The Journal of Urbanism*, n. 27, v. II, p. 1-6.

Mareggi M. (2011), *Ritmi urbani, Sant'Arcangelo di Romagna*, Maggioli Editore.

Moccia F. D. (2013), "Premise. Urban Restoration of the Stormwater System", in Moccia F. D., Palestino M. F. (Eds.), *Planning Stormwater Resilient Urban Open Spaces*, CLEAN, Naples, p. 88-95.

Newman P, Beatley T., Boyer H. (2009), *Resilient Cities. Responding to Peak Oil and Climate Change*, Island Press, Washington.

Novotny V., Ahern J., Brown P. (2010), *Water centric sustainable communities. planning, retrofitting, and building the next urban environment*, John Wiley & Sons, Hoboken, N.J.

Platt R. H., Beatley T., Michaels S., Goucher N., Fenstermacher B. (2008), "Urban Stream Restoration: Recovering Ecological Services in Degraded Watersheds", in Birch E. L., Watcher S. M. (Eds.), *Growing Greener Cities: Urban Sustainability in the Twenty-First Century*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, pp. 127-151.

Register R. (2006), *Ecocities. Cities in Balance with Nature*, New Society Publisher, Gabriola Island, BC, Canada.

Torgersen G., Bjerkholt J. T., Lindholm O. G. (2014), "Addressing Flooding and SuDS when Improving Drainage and Sewerage Systems. A Comparative Study of Selected Scandinavian Cities", *Water*, n. 6, p. 839-857.

Travaline K., Montalto F., Hunold C. (2015), "Deliberative Policy Analysis and Policy-making in Urban Stormwater Management", *Journal of Environmental Policy & Planning*, v. 17, n. 5, p. 691-708.

Tzoulas K., Korpela K., Venn S., Yli-Pelkonen V., Kazmierkzak A., Niemela J., James P. (2007), "Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: a literature review", *Landscape and urban planning*, n. 81, p. 167-178.

nella pagina accanto / side page

Strategie per la resilienza alle alluvioni e rigenerazione ambientale di Pago del Vallo di Lauro (AV) nel preliminare di PUC. La naturazione dei corsi d'acqua e le vasche di ritenzione sono il punto di partenza della progettazione urbanistica (consulenza del DIARC - responsabile scientifico Moccia) / ***Strategies for flood resilience and environmental regeneration of Pago del Vallo di Lauro (AV) in preliminary PUC. The naturalization of the watercourses and the retention ponds are the starting point for urban planning (DIARC consultancy - Moccia scientific coordinator).***

respect to solutions that are perceived as more vulnerable to uncertainty and may entail a greater degree of responsibility; it follows that a clear, detailed body of laws may assuage the public administrators' misgivings. Staying on the subject of the public administration, confronting the issues at the planning stage is far more fruitful, because a holistic approach may be adopted, whereas sectorial planning separates water-related matters from their urban context.

Conclusions

By comparing the data obtained through actual experiences of municipal planning with the scientific literature, a higher level of awareness has been obtained concerning the need to confront the problem of rainwater management in an urban context by adopting the new naturalistic paradigm at the drafting stage of the urban plan, when the sectorial approach can be transcended and the problem framed in the more general setting of sustainable development and urban regeneration. In fact, the whole gamut of green infrastructures ought to be resorted to, from risk mitigation to the provision of ecosystem services. This statement is, however, only a starting point, since what is required is the participation of an informed population through processes of deliberation capable of reinterpreting the city and its future even within the uncertainty that innovation entails; well-informed professionals who are also committed to ecological innovation in their cities; and local government bodies guided by good legislation and capable of cooperating with other departments and consultants.

Dal progetto al piano: l'approccio olistico del Water Sensitive Urban Planning

Alessandro Sgobbo

From design to planning: the holistic approach of Water Sensitive Urban Planning

Climate change and hydraulic risks

In recent years the issues of risks related to the management of surface waters have attracted the growing interest of scholars at various levels. On the regional scale we focus on extreme weather events with respect to the ability of the river basin to bear the impact without causing damage to the structures and infrastructures involved as well as victims in the population. On the urban scale, the theme mainly concerns pluvial flooding and the consequent problems that, although often less dramatic, are still relevant given their frequency and socio-economic impact. The interest of the scientific community to the problem follows the progressive exacerbation of episodes both in terms of frequency and hydraulic intensity. In fact, in numerous researches (Porporato et al., 2004; Dore, 2005; Burt et al., 2015) it has been observed that, excluding the desert areas, the quantity of rain that can be averagely measured in a given place during the year it remained almost constant. However, in recent decades, this tends to be concentrated in a few events particularly intense and with a distinctly stormy character. This paper summarizes the review of the BMPs developed by the scientific community at the urban scale evaluated with respect to the hydraulic qualities but above all the effects in socio-economic and ecological terms. In the Metropolis project this review formed the basis for the construction of the strategies implemented in different design prototypes in order to verify the thesis according to which the Water Sensitive Urban Planning approach allows to reach the objective resilience but with a significant impact on the urban quality of the settlement.

The holistic approach of Town Planning: from end of pipe to WSUP

The increase in the need for rainwater drainage, traditionally provides for end of pipe infrastructural upgrading, i.e. working on the drainage network. In the last twenty years scientific research has been directed towards a different approach, which finds its synthesis in the discipline of the Water Sensitive Urban Design. The WSUD considers that end of pipe interventions are intrinsically inefficient since: however great the pipe's cross sectional areas are, the drainage need will soon exceed the designed capacity; these investments are limited to the resolution of the hydraulic issue, without significant effects on urban quality. Vice versa, the WSUD approach promotes solutions that are aimed at reducing the amount of rainwater runoff or at implementing more eco-efficient drainage systems (SuDS: Sustainable Drainage Systems).

The first group includes numerous solutions on various scales: from green roofs to urban redesign of dirty roadside gutters (side swales) traditionally adjacent to extra-urban roads[1]; from the permeable parking lots to dry-wells and infiltration trenches. The objectives are: increasing of rainwater subject to deep infiltration (Ellis, 2000; Holman-Dodds et al, 2003; Ellis, 2013); improving evapotranspiration (Georgi and Dimitriou, 2010; Sgobbo, 2011-2016); increasing concentratio's times (Elliott and Trowsdale, 2007). Actions in the second group are aimed at distributing over time the volume of water to be disposed (Di Baldassarre et al., 2014), which means integrating infiltration systems compatibly with environmental impacts' mitigation needs (Moccia and Sgobbo, 2012; 2013). Also in this area profound developments have been made. The traditional retention basins have gradually been transformed into water squares and floodable parks (Tira et al., 2017) that convey or store floodwater, sediments, and debris during exceptional rain without incurring physical damage, and recycling water collection tanks are also widely used as temporary storage tanks (Eroksuz and Rahman, 2010).

A further evolution of this approach is the Water Sensitive Urban Planning (WSUP). In this case, particular attention is paid to the effectiveness of the solutions proposed in terms of multi-scale and multi-functionality, and the set of tools implemented benefits from mutual synergies directly resulting from the holistic approach to the complexity of the city that is typical of Town

Climate change e rischio idraulico

Negli ultimi anni le tematiche dei rischi legati alla gestione delle acque superficiali hanno attratto il crescente interesse degli studiosi a vari livelli. Alla scala territoriale ci si concentra sugli eventi meteorologici estremi rispetto alla capacità del bacino idrografico di sopportarne l'impatto senza determinare danni alle strutture ed infrastrutture coinvolte nonché vittime nella popolazione. Alla scala urbana il tema riguarda principalmente il *pluvial flooding* e le problematiche conseguenti che, sebbene spesso meno drammatiche, sono comunque rilevanti vista la loro notevole frequenza ed impatto socio-economico.

L'interesse della comunità scientifica al problema segue il progressivo inasprimento degli episodi sia in termini di frequenza che di intensità idraulica. Infatti in numerose ricerche (Porporato et al., 2004; Dore, 2005; Burt et. al., 2015) è stato osservato che, escludendo le zone desertiche, la quantità di pioggia mediamente misurabile in un dato luogo nell'arco dell'anno è rimasta pressoché costante. Tuttavia, negli ultimi decenni, questa tende a concentrarsi in pochi eventi particolarmente intensi e con un carattere spiccatamente temporalesco.

In questo saggio è sinteticamente riportata la rassegna delle BMP sviluppate dalla comunità scientifica alla scala urbanistica valutate rispetto alle qualità idrauliche ma soprattutto delle ricadute in termini socio-economici ed ecologici. Nel progetto Metropolis questa rassegna ha costituito la base per la costruzione delle strategie implementate in diversi prototipi progettuali al fine di verificare la tesi secondo la quale l'approccio Water Sensitive Urban Planning consente di giungere alla resilienza obbiettivo ma con un impatto significativo sulla qualità urbana dell'insediamento.

L'approccio olistico del Town Planning: dall'end of pipe al WSUP

La crescita delle esigenze di smaltimento idraulico delle acque meteoriche, prevede, tradizionalmente, interventi di adeguamento infrastrutturale di tipo *end of pipe*, agenti cioè sul *network* di drenaggio. Nell'ultimo ventennio la ricerca scientifica si è indirizzata verso un diverso approccio, che trova la sintesi nella disciplina del Water Sensitive Urban Design. Il WSUD ritiene gli interventi *end of pipe* intrinsecamente inefficienti visto che: per quanto grandiose siano le sezioni impiegate presto l'entità degli eventi comunque supererà la capacità progettata; tali investimenti, limitandosi alla risoluzione del problema idraulico, non sono accompagnati da rilevanti effetti sulla qualità urbana. Pertanto, alle opere sulla rete contrappone uno strumentario di soluzioni finalizzate a ridurre la quota d'acqua piovana che deve essere oggetto di smaltimento oppure volti ad implementare sistemi di drenaggio maggiormente eco-efficienti (SuDS: Sustainable Drainage Sistems).

Appartengono al primo gruppo numerose soluzioni a scala profondamente varia: dalle coperture verdi alla rivisitazione in chiave urbana delle cunette stradali sterrate[1]; dai parcheggi assorbenti ai sistemi di pozzi e caditoie disperdenti. Gli obbiettivi sono: incrementare la frazione di acqua piovana oggetto di infiltrazione profonda (Ellis, 2000; Holman Dodds et al., 2003; Ellis, 2013); migliorare gli effetti di evapotraspirazione (Georgi e Dimitriou, 2010; Sgobbo, 2011; 2016); allungare il tempo di corrivazione (Elliott e Trowsdale, 2007). Le azioni del secondo gruppo sono volte a distribuire nel tempo il volume idrico da smaltire (Di Baldassarre et al., 2014) ovvero integrare sistemi dispersivi compatibili con le esigenze di mitigazione degli impatti ambientali (Moccia e Sgobbo, 2012-2013). Anche in questo ambito si è assistito a profonde evoluzioni. Le tradizionali vasche di ritenzione si sono via via trasformate in water squares e parchi inondabili (Tira et al., 2017); le vasche di raccolta dell'acqua da riciclo trovano ampio impiego anche quali serbatoi temporanei di stoccaggio (Eroksuz e Rahman, 2010).

Ulteriore evoluzione è rappresentata dal Water Sensitive Urban Planning (WSUP).

In questo caso particolare attenzione è posta all'efficacia delle soluzioni proposte in termini di multiscalarità e multifunzionalità e l'insieme dei *tool* implementati beneficiano di mutue sinergie direttamente conseguenti all'approccio olistico alla complessità della città che è proprio del Town Planning (Mangoni e Sgobbo, 2013).

Si preferisce, pertanto, ragionare in termini di competenze suddividendone la natura in azioni urbanistiche ed opere alla scala edilizia. Al primo gruppo si ascriveranno gli interventi puntuali od a rete, individuali o sistematici, autonomi o integrati ed integranti, che coinvolgono parti della città esorbitanti il singolo edificio o complesso di edifici a gestione unitaria. Al secondo tutti quelli che possono essere efficacemente ed autonomamente implementati indipendentemente, quale azione di un unico soggetto.

Volendo dare una connotazione anche giuridica ai confini che caratterizzano le due classi si può ipotizzare che: nella prima rientrano le opere per le quali è necessaria una progettazione sviluppata nell'ambito della pianificazione (dimensione urbanistica); nella seconda rientrano quelle codificabili tra le categorie edilizie e che trovano la naturale ispirazione e disciplina nelle previsioni del Regolamento edilizio e nelle Norme Tecniche del Piano (dimensione edilizia).

La dimensione urbanistica

La Strada

L'elemento che, nell'immaginario collettivo, maggiormente rimanda ai concetti di urbanizzazione ed impermeabilizzazione è certamente la strada. La manualistica

Bioswale stradale in Greendale, Wisconsin, 2010 / *Bioswale in Greendale, Wisconsin, 2010 (source: Aaron Volkening, retrieved from: https://www.flickr.com).*

Planning disciplines (Mangoni and Sgobbo, 2013).
The traditional classification of the WSUD tools, which are usually divided into interventions focused on the drainage need and on the draining infrastructure, is unsatisfactory because each solution has effects in both domains. Therefore, it is preferable to subdivide them into urban scale and building scale tools.
The first group includes works, either punctual or on a network, individual or systematic, autonomous or integrated, but always involving parts of the city which do not include only single buildings or groups of buildings with unitary management.
The second group consist of all the interventions that can be effectively self-implemented by a single subject.
If we wish to give a juridical connotation to the boundaries that characterize the two classes, we can hypothesize that the first group includes works for which a town plan design is necessary, while the second includes those that can be coded within the building categories and which find their natural inspiration and discipline in the provisions of the Building Code and in the Technical Regulations of the Town Plan.

Working on the urban scale
The street
The element that, in the collective imagination, most refers to the concepts of urbanization and waterproofing is certainly the street. The manuals show that the ratio between land area and road area within the city is around 10%. It is therefore evident the importance of the role played by this infrastructure in the local hydraulic balance.
Not all roads are the same and this type-technological variety

evidenzia che il rapporto tra superficie territoriale e sedi viarie si attesta intorno al 10%. È pertanto evidente l'importanza del ruolo svolto da questa infrastruttura nell'equilibrio idraulico della città.
Non tutte le strade sono uguali e questa varietà tipo-tecnologica si rispecchia anche nell'impatto sulla sostenibilità e resilienza urbana al *pluvial flooding*. Dal punto di vista della gestione delle acque meteoriche, a parità di giacitura, le principali differenze riguardano il trattamento delle superfici e le opere d'arte finalizzate allo smaltimento del *runoff*. A tal fine, con riferimento al primo aspetto, si è soliti dividere le pavimentazioni in continue e discrete. Le prime sono idraulicamente condizionate da porosità, scabrezza ed idrofillia; le pavimentazioni discrete da dimensione dei conci e da larghezza e trattamento dei giunti. Occorre tuttavia subito evidenziare che parlare di permeabilità limitandosi a considerare lo strato corticale della pavimentazione è poco significativo. Infatti, dopo pochi secondi dall'inizio della precipitazione efficace, la capacità del piano viario di lasciarsi attraversare dall'acqua dipende esclusivamente dalle qualità del sottofondo e, in minima parte, del terreno di sedime. Quindi, ripercorrendo rapidamente le soluzioni[2] proposte, è evidente che l'interesse riguarda più gli aspetti microclimatici e di qualità estetico-tecnologica del manufatto che quelli propriamente legati allo *stormwater management*.
Ben diverso è l'esito dell'intervento quando questo riguarda le opere d'arte complementari. Qui le soluzioni proposte coinvolge l'uso di due principali elementi variamente combinati: i canali drenanti ed i pozzi perdenti (Fryd et al., 2013).

Seattle, US. International Fountain, 2007 / *Seattle, US. International Fountain, 2007 (source: Joe Mabel, retrieved from: https://commons.wikimedia.org/wiki).*

nella pagina accanto / next page
Bioswale stradale in Greendale, Wisconsin, 2010: Particolare del sistema di dissipazione / *Bioswale in Greendale, Wisconsin, 2010: Detail of the dissipation system (source: Aaron Volkening, retrieved from:https://www.flickr.com).*

I canali drenanti si dividono in *wet-swales* e *dry-swales*. I primi hanno l'obbiettivo di raccogliere l'acqua piovana e favorirne l'infiltrazione profonda nel tempo, sfruttando al massimo la parte esterna della sezione del canale, dove il volume idrico sosta per lungo tempo. I *dry-swales*, costruttivamente molto simili, prevedono, altresì, la rapida asciugatura della porzione scoperta. In entrambi i casi l'opera presenta tre elementi: il canale vero e proprio con sezione a V aperta; uno strato filtro, costituito da sabbia o, più frequentemente, da terreno vegetale inerbito[3]; il corpo drenante[4], immediatamente al di sotto del terreno vegetale, protetto, sia superiormente che inferiormente, da un telo in TNT al fine di evitarne l'intasamento nel tempo. Nei *dry-swales*, inoltre, è generalmente previsto lo scarico dell'acqua assorbita entro una conduttura a sua volta collegata alla rete di smaltimento.
Dal punto di vista dimensionale i canali devono offrire un volume di captazione[5] almeno pari a quello che si ricava dall'altezza di pioggia efficace in un tempo di ritorno idoneo (in genere trenta anni). Stabilita, quindi, la sezione necessaria le dimensioni del canale sono scelte in funzione delle specifiche condizioni al contorno. In presenza di spazi rilevanti conviene utilizzare strutture particolarmente larghe in modo da aumentare la superficie di interfaccia con il substrato d'infiltrazione; ciò, inoltre, presenta evidenti benefici in termini di formazione di corridoi ecologici e di qualità del paesaggio urbano. Nei casi in cui le condizioni al contorno limitano la possibilità di ricorrere ad una sezione abbastanza larga, occorre utilizzare canali profondi, tenendo conto che, per ragioni di sicurezza, tale maggiore profondità dovrà riguardare prevalentemente il corpo drenante (Ackerman e Stein, 2008).
Particolare attenzione, infine, deve essere posta affinché l'accesso dell'acqua nel canale drenante avvenga previa sufficiente dissipazione dell'energia cinetica per non danneggiare il sottile strato fertile. A tal fine le canalizzazioni di accesso prevedono percorsi articolati o ostacoli fisici al libero deflusso.
Pozzi perdenti e trincee di infiltrazione (eventualmente alberate - *tree trench*) sono sistemi in cui lo smaltimento avviene prevalentemente per infiltrazione profonda, spesso al di sotto di sovrastrutture poco o per nulla permeabili, ma non sottoposte ai carichi dinamici tipici della sede viaria. Sono impiegati in tutte quelle situazioni in cui non è possibile ricorrere a canali completamente scoperti in ragione del limitato spazio disponibile o di aspetti estetico-funzionali. In questi casi, tuttavia, viene a mancare (o è ridotta) l'azione fitodepurante delle piante e, soprattutto, la filtrazione dello strato in terreno vegetale misto a sabbia che, normalmente, avrebbe contribuito a trattenere idrocarburi e metalli pesanti (Scharenbroch et al., 2016).
Dal punto di vista del dimensionamento questi sistemi sono progettati in funzione della superficie scolante servita, della permeabilità dei suoli attraversati e dell'altezza della quota piezometrica della falda (Fujita, 1994). In generale ai pozzi si ricorre in presenza di terreni sufficientemente permeabili ovvero se è tollerabile la presenza di acqua sulla superficie scolante per il tempo necessario al processo di infiltrazione.

is also reflected in the impact on sustainability and resilience to pluvial flooding. From the point of view of the management of rainwater the main differences concern surface treatment and elements for runoff drainage. Among the surfaces a classification that divides them into continuous and discrete is used. The first group is hydraulically conditioned by porosity, roughness and hydrophilicity, while in the discrete pavements parameters like ashlar size and width and treatment of the joints are relevant. However, it should immediately be stressed that talking about "permeability" simply considering the cortical layer of the pavement is not very significant. In fact, after a very short time from the beginning of the precipitation, the ability of the road plan to be infiltrated by the water depends strictly on the quality of the substrate and just minimally on the filled ground. Therefore, by quickly retracing the proposed solutions[2], it is clear that the interest concerns more the microclimatic and aesthetic-technological quality aspects of the product than those strictly linked to stormwater management.
The outcome of the intervention is quite different when it concerns complementary elements intended for water drainage. Here the proposed solutions concern the use of infiltration (side) swales, dry wells and infiltration trenches (Fryd et al., 2013). Side swales are divided into wet-swale and dry-swale. The former has the objective of collecting rainwater and encouraging deep infiltration over time. The main part of the canal cross-sectional area is the uncovered one, where the water stays for a long time. In the dry-swales, the surface quickly returns to the dry state. In both cases the work has three elements: the actual channel with an open V-section; a filter layer consisting of sand or, more frequently, of grassy soil[3]; the draining body[4], immediately below the soil, protected, both above and below, by a nonwoven geotextile in order to avoid clogging over time. Furthermore, in the dry-swales, rainwater it is collected by a drain that slowly lets it flow in the drainage network.
From the dimensional point of view the channels must offer a collection volume[5] at least equal to that obtained from the effective rainfall in a suitable return period (usually thirty years). Once established, therefore, the required cross sectional area, the canal dimensions are chosen according to specific boundary conditions. In the presence of significant available spaces, it is

advisable to use particularly wide canals in order to increase the infiltration surface. Moreover, in this way evident benefits are obtained in terms of both the formation of ecological corridors and the improvement of urban landscape qualities. In cases where the boundary conditions limit the possibility of resorting to a fairly wide section, deep channels should be used, taking into account that, for safety reasons, this greater depth should mainly concern the draining body (Ackerman and Stein, 2008).
Finally, particular attention must be given so that the access of the water in the draining channel occurs after sufficient dissipation of the kinetic energy in order not to damage the thin fertile layer. To this end, the access ducts provide articulated routes or physical obstacles to the free flow.
Dry-wells and infiltration trenches (possibly tree-lined trench trees) are systems in which the disposal is mainly due to deep infiltration, often below little or no permeable superstructures, but not subjected to the dynamic loads typical of the roadway. They are used in all those situations in which it is not possible to use completely uncovered channels because of the limited space available or of aesthetic-functional aspects. In these cases, however, there is no (or it is reduced) phytoremediation action of the plants and, above all, the filtration of the layer in soil mixed with sand which, normally, would have helped to retain hydrocarbons and heavy metals (Scharenbroch et al., 2016).
From the sizing point of view these systems are designed according to the served surface, the permeability of the crossed soils and the height of the groundwater piezometric quota (Fujita, 1994). In general, dry-wells are used in the presence of sufficiently permeable soils or if the presence of water on the surface is tolerable for the time necessary for the infiltration process. The trenches, allowing the formation of larger drainage sections, suitable to contain the large volumes to be disposed of, are widely used in urban areas.

Public open space
In this Research Project, all the urban areas freely available to citizens, not occupied by public or private buildings with their annexed spaces, are considered as public open spaces. Therefore, it is mainly composed of squares, gardens and public parks, large parking lots, open sport areas and spaces for free access events such as market areas and similar.
In many Building Codes aimed at managing rainwater, these spaces are simply divided into green and not green[8] areas. This differentiation leads to the determination of the outflow coefficient Ψ, regardless of considerations on the quality of the substrate and on the surface slope.
This approach, however, offers a degree of approximation that justifies only qualitative evaluations of the benefits in terms of virtuous management of rain water, not allowing to achieve the calculation of the actual drainage needs. We are satisfied, in short, achieving a generic reduction of the building impact, generating a "better" condition than the use of other design solutions, without however coming to determine how much, by reason of these choices, we reduce the need for traditional drainage network.
Consider, for example, a classical urban garden with a surface area of one hectare. Many building codes suggest adopting a value of Ψ = 0,10 for the ecological-building impact. Therefore, referring to the design rain with return period T_{100} in the Metropolitan City of Naples, the overall volume of effective rain to be disposed of Wro (run off volume), would be equal to about 143 cubic meters.
Actually, we cannot correctly calculate the runoff volume without first assessing the permeability of the substrate and the type of processing to which the surface is subjected. Moreover, the coefficient Ψ is not constant at all, but varies during the rain according to the degree of saturation of the ground. In classical hydraulics this type of variation is negligible because it refers

Le trincee, consentendo la formazione di sezioni drenanti di maggiori dimensioni, idonee a contenere i cospicui volumi da smaltire, trovano maggiore utilizzo in ambiente urbano.

Lo spazio pubblico aperto
Con la definizione di spazio pubblico aperto ci si riferisce all'insieme delle aree urbane, disponibili alla libera fruizione dei cittadini, non occupate né da edifici, pubblici o privati, e relativi spazi pertinenziali né da infrastrutture superficiali. È quindi composto prevalentemente da piazze, giardini e parchi pubblici, grandi parcheggi, aree sportive aperte e spazi per manifestazioni a libero accesso quali aree mercatali e simili.
In molti regolamenti urbani finalizzati alla gestione delle acque meteoriche tali spazi sono semplicemente suddivisi in trattati a verde e non trattati a verde[6]. A tale differenziazione si fa conseguire la determinazione del coefficiente di deflusso Ψ, prescindendo da considerazioni sulle qualità del sottofondo e sull'inclinazione della giacitura.
Questo tipo di approccio, tuttavia, presenta un grado di approssimazione tale da giustificare valutazioni di carattere solo qualitativo dei benefici in termini di gestione virtuosa delle acque meteoriche, non consentendo di addivenire alla definizione dell'effettivo fabbisogno di smaltimento che ne consegue. Ci si accontenta, in definitiva, di aver conseguito una generica riduzione dell'impatto edilizio, di aver generato una condizione "migliore" rispetto all'impiego di altre soluzioni progettuali, senza però giungere a determinare quanto, in ragione di tali scelte, sia possibile

ridimensionare il ricorso alla rete di smaltimento tradizionale.
Si consideri, ad esempio, una classica area a giardino di superficie S pari ad un ettaro. Molte tabelle suggeriscono di adottare, ai fini dell'impatto ecologico-edilizio un valore di Ψ = 0,10. Pertanto, facendo riferimento all'intensità di pioggia con tempo di ritorno T100 relativa alla Città Metropolitana di Napoli, il volume complessivo di pioggia efficace da smaltire Wro, risulterebbe pari a circa 143 mc. Nella realtà detto volume non può essere definito, neanche in via approssimata, senza prima valutare la permeabilità del sottofondo ed il tipo di lavorazione cui è sottoposta la superficie. Inoltre, il coefficiente Ψ non è affatto costante, ma varia durante l'evento meteorico in funzione del grado di saturazione. Nell'idraulica classica questo tipo di variazione è trascurabile in quanto ci si riferisce al coefficiente medio di un vasto bacino e Ψ risulta dal rapporto medio osservato tra *runoff* e pioggia incidente. In ambito urbano ciò è inaccettabile giacché il coefficiente di deflusso istantaneo[7] Ψ(t) varia in modo rilevante al variare del tempo. In particolare, per un'area di giardino pubblico di giacitura sub-orizzontale sistemata a prato, in caso di un evento meteorico con intensità media i di 250 mm/h, il valore di Ψ(t) misurato sperimentalmente è risultato effettivamente pari a circa 0,10 nell'istante iniziale. Tuttavia risulta circa 0,35 dopo 4 minuti, per attestarsi su valori intorno a 0,85 dopo 8 minuti. Riferendosi al calcolo esemplificativo prima sviluppato per la Città Metropolitana di Napoli rispetto all'evento critico con T100 questo significa che il volume idraulico da smaltire è pari a circa 1.118 mc. Quasi 8 volte il valore prima determinato.
Le considerazioni fin qui esposte evidenziano che, per fronteggiare il *pluvial flooding* in ambito urbano, occorrono idonee strategie gestionali anche per le aree usualmente considerate permeabili. A tal fine, oltre ai sistemi di infiltrazione locale già esaminati, risultano particolarmente utili strutture volte al contenimento temporaneo dell'acqua piovana, eventualmente in grado di dar luogo anche a processi infiltrativi. Queste soluzioni, complessivamente rientranti nel genus dei bacini di ritenzione, sono state declinate in molteplici varianti. In particolare le tre BMP principali sono le water squares, i *wet basins* (anche denominati retention ponds), i *dry basins* (talvolta indicati come *dry ponds*). Le water squares, prevalentemente impiegate nelle aree centrali della città, stanno trovando largo impiego nelle tecniche di urban landscaping dei moderni progetti urbani. Dal pluricelebrato esempio di Benthemplein a Rotterdam alla piazza d'acqua di Nizza, dalle implementazioni di Seattle ai progetti di Victoria Square ad Adelaide la funzione idraulica è accompagnata dall'uso del luogo quale spazio pubblico urbano, spesso associato a *leisure park*, oppure dedicato ad eventi sportivi (Dircke e Molenaar, 2015).
I retention basins costituiscono la trasposizione in ambito urbano e periurbano delle tradizionali vasche di laminazione che trovano largo impiego nell'ambito delle BPM di gestione delle inondazioni a scala territoriale. La principale differenza, tuttavia, è nell'uso pubblico dei bacini urbani, anche se, vista la collocazione prevalentemente periferica, questo si riduce alle funzioni di parco eventualmente con uno specchio

Vista della copertura dello shopping center Toa Payoh Lorong, Singapore, 2003 / *View of the Toa Payoh Lorong shopping center cover, Singapore, 2003 (source: Jimmy Tan Follow, retrieved from: https: // www.flickr. com).*

nella pagina accanto / side page
Bethemplein, Rotterdam, 2017 / *Bethemplein, Rotterdam, 2017 (source: Google Earth).*

Prototipo di piano sviluppato con i criteri del WSUP: Planimetria generale / *Plan prototype developed with the WSUP criteria: General planimetry (source: Carbone, Corrado, De Nicola and Faiella, 2017).*

d'acqua permanente. I dry ponds si distinguono dai retention ponds essenzialmente per l'assenza d'acqua salvo nei momenti di intense precipitazioni. In questo caso la superficie è prevalentemente attrezzata a giardino o prato ed utilizzata per attività sportive all'aperto. Ulteriori differenze tra le varie tipologie di bacino sono: la presenza o meno del collegamento alla rete di smaltimento urbano; la posizione di tale collegamento se presente; le qualità permeabili di fondo e sponde (Mangangka et al., 2015).
Il collegamento al network di drenaggio, realizzato nella maggior parte dei casi, è dimensionato in modo da consentire il deflusso delle acque raccolte nei momenti di piena con velocità compatibile con la capacità di esercizio[8] della rete. Nel caso di wet-basin l'imbocco è posto in posizione tale da garantire la permanenza del volume d'acqua desiderato (in generale non superiore ad un terzo della capacità del bacino) ed il fondo è trattato in modo da limitare l'infiltrazione alla parte spondale al di sopra del livello dello specchio d'acqua permanente. Questa tipologia di bacini trova impiego prevalentemente laddove esista un corso d'acqua in prossimità in grado di garantire un efficace e continuo ricambio (Strecker et al., 2001). Nei dry ponds, invece, l'imbocco alla rete di smaltimento è posto in prossimità del fondo dove, al di sotto del layer di terreno vegetale misto a sabbia, normalmente, viene realizzato uno strato altamente permeabile (perlopiù materiale lapideo sciolto), protetto su entrambe le interfacce con un geotessuto idoneo ad impedirne l'intasamento. Qualunque sia la tecnologia impiegata i bacini di ritenzione urbani sono dimensionati in funzione del carico idraulico prevedibile rispetto al tempo di ritorno scelto e della capacità di esercizio della rete. Con riferimento al primo elemento, il volume è determinato in funzione: del tempo te di durata efficace del fenomeno statisticamente rilevato sul tempo di ritorno scelto; dell'area Si della i-esima superficie scolante ricadente nella zona di influenza del bacino; del coefficiente di deflusso Ψ_i (t) della superficie i-esima, variabile durante l'intervallo te. Con riferimento alla capacità di esercizio della rete, espressa in mc/s, le dimensioni del bacino si ottengono riducendo il carico idraulico prima calcolato della quantità d'acqua che sarà smaltita nel tempo te di durata efficace del fenomeno. Anche le caratteristiche di permeabilità del suolo e del substrato influenzano le dimensioni ottimali dell'invaso. Tuttavia sia la determinazione analitica che le esperienze empiriche in diverse condizioni dimostrano che, in presenza di eventi particolarmente intensi, la velocità di infiltrazione è troppo ridotta per poter effettivamente condizionare l'entità del fabbisogno.

Conclusioni
L'individuazione e classificazione delle BMP che trovano, a buon diritto, esplicita applicazione nella dimensione urbanistica del Water Sensitive Urban Planning costituisce un momento di rilevante importanza nel processo di costruzione di una strategia sostenibile di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano. Consente, infatti, di evidenziare gli aspetti collettivi e di impatto sociale delle diverse soluzioni nonché la maggiore efficacia di un utilizzo combinato e sinergico delle stesse rispetto ad interventi spot a scala edilizia. Nell'ambito della ricerca questi temi sono stati verificati mediante diversi test finalizzati a misurare, con un opportuno set di indicatori, e le qualità idrauliche e i benefici socio-economici ed ecologici della loro implementazione con quello approccio olistico che è proprio del *Town planning*. In particolare sono stati costruiti prototipi di progetti urbanistici in cui l'aspetto della gestione idraulica è il tratto che accomuna le azioni volte a soddisfare i molteplici fabbisogni con cui si confronta il pianificatore.
La compatibilità dei diversi interventi è stata misurata sulla corte di esperti e decisori cui è affidata la responsabilità istituzionale di stimarne la fattibilità. Al risultato si è pervenuti con una mediazione scientifica di supporto sviluppata mediante il confronto di strategie alternative di trasformazione applicando il metodo di valutazione multicriterio e multigruppo ANP (Saaty e Vargas, 2006). L'apprezzamento da parte dei cittadini è stato valutato con ripetuti esami del campione dei fruitori non professionali mediate interviste in profondità, con l'approccio CATWOE (Rosenhead e Mingers, 2001; Sgobbo e Moccia, 2016). Gli effetti sociali sono stati misurati secondo la teoria dell'approccio delle capacità come rielaborata da Nussbaum (2001): non in termini di indicatori sintetici di benessere ma di numerosità, qualità ed estensività delle opportunità effettivamente disponibili ai cittadini per l'integrazione, l'inclusione e lo sviluppo delle libertà individuali.
I test hanno dimostrato che le soluzioni di rigenerazione proposte, sviluppate

to the average coefficient of a large basin and Ψ results from the average ratio observed between runoff and incident rain. In urban areas this is unacceptable as the instantaneous runoff coefficient[7] Ψ (t) varies significantly over time. In particular, for a sub-horizontal urban garden, in the event of a rain with an average intensity of 250 mm/h, the value of[7] Ψ (t) measured experimentally was actually about 0.10 in the initial moment. However, it results about 0.35 after 4 minutes, 0.62 after 6 minutes, to settle on values around 0.85 from 8 minutes onwards. Referring to the example calculation developed before and considering the critical event with T_{100}, for the Metropolitan City of Naples, this means that the volume of rainwater to be disposed of is about 1,118 m³, almost 8 times the first determined value. The considerations set out above show that, in order to cope with pluvial flooding in urban areas, suitable management strategies are also needed for the areas usually considered as permeable. To this end, in addition to the local infiltration systems already examined, structures aimed at the temporary containment of rainwater, possibly capable of giving rise to infiltration processes, are particularly useful. These solutions, generally included in the genus of the retention basins, have been declined in many variations. In particular, the three main

Prototipo di piano sviluppato con i criteri del WSUP. Particolare del sistema di raccolta delle acque meteoriche / *Plan prototype developed with the WSUP criteria. Detail of the rainwater collection system (source: Carbone, Corrado, De Nicola and Faiella, 2017).*

BMPs are water squares, bio-retention basins (also called retention ponds), dry basins (sometimes referred to as dry ponds). The water squares, mainly used in urban central areas, are widely used landscaping techniques for modern urban projects. From the multi-celebrated example of Benthemplein in Rotterdam to the waterpark of Nice, from the implementations of Seattle to the Victoria Square projects in Adelaide, the hydraulic function goes hand in hand with the use of the place as a public space intended for social relations and leisure or dedicated to sporting events (Dircke and Molenaar, 2015).
The bio-retention basins are the transposition in urban and peri-urban areas of traditional solutions that are widely used in flood management on a regional scale. The main difference, however, is in the public use of urban basins, even if, given the predominantly peripheral location, this is limited to the functions of park possibly with a permanent body of water. The dry ponds are distinguished from retention ponds essentially due to the absence of permanent water, except in times of intense rain. In this case the surface is mainly equipped with a garden or lawn and used for outdoor sports. Further differences between the various types of basin are: the presence or absence of connection to the urban drainage network; the position of this connection if present; the permeable qualities of bottom and sides (Mangangka et al., 2015).
The connection to the drainage network, realized in most cases, is designed to allow that the flowing out of the water collected during the flood is compatible with the operating capacity[8] of the network. In the case of wet-basin, the entrance is positioned in such a position as to guarantee the permanence of the desired volume of water (generally not more than one third of the basin capacity) and the bottom is treated in such a way as to limit the infiltration to the part of the bank above the level of the permanent body of water. This type of basin is mainly used where there is a nearby waterway able to guarantee an effective and continuous replacement (Strecker et al., 2001).

In the dry ponds, however, the entrance to the disposal network is placed near the bottom where, under the layer of soil mixed with sand, a highly permeable layer is created using mostly clean aggregate. This layer is protected on both interfaces with a nonwoven geotextile, suitable to prevent its clogging.
Whatever the technology used, the urban retention basins are sized according to the expected water volume with respect to the chosen return period and the network's operating capacity.
With reference to the first element, the volume is determined according to: the effective duration of the phenomenon statistically detected on the chosen return period; the Si area of the i-th descending surface falling into the zone of influence of the basin; the outflow coefficient Ψi *(t) of the i-th surface, variable during the rain.*
With reference to the capacity of the network, expressed in m^3/s*, the dimensions of the basin are obtained by reducing the calculated water volume of the amount of water that will be disposed of over time.*
The permeability characteristics of the soil and the substrate also influence the optimal dimensions of the reservoir. However, both the analytical determination and the empirical experiences under different conditions show that, in the presence of particularly intense rain, the infiltration speed is too low to actually modify the volume required.

Conclusions

The identification and classification of the BMPs that are rightly explicitly applied in the urban dimension of the Water Sensitive Urban Planning is an important moment in the process of building a sustainable rainwater management strategy in urban areas. It allows, in fact, to highlight the collective and social impact aspects of the various solutions as well as the greater effectiveness of combined and synergistic use of the same with respect to spot interventions on a building scale. As part of the research, these issues have been verified through various tests aimed at measuring, with an appropriate set of indicators, the hydraulic qualities and socio-economic and ecological benefits of their implementation with the holistic approach that is typical of Town planning. In particular, prototypes of urban projects have been developed, in which the rain water management is a common feature of the various actions that the planners have to implements to satisfy the complex needs of an urban community. The compatibility of the various interventions was measured by involving experts and decision-makers entrusted with institutional responsibility to estimate their feasibility. Thanks to a supporting scientific mediation, the result is achieved by comparing alternative transformation strategies using the multi-criteria and multi-group ANP (Saaty and Vargas, 2006) evaluation method. The appreciation by the citizens was evaluated with repeated examinations of the sample of non-professional users mediated in-depth interviews, with the CATWOE approach (Rosenhead and Mingers, 2001; Sgobbo and Moccia, 2016). The social effects were measured according to the capacity approach theory as re-elaborated by Nussbaum (2001), not in terms of synthetic indicators of well-being but of the number, quality and extensiveness of the opportunities actually available to citizens

con l'approccio Water Sensitive Urban Planning, raggiungono l'effetto sperato dal punto di vista dello smaltimento sostenibile delle acque meteoriche. Ma il risultato più importante è che tali investimenti riescono ad essere motori di sviluppo della comunità urbana e, superando la semplice risposta tecnica all'emergenza, generano beni comuni, inclusivi, con effetti diffusi di efficienza e qualità ambientale.

1. Tradizionalmente presenti in adiacenza alla viabilità extraurbana.
2. Tra le pavimentazioni continue: tappetini bituminosi drenanti, calcestruzzi drenanti e terre stabilizzate; tra quelle discontinue i vari tipi di superfici a conci (basoli, sanpietrini, masselli, lastre, etc.) a giunti più o meno aperti ed eventualmente sigillati.
3. Spesso piantumato con essenze non necessitanti di particolare manutenzione e possibilmente in grado di assorbire parte degli inquinanti presenti nell'acqua di deflusso stradale.
4. E' qui che si raccoglie l'acqua da smaltire finché il soffondo non ne completa l'assorbimentoSomma del volume idraulico raccolto a pelo libero fino all'imbocco di *overflow* e di quello contenuto nel corpo drenante.
5. Somma del volume idraulico raccolto a pelo libero fino all'imbocco di overflow e di quello contenuto nel corpo drenante.
6. Questa, ad esempio, la definizione scelta dal Regolamento Urbanistico Edilizio di Bologna.
7. Cioè il valore $\Psi(t)=W_{to}/W_{tot}$ misurato in un intervallo di tempo unitario a partire dall'istante t.
8. La capacità di esercizio esprime in mc/s la portata che la rete è in grado di smaltire ridotta di un opportuno coefficiente di sicurezza dipendente dallo speco e dalla normativa locale.

References

Ackerman D., Stein E. D. (2008), "Evaluating the effectiveness of best management practices using dynamic modeling", *Journal of Environmental Engineering*, 134(8), 628-639.

Bernhofer C., Franke J., Goldberg V., Seegert J., Kuchler W, (2006), "Regional Climate Change. To be included in Future Flood Risk Analisis?", in Schanze J, Zeman E, Marsalek J. (Eds.), *Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures*, Dordrecht: Springer, pp. 93-96.

Burt T., Boardman, J., Foster I., Howden N. (2015), "More rain, less soil: long term changes in rainfall intensity with climate change", *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(4), 563-566.

Coutts A.M., Tapper N. J., Beringer J., Loughnan M., Demuzere M. (2013), "Watering our cities: the capacity for water sensitive urban design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context", *Progress in Physical Geography*, 37(1), 2-28.

de Graaf R., van der Brugge R. (2010), "Transforming water infrastructure by linking water management and urban renewal in Rotterdam", *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1282-1291.

De Vleeschauwer K., Weustenraad, J., Nolf C., Wolfs V., De Meulder B., Shannon K., Willems P. (2014), "Green-blue water in the city: quantification of impact of source control versus end-of-pipe solutions on sewer and river floods", *Water Science and Technology*, 70(11), 1825-1837.

Di Baldassarre G., Kemerink J.S., Kooy M., Brandimarte L. (2014), "Floods and societies: the spatial distribution of water related disaster risk and its dynamics", *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 1(2), 133-139.

Dircke P., Molenaar A. (2015), "Climate change adaptation; innovative tools and strategies in Delta City Rotterdam", *Water Practice and Technology*, 10(4), 674-680.

Dore M.H. (2005), "Climate change and changes in global precipitation patterns: what do we know?", *Environment international*, 31(8), pp.1167-1181.

Ellis J.B. (2000), "Infiltration Systems: A Sustainable Source Control Option for Urban Stormwater Quality Management?", *Water and Environment Journal*, 14(1), 27-34.

Ellis J. B. (2013), "Sustainable surface water management and green infrastructure in UK urban catchment planning", *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(1), 24-41.

Eroksuz E., Rahman A. (2010), "Rainwater tanks in multi-unit buildings: A case study for three Australian cities", *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1449-1452.

Fletcher T. D., Shuster W., Hunt W.F., Ashley R., Butler D., Arthur S., ... Mikkelsen P.S. (2015), "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage", *Urban Water Journal*, 12(7), 525-542. doi: 10.1080/1573062X.2014.916314

Fryd O., Backhaus A., Birch H., Fratini C.F., Ingvertsen S.T., Jeppesen J., ... Jensen M.B. (2013), "Water sensitive urban design retrofits in Copenhagen-40% to the sewer, 60% to the city", *Water Science and Technology*, 67(9), 1945-1952. doi: 10.2166/wst.2013.073

Fujita S. (1997), "Measures to promote stormwater infiltration", *Water Science and Technology*, 36(8-9), 289-293. doi: 10.1016/S0273-1223(97)00584-2

Georgi J. N., Dimitriou D. (2010), "The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, Greece", *Building and Environment*, 45(6), 1401-1414.

Holman Dodds J. K., Bradley A. A., Potter, K. W. (2003), "Evaluation of hydrologic benefits of infiltration based urban storm water management", *Journal of the American Water Resources Association*, 39(1), 2015-2015.

Mangangka I. R., Liu A., Egodawatta P., Goonetilleke A. (2015), "Performance characterisation of a stormwater treatment bioretention basin", *Journal of environmental management*, 150, 173-178. doi: 10.1016/j.jenvman.2014.11.007

Mangoni F., Sgobbo A. (2013), *Pianificare per lo sviluppo. Un nuovo insediamento ai margini della metropoli*, IT: Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli.

Moccia F.D., Sgobbo A. (2013), "Flood hazard: planning approach to risk mitigation", *WIT Transactions on the Built Environment*, 134, 89-99. doi:10.2495/SAFE130091

Moccia F.D. Sgobbo A. (2013), *La polarizzazione metropolitana. L'evoluzione della rete della grande distribuzione verso un sistema policentrico sostenibile*, IT: Liguori, Napoli.

Moccia F.D., Sgobbo A. (2012), "Pertnership pubblico-privato, infrastrutture ed ecologia", *Planum. The Journal of Urbanism*, 25, 1-7.

Nussbaum M.C. (2001), *Women and human development: The capabilities approach*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Porporato A., Daly E., Rodriguez-Iturbe I. (2004), "Soil water balance and ecosystem response to climate change", *The American Naturalist*, 164(5), 625-632.

Rosenhead J., Mingers J. (2001), *Rational analysis for a problematic world revisited: Problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*, John Wiley and Sons, Chichester, UK.

Saaty T.L. and Vargas, L. G. (2006), *Decision making with the Analytic Network Process*, Springer Science, New York, NY, US.

Scharenbroch B.C., Morgenroth J., Maule B. (2016), "Tree species suitability to bioswales and impact on the urban water budget", *Journal of environmental quality*, 45(1), 199-206.

Sgobbo A. (2011), "Analisi economica e finanza di progetto per la gestione dei parchi urbani", in Claudi de Saint Mihiel A. (Ed.), *La valorizzazione dei Parchi Urbani* (pp.183-193), IT: Clean Edizioni, Napoli.

Sgobbo A. (2016), "Recycling, waste management and urban vegetable gardens", *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, 202, 61-72. doi:10.2495/WM160071

Sgobbo A. (2016), "Mixed Results in the Early Experience of a Place-based European Union Former Program Implemented in Campania", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 223, 225-230. doi: 10.1016/j.sbspro.2016.05.354

Sgobb A., Moccia F. D. (2016), "Synergetic Temporary Use for the Enhancement of Historic Centers: The Pilot Project for the Naples Waterfront", *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, 12, 253-260. doi:10.13128/Techne-19360

Spekkers, M.H., Ten Veldhuis J.A.E., Kok M., Clemens F.H.L.R. (2011, September), "Analysis of pluvial flood damage based on data from insurance companies in the Netherlands", in Zenz G., Hornich R. (Eds.), *Proceedings International Symposium Urban Flood Risk Management*, UFRIM, 2011, Graz, Austria.

Strecker E.W., Quigley M.M., Urbonas B.R., Jones, J. E., Clary J.K. (2001), "Determining urban storm water BMP effectiveness", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 127(3), 144-149.

Tira M., Giannouli I., Sgobbo A., Brescia C., Cervigni C., Carollo L., Tourkolias C. (2017), "INTENSSS PA: a systematic approach for INspiring Training ENergy-Spatial Socioeconomic Sustainability to Public Authorities", *UPLanD-Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, 2(2), 65-84.

Travis Q.B., Mays, L.W. (2008), "Optimizing retention basin networks", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 134(5), 432-439.

for integration, the inclusion and development of individual freedoms.
Tests have shown that the proposed regeneration solutions, developed with the Water Sensitive Urban Planning approach, achieve the desired effect from the point of view of the sustainable drainage of rainwater. But the most important result is that these investments are able to be drivers of development of the urban community and, overcoming the simple technical response to the emergency, generate common, inclusive goods, with widespread effects of efficiency and environmental quality.

1. *Traditionally present adjacent to extra-urban roads.*
2. *Among the continuous flooring: draining bituminous mats, draining concretes and stabilized lands; among those discontinuous the various types of surfaces with segments (basoli, cobblestones, blocks, slabs, etc.) to joints more or less open and eventually sealed.*
3. *Often planted with essences not requiring particular maintenance and possibly able to absorb some of the pollutants present in road runoff water.*
4. *It is here that you collect the water to be disposed of until the shower is completely absorbed.*
5. *Sum of the hydraulic volume collected on free surface up to the overflow entrance and the one contained in the draining body.*
6. *This, for example, is the definition chosen by the Bologna Urban Building Regulations.*
7. *That is, the value* $\Psi(t) = W_{to}/W_{tot}$ *measured in a unit time interval starting from the instant t.*
8. *The capacity to exercise expresses in mc / s the capacity that the network is able to dispose of an appropriate safety coefficient depending on the specific and local legislation.*

Un approccio innovativo per la gestione efficace delle acque meteoriche in ambito urbano

Francesco De Paola, Maurizio Giugni, Francesco Pugliese, Diana Fiorillo

An innovative approach to the effective management of urban stormwater

In the last decades the on-going expansion of the urban areas and the related diffusion of impervious surfaces, in addition to the effects of the climate change, have led to the increase of urban floods both in terms of intensity and frequency (flash floods). In fact, progressive soil sealing causes increases in both flow rate and runoff volumes, that sometimes may be ineffective in relation to the hydraulic capacity of the drainage networks and the receiving water bodies, as well as to not minor effects, such as a reduced groundwater recharge and the increase of runoff velocity, with the subsequent erosion of the soil.

Several studies pointed out that the excessive runoff related to the increment of impervious surfaces, led to both uncontrolled flooding in urban areas and the deterioration of water quality in receiving water bodies (Khan et al., 2006; Dietz, 2007). In fact, in presence of pervious surfaces and more generally in natural catchments, the hydrological losses (due to phenomena of evapo-transpiration, infiltration and gradual saturation of the soil surface layers) are significant, hence the surface runoff is significantly reduced and the flow tends to gradually reach the outlet points. On the contrary, in the urban catchments, generally characterized by low permeability (streets, parking areas, buildings) the water remains on the surface and in large quantities flows away. Indeed, in these catchments, hydrological losses are not very significant, although the losses caused by the accumulation of water volumes on the surfaces are relevant. Indeed the urban surfaces can host volumes available for the accumulation of rainwater, such as the depressions in the road surfaces or the buildings' roofs with insufficient slopes, not able to let the water flow into the downpipes.

These phenomena require careful consideration, since the urbanization is a process at global scale, expected to increase by 2050 in the order of 80% in many countries (DESA, 2015). Another factor that should not be understimated is the climate change, that is the cause of significant alterations in rainfall regime and long periods of drought. Specifically, in our country extreme events with rainfalls of short duration and high intensity that often let to phenomena of pressurisation in the sewerage systems, are becoming increasingly frequent. The consequences of the climatic changes in place on the territory are actually many (Margottini, 2015): for example, the increase of the meteorological extreme events, in addition to the already mentioned crisis of the sewerage systems, can produce the increase of flowslides. The increase of temperature and the aridity index can trigger phenomena of soil erosion and even the desertification of particularly vulnerable areas.

Thus, the importance of an effective stormwater management, already recognised by ancient civilizations, is undeniable. In fact, the first drainage systems date back to 3.500 BC and were built in Mesopotamia: in the ruins of Ur and Babylonia, remains of a drainage system serving homes (Lofrano et al., 2010) were found. Moreover, many ancient civilizations recognised the necessity of exploiting natural ecosystems without disturbing the environmental balance, such as Greeks and Egyptians that managed the natural water and the wastewater in an effective and environmentally-friendly way. For example, these civilizations collected rain water in cisterns to satisfy water needs of household, irrigation of the fields and toilets (Kalavrouziotis et al., 2015). The first traces of cisterns date back to the Neolithic Age: during the late Neolithic period waterproof lime plaster cisterns were built in the houses in village locations of the Levant and on the island of Crete (May et al., 2013). Then the cistern technology of the Minoans and Mycenaeans was improved by both Hellenistic civilization and during the

Negli ultimi decenni la progressiva espansione delle aree urbanizzate e la conseguente diffusione delle superfici impermeabili, sommate agli effetti dei cambiamenti climatici, hanno portato ad un incremento dei fenomeni alluvionali nelle aree urbane in termini sia di intensità che di frequenza (*flash floods*). Infatti, la progressiva impermeabilizzazione dei suoli comporta un incremento delle portate e dei volumi di piena talvolta non compatibile con la capacità di convogliamento delle reti di drenaggio e dei corpi idrici ricettori, insieme ad altri effetti non secondari come una ridotta ricarica delle falde idriche e un incremento delle velocità dei deflussi superficiali, con conseguenti fenomeni erosivi dei suoli. Diversi studi hanno posto in evidenza come l'incremento dei volumi di piena legato all'urbanizzazione sia causa di alluvioni incontrollate nelle aree urbane e del deterioramento della qualità delle acque dei corpi idrici ricettori (Khan et al., 2006; Dietz, 2007). Infatti, in presenza di terreni permeabili e, più in generale, nei bacini naturali, le perdite idrologiche (evapotraspirazione, infiltrazione superficiale, progressiva saturazione degli strati superficiali del suolo) sono di notevole entità, per cui il run off superficiale si riduce in modo significativo e tende a raggiungere i punti di sbocco in modo graduale. Al contrario, nei bacini urbani, generalmente caratterizzati da scarsa permeabilità (strade, parcheggi, edifici), le acque restano in gran parte sulla superficie del suolo e defluiscono in maggiore quantità. In essi, infatti, le perdite idrologiche risultano poco significative, mentre hanno una certa rilevanza quelle dovute alla formazione di volumi d'invaso superficiale. Le superfici urbane possono presentare, difatti, volumi disponibili per l'accumulo delle acque meteoriche, come ad esempio gli avvallamenti delle superfici stradali o i tetti degli edifici non dotati di una pendenza sufficiente ad innescare un rapido deflusso verso le pluviali.

Tali fenomeni necessitano di attenta considerazione, dal momento che l'urbanizzazione è un fenomeno d'interesse globale, prevedendo entro il 2050 il raggiungimento di un livello di urbanizzazione superiore nell'ordine dell'80% in molti paesi (DESA, 2015). Un ulteriore elemento da non sottovalutare è il cambiamento climatico, causa di notevoli alterazioni del regime delle precipitazioni e di lunghi periodi di siccità. Nel nostro paese, in particolare, risultano sempre più frequenti gli eventi estremi con piogge di breve durata e notevole intensità, che spesso provocano fenomeni di pressurizzazione dei sistemi di drenaggio urbano. In realtà, le conseguenze dei cambiamenti meteo-climatici in atto sul territorio sono molteplici (Margottini, 2015): ad esempio, l'aumento dei fenomeni estremi di tipo meteorico, oltre alle già citate crisi dei sistemi fognari, può causare un incremento delle colate rapide di fango/detrito, mentre l'aumento delle temperature e dell'indice di aridità può innescare fenomeni di erosione del suolo e addirittura di desertificazione di aree particolarmente vulnerabili.

E' evidente, quindi, l'importanza di una gestione efficiente delle acque meteoriche di dilavamento, già riconosciuta da molte civiltà antiche. Difatti, i primi sistemi di drenaggio risalgono al 3500 a.C. in Mesopotamia: tra le rovine di Ur e di Babilonia sono stati portati alla luce i resti di un sistema di drenaggio per acque reflue a servizio delle abitazioni (Lofrano et al., 2010). Inoltre, molte civiltà antiche compresero la necessità di sfruttare gli ecosistemi naturali senza alterarne gli equilibri, come i Greci e gli Egiziani che gestirono le acque naturali e quelle reflue in maniera efficiente e rispettosa dell'ambiente. Ad esempio, queste civiltà effettuavano la raccolta delle acque piovane per soddisfare i fabbisogni domestici, irrigui ed igienici tramite l'utilizzo delle cisterne (Kalavrouziotis et al., 2015). Le prime tracce delle cisterne risalgono al Neolitico: nell'ultimo periodo dell'età della pietra furono costruite cisterne in intonaco di calce impermeabile nelle abitazioni dei villaggi del Levante e nell'isola di Creta (May et al., 2013). Le tecniche costruttive delle cisterne dei Minoici e dei Micenei furono poi perfezionate dalla civiltà ellenistica e durante l'Impero Romano. Difatti, anche i Romani fecero un largo uso delle cisterne (Wilson, 2001).

Attualmente, invece nell'ambito della gestione delle acque meteoriche in ambiente urbano, l'attenzione si sta concentrando sugli approcci operativi relativi agli aspetti ambientali, sociali ed economici (Fletcher et al., 2015). Nello specifico, sono stati definiti criteri innovativi per limitare gli effetti negativi

a sinistra / left
Cisterna minoica in un complesso abitativo nei pressi di Chamaizi, vicino la città di Sitia ad est di Creta, "History of Water Cisterns: Legacies and Lessons" (2013), Larry Mays, George P. Antoniou and Andreas N. Angelakis / *Minoan water cistern at the house complex in the vicinity of Chamaizi, near the town of Sitia in the eastern Crete, History of Water Cisterns: Legacies and Lessons (2013), by Larry Mays, George P. Antoniou and Andreas N. Angelakis.*

a destra / right
Cisterne minoiche a Festo / *Minoan cistern in Phaistos (source: https://ancientwatertechnologies.com).*

Roman Empire. In fact, the Romans made extensive use of cisterns, as well (Wilson, 2001).
In the field of stormwater management, the attention is currently focused on operative approaches strongly addressed to environmental, social and economical considerations (Fletcher et al., 2015). Specifically, innovative environmental criteria to limit the detrimental impacts of urbanization were defined and, in particular, among the actions for the stormwater management, the application of the Best Management Practices is now recognised as an effective solution for the quantitative and qualitative control of the urban runoff (US EPA, 2004). The BMPs are devices able to control the flood hydrographs variation and the discharged volumes through the exploitation of water accumulation in wetlands, aiming at delaying the conveyance to the drainage system and trigger water losses due to infiltration and evapo-transpiration.
The BMPs have a wide range of applications: for example, among them, the filtration systems are included. These use a draining matrix, such as sand, gravel or peat to partly remove pollutants from the rain water and they are generally applied to treat the water coming from small areas, such as car parks or small urban areas. Moreover, infiltration and evaporation systems are named; these, favouring the percolation of runoff water in the soil, allow to remove part of transported pollutants, retained by the soil and then removed by the microorganisms. In addition to the qualitative impact, these systems allow to partially restore the original water balance before transformation of site (hydrological and hydraulic invariance), both reducing the flows discharged into the receiving water bodies and partly providing the recharging of groundwater. To this category, bioretention cells, porous pavements, green roofs, vegetative swales, rooftop gardens and infiltration trenches are included, having different removal efficiencies, costs, environmental impacts and disposal capacities.
The phytoremediation also appertains to the BMPs; it is based on the absorption capacity of the plants, that through the roots absorb the nutrients (especially inorganic) in the water to purify. Moreover, the roots foster the adhesion of microorganisms whose activity is favoured by the freeing of the atmospheric oxygen, previously absorbed by the aerial part of the plants.
Finally, there are the lagooning systems where the wastewater, after undergoing the screening, is accumulated in ponds where several biological, biochemical and physic processes happen, in a way similar to what happens in natural water bodies with slow replacement of water. In these systems the basins, colonized by a wide variety of living organisms (bacteria, algae, zooplankton, aquatic plants), ensure a high purification efficiency, as long as the water residence time in beds.
Due to the recent application, the definition of BMPs effectiveness and suitability results an important step in the field of the urban runoff control planning. Furthermore, the planning process, related to the application of BMPs

dell'urbanizzazione e, in particolare, tra i diversi interventi per la gestione delle acque meteoriche, l'applicazione delle Best Management Practices (BMPs) è ormai riconosciuta come una soluzione efficace per il controllo quantitativo e qualitativo del deflusso superficiale (US EPA, 2004). Si tratta di dispositivi che comportano una variazione degli idrogrammi e dei volumi di piena mediante la creazione di accumuli idrici in aree umide, così da ritardarne il convogliamento al sistema di drenaggio e da innescare perdite idrologiche per infiltrazione ed evapotraspirazione.
Le BMPs presentano un'ampia varietà applicativa: tra esse possono annoverarsi, ad esempio, i sistemi filtranti, che sfruttano una matrice drenante (sabbia, ghiaia o torba) per rimuovere una parte dei composti inquinanti presenti nelle acque meteoriche, solitamente utilizzati per trattare acque provenienti da piccole superfici, quali parcheggi o circoscritte aree urbanizzate. Vi sono poi i sistemi ad infiltrazione ed evaporazione che, favorendo la percolazione delle acque di deflusso nel sottosuolo, permettono di rimuovere parte degli inquinanti convogliati, trattenuti dal suolo e successivamente rimossi dai microrganismi in esso presenti. Oltre all'impatto qualitativo, questi sistemi permettono di ristabilire almeno in parte l'originale bilancio idrico del suolo prima della trasformazione del sito (invarianza idrologica e idraulica), riducendo le portate scaricate nei ricettori e provvedendo in parte anche alla ricarica delle falde sotterranee. A questa categoria d'interventi appartengono dispositivi quali le pavimentazioni porose, i tetti verdi, i canali inerbiti e le trincee di infiltrazione, ognuno con efficienza di rimozione degli inquinanti, costi e impatti ambientali differenti.
Rientra tra le tecnologie BMPs anche la fitodepurazione, basata sull'apporto ritentivo delle piante che, tramite l'apparato radicale, assorbono gli elementi nutritivi (principalmente inorganici) presenti nell'acqua da depurare. Le radici delle piante fungono anche da punti di adesione per i microrganismi, la cui attività viene favorita dalla liberazione dell'ossigeno atmosferico assorbito in precedenza dai loro apparati aerei.
Infine, alle BMPs possono essere ricondotti anche i sistemi di lagunaggio, in cui le acque reflue, dopo essere state sottoposte ad una grigliatura, sono accumulate in stagni in cui si attiva una serie di processi di tipo biologico, biochimico e fisico simili a quanto determinato nei corpi idrici naturali a lento ricambio. In questi sistemi i bacini, colonizzati da una grande varietà di organismi viventi (batteri, alghe, zooplancton, piante acquatiche), garantiscono una buona efficienza depurativa, purché il tempo di permanenza del deflusso nei letti preposti ai trattamenti di lagunaggio sia adeguato.
Data la recente applicazione delle BMPs, la determinazione della loro efficacia e convenienza è un obiettivo importante nell'ambito della pianificazione di interventi per il controllo del deflusso urbano. Inoltre, il processo di pianificazione

relativo all'applicazione delle tecnologie BMPs è strettamente correlato alla pianificazione urbanistica e degli usi del suolo, alla progettazione del sistema di drenaggio e degli impianti di trattamento delle acque reflue, per la scelta degli interventi più appropriati, in grado di garantire il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo prefissati, nel rispetto dei vincoli socio-economici (Cheng et al., 2009; Jia et al., 2012; Barbosa et al., 2012).
Sono stati, quindi, implementati diversi strumenti per la simulazione del deflusso superficiale in ambito urbano (Elliot e Trowsdale, 2007), come ad esempio SUSTAIN (System Urban Stormwater Treatment and INtegration), al fine di analizzare l'applicazione e l'efficacia delle BMPs (US EPA, 2009; Lee et al., 2012; Fletcher et al., 2013; Mao et al., 2016). Con lo stesso obiettivo, presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA) dell'Università di Napoli Federico II è stato sviluppato un Sistema di Supporto Decisionale (Decision Support System, DSS) per la progettazione ottimale delle BMPs, basato sull'implementazione di un modello di ottimizzazione, l'algoritmo meta-euristico Harmony Search (Geem et al., 2001), interfacciato con il solutore idraulico EPA SWMM 5.1.
EPA SWMM (Storm Water Management Model) è attualmente uno dei più potenti software di modellazione dei processi di trasformazione afflussi meteorici - deflussi. Esso consente, inoltre, tramite l'integrazione numerica in forma completa delle equazioni del De Saint Venant, di eseguire simulazioni idrauliche su un sistema di canali o condotte sollecitato da fenomeni meteorici o da ingressi di natura diversa, simulando la propagazione della piena e definendo i valori delle portate e dei tiranti idrici (ovvero del grado di riempimento) lungo il percorso. In aggiunta, SWMM è in grado di restituire informazioni circa la propagazione degli inquinanti in tempo di pioggia.
Il modello meta-euristico Harmony Search (HS), invece, consente di individuare tra un esteso range di soluzioni ammissibili per un problema (corrispondente con il numero di iterazioni fissate), quella in grado di massimizzare (o minimizzare) la Funzione Obiettivo (FO) imposta, mediante l'applicazione di una serie di operatori matematici che riproducono numericamente la ricerca musicale della perfetta sinfonia jazz. Tale algoritmo è stato applicato in vari ambiti per l'ottimizzazione di sistemi complessi, risultando specificamente utile per la progettazione e gestione ottima di sistemi fognari (De Paola et al., 2015, 2016a, 2017) ed acquedottistici (De Paola et al., 2016b, 2016c).
Per verificare l'efficacia del modello implementato, nel presente lavoro è stato analizzato un caso di studio, costituito da un'area localizzata nel quartiere Fuorigrotta di Napoli, di superficie pari a 1,89 Km^2 e perimetro pari a 6975 m. L'area è delimitata a nord da Via Terracina, ad est e a sud dalla collina di Posillipo e ad ovest dall'edificio della Mostra d'Oltremare. Il sistema fognario di Fuorigrotta

techniques, is strictly correlated to urban master planning and land use, drainage system and water pollution planning, for the choice of the most appropriate practices, able to accomplish the required development goals, in compliance with the socio-economical constraints (Cheng et al., 2009; Jia et al., 2012; Barbosa et al., 2012). Several urban runoff simulation tools (Elliot and Trowsdale, 2007), such as SUSTAIN (System Urban Stormwater Treatment and INtegration), were implemented to analyse the application and the effectiveness of BMPs (US EPA, 2009; Lee et al., 2012; Fletcher et al., 2013; Mao et al., 2016). To this aim, at the Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering of the University of Naples Federico II a Decision Support System (DSS) was developed for the optimal design of LID-BMPs practices, based on the implementation of an optimization model, the Harmony Search meta-heuristic algorithm (Geem et al., 2001), interfaced with the EPA SWMM 5.1 hydraulic solver.
EPA SWMM (Environmental Protection Agency Storm Water Management Model) is currently one of the most powerful rainfall-runoff simulation models. Moreover, it allows to perform hydraulic simulations on channels network subject to meteoric events or others inputs of a different nature through the numerical integration of the De Saint Venant equations, simulating the maximum flow rate propagation and defining both the flow and the hydraulic head (the filling degree) along the way. In addition, SWMM is able to provide information concerning the pollutant propagation during the rainy period. The Harmony Search (HS) meta-heuristic algorithm allows to identify, in a wide range of feasible solutions for a problem (corresponding with the number of fixed iterations), the one able to maximize (or minimize) the set Objective Function (OF), by applying a series of math operators that numerically define the musical research of the perfect jazz symphony. This algorithm was applied in different fields for the optimization of complex systems, resulting useful for the design and the management of both sewerage (De Paola et al., 2015, 2016a, 2017) and water systems (De Paola et al., 2016b, 2016c).
In this work, aiming at verifying the effectiveness of the implemented model, a case-study was analysed, consisting in an area located in the Fuorigrotta district in Naples (IT), having an extension of 1,89 km^2 and perimeter of 6,975 m. The area is bounded by Via Terracina in the northern side, by Posillipo Hill in the est and south sides and by the Mostra d'Oltremare building in the west side. The urban stormwater system of the Fuorigrotta district was built in the early 1950s, being subjected to multiple changes and integrations over the years.
The main sewer is the Arena Sant'Antonio sewer to convey the rainwater, whereas the Cuma outflowing stream collects the wastewaters. As a result of the study about the functioning of the sewer system in the studied area, two hydrographic basins were first defined: the North Basin, served by the Arena Sant'Antonio main sewer, and the South Basin, where the main sewer is located in Via Diocleziano. In EPA SWMM 5.1 the implemented hydraulic model is

Modello del bacino di Furigrotta in SWMM / *SWMM model of Fuorigrotta (NA) basin, "A Decision Support System for Urban stormwater drainage management" (2017), F. De Paola, M. Giugni, F. Pugliese, P. Romano.*

very simplified, compared with the real configuration of the stormwater system, because it only consists of the main sewers serving the two basins, connected through a final node. This configuration is related to the original scenario, namely the "Baseline Scenario", corresponding to the current configuration without the installation of BMPs.
Territorial analyses were performed by using the UTM WGS84 33N Multi-Precision Topographic Geo-Database, available from the Campania Region Authority, in reference to year 2004. To update the actual urban territorial configuration, specific analyses were performed, in order to define the land uses and the pervious and impervious surfaces distribution, to evaluate the urban traffic density and to identify the location of urban areas potentially suitable for the allocation of BMPs. Furthermore, a GIS model was applied to define the properties of each point of interest, combined with a DTM (Digital Terrain Model), made available from the Campania Region Authority.
The interface between the Harmony Search optimization code and the hydraulic solver SWMM 5.1 was implemented, according to the operative procedure summarized in the flow-chart.
The hydrological response of an urban watershed to 18 design rainfall events was simulated, from the historical

è stato realizzato nei primi anni '50, ed ha subito successive modificazioni e integrazioni nel corso degli anni.
Il collettore principale per il convogliamento delle acque meteoriche è l'Arena Sant'Antonio, mentre l'emissario di Cuma raccoglie le acque reflue. In seguito allo studio della rete fognaria dell'area in questione, sono stati preliminarmente individuati due bacini idrografici: il Bacino-Nord, servito dal collettore principale Arena Sant'Antonio, e il Bacino-Sud, il cui collettore principale è situato in corrispondenza dell'asse viario di via Diocleziano. Lo schema idraulico analizzato in EPA SWMM 5.1 risulta fortemente semplificato rispetto all'effettiva configurazione del sistema di drenaggio, essendo costituito esclusivamente dai collettori principali a servizio dei due bacini e connessi dal nodo finale. Tale configurazione è riferita allo scenario iniziale, indicato come "Baseline Scenario", corrispondente alla configurazione attuale, priva di pratiche BMPs.

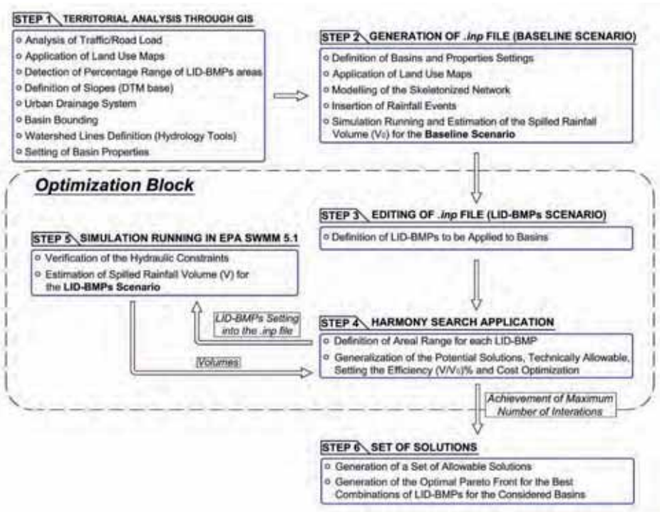


Diagramma di flusso della procedura applicata per progettare le tecnologie BMPs / *Flow-chart of the applied procedure to design the LID-BMPs applications, "A Decision Support System for Urban stormwater drainage management" (2017), F. De Paola, M. Giugni, F. Pugliese, P. Romano.*

Le analisi territoriali sono state condotte utilizzando il Multi-Precision Topographic Geo-Database UTM WGS84 33N, reperibile presso la Regione Campania, relativo all'anno 2004. Per aggiornare all'attualità la configurazione territoriale urbana sono state condotte analisi per caratterizzare l'uso del suolo e le superfici permeabili ed impermeabili, valutare l'intensità del traffico veicolare e definire le aree potenziali per l'allocazione delle BMPs. Inoltre è stato applicato un modello GIS per definire le proprietà di ciascun punto d'interesse, abbinato a un DTM (Digital Terrain Model), reso disponibile dalla Regione Campania.
Il modello d'interfaccia tra il codice ottimizzante Harmony Search ed il risolutore idraulico SWMM 5.1 è stato implementato secondo le procedure operative riassunte dal diagramma di flusso in figura.
È stata simulata la risposta idrologica del bacino a 18 eventi meteorici, i cui dati pluviometrici sono stati estratti dalle serie storiche fornite dall'Autorità di Bacino della Campania Centrale. Sono stati considerati tre periodi di ritorno, rispettivamente di 5, 10 e 20 anni, e una durata critica di 1h per le simulazioni. È stato preliminarmente calcolato il volume di deflusso totale per lo scenario iniziale V_0, ovvero in assenza di BMPs.

series provided by the Campania Centrale Basin Authority. Three return periods, equal to 5, 10 and 20 years, and a critical duration of 1 h were considered for simulations. The spilled volume V_0 referred to the original scenario without BMPs was calculated. From this, the estimation of the improvements obtainable by applying BMPs, in terms of spilled volume reduction with respect to the original scenario V/V_0, was performed. The choice of the BMPs categories to be installed, among those available in SWMM 5.1, was done as a consequence of the analysis of the land use. Moreover, a storage unit (detention basin) was also set for the final nodes of the basins, fixing a maximum surface of 1,000 m², that subsequently multiplied for the maximum calculated water level provides the volume of storage unit.
It should be pointed out that the evaluation of the required volume rate V/V_0 has to be accomplished in relation to the geological composition of the considered site as well; the studied site is mainly composed of loose pyroclasts, which could determine high compaction if significantly imbibed.
The 18 design rainfall events were simulated for both the original scenario and the application of the BMPs to compare the achieved results. Furthermore, the rainfall event which involved the Fuorigrotta (NA) district on the 15/09/2011 was taken into account, clustered in two intense showers with

Parametri di setting delle LID-BMP / *Setting parameters of LID-BMPs.*

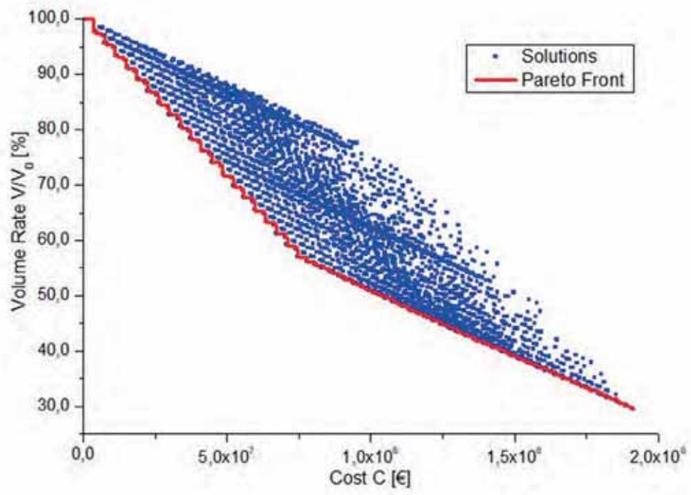
	North basin	South basin
Area (m^2)	821.400	1.072.700
Width (m)	4.086,6	6.476,4
Impervious surface (%)	92,9	81,4
Max area convertible in Bioretention (m^2)	66.184,25	199.955
Max area convertible in Green Roofs (m^2)	11.505,05	141.851,5
Max area convertible in Porous Pavements (m^2)	383.629,05	419.552,9

Costi unitari delle LID-BMP e delle vasche volano / *Unitary costs of both BMP and detention basin.*

LID-BMP	Unitary Cost (€/m^2)
Bioretention	231,82
Green Roofs	92,70
Porous Pavements	218,05
Detention Tanks	820,41 * A – 856,46

a mean intensity greater than 50 mm/h. In reference to this event, a return period of 500 years was estimated, causing damages in the order of 240 M€. The analysis of the above event was useful to assess the environmental and economic improvements obtainable with the BMPs, when catastrophic events occur.
Before starting the simulations, the BMPs to be adopted were defined (bioretention systems, green roofs, porous pavements), as a function of the properties of the basin and the maximum allowable values for both the storage units and the BMPs, as shown in the first table. As regards the economic analysis, unitary costs for BMPs were applied according to Zheng (2013), as summarized in the second table. On the contrary, the prices of the detention basins were derived from market investigations, as a function of the surface A.
For each simulation 10,000 iterations were considered. In greater detail, three levels of simulations were performed, by varying the ratio V/V_0 between the spilled volume in the two considered scenarios in the ranges 100-77%, 77-47% and 47-34%, respectively. 30,000 solutions were found, obtaining the related Pareto Front, composed of the dominant solutions, namely the solutions such that, for a fixed cost, the volume reduction was maximized; conversely, for a fixed V/V_0 these solutions defined the related minimum costs .
The developed model allowed to define the optimal parameters for the design and the application of BMPs, as a function of the economic budget, operating as an effective Decision Support System (DSS). In the considered case-study, a maximum budget of about 50-55 M€ was set, corresponding to the optimum volume rate V/V_0 of about 70%. This result was achieved providing for the North Basin an area of 269,155.5 m^2 converted into porous pavements. An

In tal modo è stato possibile valutare i benefici ottenuti dall'applicazione delle tecnologie BMPs in termini di riduzione del volume di piena rispetto allo scenario iniziale (V/V_0). La scelta delle tecnologie BMPs da introdurre, tra quelle disponibili in SWMM 5.1, è stata effettuata sulla base dell'analisi degli usi del suolo. Inoltre è stata predisposta un'unità di stoccaggio (ovvero una vasca volano) nei nodi finali dei bacini, fissando una superficie massima di 1000 m^2, che moltiplicata successivamente per il tirante idrico massimo calcolato fornirà il volume della vasca.
Bisogna tener presente che la scelta del rapporto V/V_0 deve essere eseguita anche in funzione delle caratteristiche geologiche del sito considerato; il sito in questione è caratterizzato da un suolo costituito in prevalenza da piroclastiti sciolte, che subiscono una significativa compattazione in caso di elevato grado di saturazione.
Gli effetti dei 18 eventi piovosi sono stati simulati sia nel caso di scenario iniziale che per l'applicazione delle BMPs, così da poter eseguire un confronto tra i risultati ottenuti. In aggiunta è stato considerato anche l'evento meteorico che investì il quartiere di Fuorigrotta il 15/09/2011, con due scrosci di intensità media superiore ai 50 mm/h. Per tale evento meteorico è stato valutato un periodo di ritorno di 500 anni, con danni complessivi stimati in circa 240 milioni di euro. L'analisi dell'evento suddetto è stata ovviamente utile per quantificare i benefici ambientali ed economici apportati dall'applicazione delle BMPs per un evento catastrofico.
Prima di procedere alla simulazioni, sono state definite le BMPs da adottare (sistemi di bioritenzione, tetti verdi, pavimentazioni porose) in funzione delle



Fronte di Pareto / *Pareto Front, "A Decision Support System for Urban stormwater drainage management" (2017), F. De Paola, M. Giugni, F. Pugliese, P. Romano.*

caratteristiche del bacino e sono stati fissati i valori massimi ammissibili per le unità di stoccaggio e le BMPs, riportati in tabella. Per l'analisi economica il costo unitario delle BMPs è stato valutato in base alle indicazioni di Zheng (2013) sintetizzate in tabella. I costi delle vasche volano sono stati invece desunti da indagini di mercato, in funzione della superficie A.
Per ciascuna simulazione sono state effettuate 10.000 iterazioni. Nello specifico, sono stati sviluppati tre livelli di simulazione, al variare del rapporto V/V_0 dei volumi di deflusso totale nei due scenari considerati nei range: 100-77%, 77-47% e 47-34%. In tal modo sono state ottenute 30.000 soluzioni, ricavando il corrispondente Fronte di Pareto, costituito dalle soluzioni dominanti, ovvero le soluzioni tali che, per un fissato costo, risulti massima la riduzione del volume di deflusso V/V_0; viceversa, per un fissato V/V_0, tali soluzioni individuano il relativo minimo costo.
Il modello sviluppato ha consentito di determinare i parametri ottimali per la progettazione e l'applicazione delle tecnologie BMPs in funzione del budget economico, costituendo quindi un effettivo strumento di supporto alla decisione. Nel caso considerato, è stato impostato un budget massimo di 50-55 milioni di

area devoted to the bioretention of 65,21 m^2 was also defined. In reference to the South Basin, only porous pavements were applied, for an area of 294,291.2 m^2. In it a small detention unit of 113.26 m^2 with maximum volume of 135 m^3, was also provided.
In presence of the considered historic catastrophic event, a value of the volume rate V/V_0 equal to 70.1% was obtained, pointing out the meaningful effectiveness of the selected solution.
In conclusion, in this work the effectiveness of a DSS to manage urban stormwater systems with innovative technologies was assessed, in reference to the real case of the Fuorigrotta (NA) basin. The DSS was implemented by combining the Harmony Search code with the EPA SWMM 5.1 hydraulic solver, aiming at defining the optimal design of BMPs in urban drainage systems. The considered case-study, assuming the use of practices such as bioretention, green roofs and porous pavements, allowed to underline the BMPs capability in reducing the flooding phenomena in urban areas, also when heavy rainfall events occur.
Thus, the comparison between pre and post intervention scenarios pointed out both the reliability and the effectiveness of the developed model to estimate the achievable

environmental and economic benefits from the use of BMPs. The model allowed to define the solution which, for a fixed economic budget, was able to maximize the reduction of flooded volume. At the same time, the model obviously allows to estimate the minimum budget, required to reduce the runoff volume to a fixed value.

euro, al quale corrisponde un valore ottimo del rapporto V/V_0 pari a circa il 70%. Tale risultato è stato ottenuto prevedendo per il Bacino-Nord, un'area convertita a pavimentazioni porose pari a 269155,5 m^2 e un'area dedicata a bioretention di 65,21 m^2. Nel Bacino-Sud, invece, sono state applicate esclusivamente pavimentazioni porose, per un'area di 294291,2 m^2. Per il Bacino-Sud è stata, altresì, prevista una piccola vasca volano di estensione pari a 113,26 m^2, con un volume massimo di 135 m^3.

Con riferimento all'evento catastrofico considerato, invece, è stato ottenuto un valore del rapporto V/V_0 pari a 0,701, che evidenzia la significativa efficacia della soluzione utilizzata.

In conclusione, nel lavoro è stata presentata l'applicazione ad un caso reale di un DSS per la gestione delle acque meteoriche in ambito urbano con tecniche innovative. Il sistema è stato implementato combinando il codice Harmony Search con il risolutore idraulico EPA SWMM 5.1, con la finalità di eseguire la progettazione ottimale delle tecnologie BMPs nei sistemi di drenaggio urbano. Il caso di studio proposto (quartiere di Fuorigrotta, Napoli), ipotizzando l'utilizzo di pratiche quali bioretention, pavimentazioni porose e tetti verdi, ha consentito di evidenziare l'efficacia delle BMPs per la riduzione dell'impatto delle alluvioni nelle aree urbane nel caso di intensi eventi meteorici.

Il confronto tra gli scenari di pre e post-intervento ha quindi mostrato l'efficacia e l'affidabilità del modello sviluppato nella stima dei benefici ambientali ed economici raggiungibili con l'applicazione delle BMPs, anche in presenza di eventi estremi. Esso è stato infatti in grado di restituire la soluzione che, per un prefissato budget economico, massimizza la riduzione del volume di piena. Ovviamente il modello consente anche di determinare il budget minimo richiesto per la riduzione ad un prefissato valore del volume di deflusso.

References

Barbosa A. E., Fernandes J. N., David L. M. (2012), "Key issues for sustainable urban stormwater management", *Water Research*, Vol.46, pp. 6787-6798.

Cheng M. S., Zhen J. X., Shoemaker L. (2009), "BMP decision support system for evaluating stormwater management alternatives", *Frontiers of Environmental Science & Engineering in China*, Vol.3, pp. 453-463.

De Paola F., Galdiero E., Giugni M., Pugliese F. (2015), "Sustainable development of stormwater systems in Africa cities considering climate change", *Procedia Engineering*, Vol. 119, pp. 1181-1191.

De Paola, F., Giugni, M., Pugliese, F. (2018). "A harmony-based calibration tool for urban drainage systems", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management*, Vol. 171, Issue 1, pp 30-41.

De Paola F., Galdiero E., Giugni M. (2016), "A jazz-based approach for optimal setting of pressure reducing valves in water distribution networks", *Eng. Opt.*, Vol. 48, pp. 727-739.

De Paola F., Fontana N., Giugni M., Marini G., Pugliese F. (2016), "An application of the Harmony-Search Multi-Objective (HSMO) optimization algorithm for the solution of Pump Scheduling problem", *Proc. Eng.*, Vol.162, pp. 494-502.

De Paola F., Giugni M., Pugliese F., Romano P. (2017), "A Decision Support System for Urban stormwater drainage management", *European Water*, Vol.57, pp. 115-121.

Department of Economic and Social Affairs of the United Nations, Population Division (2014), *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights*, United Nations, (ST/ESA/SER.A/366).

Dietz M. E. (2007), "Low impact development practices: a review of current research and recommendations for future directions", *Water Air Soil Pollut*, Vol. 186, pp. 351-363.

Fletcher T. D., Andrieu H., Hamel P. (2013), "Understanding, management and modeling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: a state of the art", *Adv. Water Resour.*, Vol. 51, pp. 261-279.

Fletcher T. D., Shuster W., Hunt W. F., Ashley R., Butler D., Arthur S., Trowsdale S., Barraud S., Semadeni-Davies A., Bertrand-Krajewski J-L., Mikkelsen P. S., Rivard G., Uhl M., Dagenais D., Viklander M. (2015), "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage", *Urban Water J.*, Vol.12, pp. 525-542.

Geem Z. W., Kim J. H., Loganathan G. V. (2001), "A new heuristic optimization algorithm: Harmony Search", *Simulation*, Vol. 76, pp. 60-68.

Jia H., Lu Y. W., Yu S. L., Chen Y. R. (2012), "Planning of LID-BMPs for urban runoff control: the case of Beijing Olympic Village", *Sep. Purif. Technol.*, Vol.84, pp. 112-119.

Khan S., Lau S. L., Kayhanian M., Stenstrom M. K. (2006), "Oil and grease measurement in highway runoff-sampling time and event mean concentrations", *J. Environ. Eng.*, Vol.132, pp. 415-422.

Kalavrouziotis I. K., Koukoulakis P. H., Drakatos P. A. (2015), "Water and wastewater management in antiquity in the context of an ethically oriented environmental protection", *Int. J. Glob. Environ. Issues*, Vol. 14, pp. 226-237.

Lee J. G., Selvakumar A., Alvi K., Riverson J., Zhen J. X., Shoemaker L., Lai F. H. (2012), "Awatershed-scale design optimization model for stormwater best management practices", *Environ. Model. Softw.*, Vol. 37, pp. 6-18.

Lofrano G., Brown J. (2010), "Wastewater management through the ages: A history of mankind", *Sci. Total Environ.*, Vol. 408, pp. 5254-5264.

Mao X., Jia H., Yu S.L. (2016), "Assessing the ecological benefits of aggregate LID-BMPs through modelling", *Ecol. Model.*, Vol. 353, pp. 139-149.

Margottini C. (2015), "Un contributo per gli Stati Generali dei cambiamenti climatici e l'arte della difesa del territorio", *Stati Generali dei cambiamenti climatici e l'arte della difesa del territorio*, Rome June 22 2015, ISPRA.

Muthukrishnan B. M., Selvakumar A., Field R., Sullivan D.A. (2004), *The Use of Best Management Practices (BMPs) in Urban Watersheds*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Shoemaker L., Riverson J., Alvi K., Zhen J.X., Paul S., Rafi T. (2009), *SUSTAIN-a Framework for Placement of Best Management Practices in Urban Watersheds to Protect Water Quality*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Koloski-Ostrow A.O. (2001), *Water Use and Hydraulics in the Roman City*, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, IA.

Zheng Z. (2013), *Development of a stormwater low impact development planning tool*, Thesis for the degree of Master of Applied Science in the Program of Civil Engineering, Ryerson University Toronto, Ontario, Canada.

Per un “progetto di suolo” alla scala di distretto urbano

Lorenzo Boccia, Alessandra Capolupo, Marina Rigillo

For a “land use project” at the urban district scale

Ecosystem services and potential of urban soils

The action on urban soils is a key part of the strategies for reducing vulnerability to climate change thanks to the soil capacity of adapting contemporary city to the impacts connected to global warming, especially those of heat wave and pluvial flooding (Gill et al., 2007). Urban soils, in fact, especially the evapotranspiring ones, provide ecosystem services that make the urban space more efficient in terms of climate adaptation, stressing the performances related to the run-off control and the microclimate regulation, as well as the reduction of air pollution and of environmental noise (MEA, 2005; Pauleit and Breuste, 2011). Beyond the environmental advantages coming from the increase of vegetated areas, investments in soils, redevelopment provide a change between built and open spaces in the urban system in order to better steering the demand for ecological functions and for new public spaces in the cities. Indeed the goal of new adaptive solutions for risk reduction overlaps the redevelopment potential of various parts of the city (especially those abandoned and under-used) increasing the overall city's value in terms of resiliency but also of real estate and economic incomings (OECD, 2010). Moreover, the stock of evapotranspiring soils mitigates cities, contribution to climate change by reducing gas emissions deriving from human activities, and improves the capacity of storing carbon monoxide (CO_2) in the soil and of reducing air pollutants. Morover, policies for natural urban soils can also implement social measures to reduce poverty. Natural urban soils are often consistent with agricultural/forestry use, thus representing a key contribution in reducing disparity in accessing food and energy resources in the so-called mega-cities, where they mitigate precariousness and food insecurity of the weaker social groups, especially those massively immigrated from rural areas (UN, 2012, FAO, 2009)[1].

In this framework, interventions for preserving, recovery and producing evapotranspiring soils in urban areas seem appropriate in order to capitalize and to increase the set of urban performances and ecosystem services immediately available for the city. These services can be assimilated to the definition of public good or semi-public good (Kretsch et al., 2016), to the extent that there is a non-exclusivity condition in their enjoyment and there is not competition (economic and/or social) for accessing to the benefits provided. Excluding here the discussion about the economic value of the ecosystem services and their importance as undivided social capital, we want to emphasize their strategic value as new offer of “public services” through which enhancing the resiliency of the built environment in risk conditions, as well as achieving better everyday life. In other words, the multi-objective character qualifying the climate adaptation operations on urban soils becomes crucial for the success of the intervention, also producing the logical welding between the request for increasing urban resilience and that for new, updated public spaces in the city. According to this, the investment for converting impervious surfaces into evapotranspiring soils also intercepts goals and interests typically associated to the nature and the practices of urban regeneration, by channelling both public and private incomes to recover polluted and/or abandoned areas, including actions for involving stakeholders and for detecting appropriate design solutions[2].

These considerations, supported by the experience of best practices, are pushing the European Commission to promote initiatives, policies and projects aimed at creating: «strategically planned network of natural and semi-natural areas […] designed and managed for deliver a wide range of ecosystem services» (EU-COM 2009, and 2013, EEA 2011). Therefore, Europe identifies effective connections between the increase of urban evapotranspiring soils, the awareness of the value of ecosystem services, and the proactive risk management, so that it endorses systematic actions for protecting natural soils and for reducing impervious surfaces according to the EU Directive on soil loss and biodiversity, and on energy efficiency implementation and risk prevention[3].

EU documents therefore indicate “green infrastructure” as key planning device to create synergies with planning policies (at different scales) and with other strategic development sectors. Furthermore, the project of green infrastructure provides new configurations for both urban and peri-urban environments by re-organizing and re-connecting diverse urban green areas - different for uses, size and ecosystem capacity - in a single system of spaces and functions, achieving the comprehensive increase of the built environment performances, with regard to both the creation of more vibrant and liveable public places, and the adaptation to climate change[4]. Morover, the creation of green infrastructures contributes at reducing the impacts on atmosphere coming from the urban environment (Grimmond, 2011). Evapotranspiring soils, thank to their buffering capacity store carbon dioxide and clean leaching waters and other urban residues (Marcotullio, 2011) so that urban green infrastructures become «a network of healthy ecosystems» that «often provides cost-effective alternatives to traditional 'gray' infrastructure and offers many other benefits for both human and biodiversity» (Schneider and Luderitz, 2017).

According to the advances of scientific community, in the last year there have been important experiences of urban regeneration focused on the design of green infrastructure with the aim of achieving risk reduction and creating new services at both urban and territorial scale. The experiences made in New York, London, Rotterdam unquestionably represent good international references in terms of design procedures and of spatial solutions, and they also represent the opportunity to evaluate the projects results in relation to the context diversities and of the goal

Servizi eco-sistemici e potenzialità dei suoli urbani

L’intervento sui suoli urbani è parte essenziale delle strategie per la riduzione della vulnerabilità al *climate change* rappresentando un fattore importante per migliorare l’adattamento della città contemporanea agli impatti connessi al riscaldamento globale, e segnatamente l’onda di calore (*heat wave*) e gli eventi eccezionali di pioggia (*pluvial flooding*) (Gill et al., 2007). L’aumento delle superfici evapotraspiranti, infatti, in ragione della quantità e qualità dei servizi eco-sistemici prodotti, determina una migliore efficienza dello spazio urbano in termini di capacità ecologica, rafforzando le prestazioni ambientali connesse alla permeabilità dei suoli, alla regolazione del microclima locale, alla riduzione degli impatti derivanti alla presenza di polveri sottili e all’inquinamento acustico (MEA, 2005; Pauleit e Breuste, 2011). Inoltre, la valorizzazione di suoli evapotraspiranti rappresenta una misura per mitigare in termini quantitativi il contributo di emissioni di gas climalteranti derivanti dalle attività antropiche della città, incidendo sulla capacità di stoccaggio dell’ossido di carbonio (CO_2) nel terreno e sulle funzioni di depurazione dell’aria. Non ultimo, l’attenzione per i suoli urbani si inquadra, oggi, anche nell’ambito di politiche sociali per la lotta alla povertà, poiché la conservazione e/o la creazione di suoli compatibili con usi agricoli, piuttosto che *no-food* (piantagioni per la produzione di legna da ardere), è considerata un’importante azione di supporto per ridurre la condizione di disparità nell’accesso al cibo e alle risorse energetiche nelle *mega-cities*, dove la creazione di aree agricole urbane, piuttosto che piccole aree forestate, risponde alla necessità di fornire cibo ed energia alle fasce socialmente più deboli, attenuando la condizione di precarietà e insicurezza alimentare di ampie fasce della popolazione derivante dalla massiccia immigrazione dalle aree rurali (UN, 2012; FAO, 2009)[1]. Oltre ai vantaggi per la sicurezza ambientale, l’investimento per la riqualificazione dei suoli e per la creazione di aree vegetate si configura come opportunità per ripensare il rapporto pieno-vuoto del sistema urbano, in modo da adeguare la richiesta di funzioni ecologiche derivanti dall’esigenza di riduzione del rischio con quelle per un nuovo uso. In questa prospettiva l’obiettivo di sviluppare soluzioni adattive per la messa in sicurezza dell’ambiente costruito coincide, di fatto, con quello di una complessiva riqualificazione di parti intere della città delle aree abbandonate o dismesse, andando a modificare anche in termini di valore il sistema delle preesistenze e dei vuoti urbani (OECD, 2010).

In questo quadro, gli interventi per la conservazione, il recupero e la produzione di suolo evapotraspirante in aree urbane si configurano come opportunità al fine di capitalizzare e implementare l’insieme delle prestazioni ambientali e dei servizi eco-sistemici già immediatamente disponibili per la città contemporanea. Servizi che possono essere assimilati alla definizione di *public good* o *semi-public good* (Kretsch et al., 2016), nella misura in cui si verifica la non esclusività nel godimento degli stessi e l’assenza di competizione (economica e/o sociale) per l’accesso ai benefici erogati. Senza volere qui approfondire i termini del dibattito circa il valore economico dei servizi eco-sistemici e del loro riconoscimento come capitale indiviso, si vuole dare risalto alla valenza strategica che questi rivestono per la città, configurandosi come una nuova offerta di “servizi per il pubblico”, destinati a potenziare la capacità di risposta dell’ambiente costruito in caso di rischio, nonché realizzare migliori condizioni di vita nel quotidiano. Si evidenzia, cioè, il carattere multi-obiettivo che qualifica gli interventi per l’adattamento climatico e che diventa un fattore determinante per il successo dell’intervento stesso, tanto da realizzare una sorta di saldatura concettuale tra l’esigenza di incremento della resilienza urbana e la richiesta di nuovi e più adeguati spazi pubblici per la città. L’investimento per la riconversione di superfici impermeabili in aree evapotraspiranti diventa quindi occasione per intercettare obiettivi tipicamente legati alla natura e alle prassi della rigenerazione urbana, convogliando risorse pubbliche e private verso interventi di recupero e valorizzazione di aree dismesse e/o abbandonate, anche sviluppando azioni di coinvolgimento e interlocuzione con portatori di interesse e investitori[2], e puntando alla definizione di soluzioni progettuali appropriate al contesto di intervento.

Questa consapevolezza, confortata dall’esperienza di buone pratiche internazionali, sta spingendo sempre più la Commissione Europea a promuovere iniziative, politiche e progetti finalizzati alla creazione di: «strategically planned network of natural and semi-natural areas […] designed and managed for deliver a wide range of ecosystem services» (EU-COM 2009, e 2013; EEA 2011). L’Europa individua, infatti, un collegamento operativo tra gestione dei suoli urbani evapotraspiranti e produzione di servizi eco-sistemici, e spinge per realizzare azioni di sistema affinché gli interventi per la tutela dei suoli naturali e il recupero di superfici impermeabili siano coerenti con gli indirizzi comunitari in materia di contrasto al consumo di suolo, biodiversità, efficienza energetica, e prevenzione del rischio[3].

Le politiche europee puntano quindi sul progetto di “infrastruttura verde” per organizzare nuove configurazioni dell’ambiente urbano ed extra-urbano che siano in grado di creare sinergie con la pianificazione territoriale e con altri settori strategici di sviluppo. In particolare, il progetto delle infrastrutture verde consente di ri-organizzare e ri-connettere le molte tipologie di aree verdi urbane - diverse per uso, dimensione e capacità ecosistemica - in un unico sistema di spazi funzionali al

set. However, despite the success of the green infrastructures experienced in many urban areas, objective criteria and methods for the analytical evaluation of the benefits provided by the actions on evapotranspiring soils are still lacking. Then research is increasingly oriented to develop new tools for advancing in the comparative analysis of different intervention and scenarios with the aim of achieving a more tangible comparison of the cost/benefit ratio for the investments made. In this framework, the technological approach is crucial for the validation process. It works on splitting the design process according to the results expected from the construction steps; it analyses the demand/performance balance of the project through both established data set coming from spatial analysis and quantitative and qualitative indicators, designing analytical models (created ad hoc) for making the project's outcomes comparable and quantifiable[5].

Designing urban soils

According with such scientific background, the study has directed towards the analysis of urban soils, considered as essential resource of the climate-adaptive urban project. The general aim of the research is to define the technical and conceptual steps that allow to reach a comprehensive project of urban land use (and of land use change), deemed as essential prerequisite for creating new evapotranspiring surfaces in the city (Pauleit and Breuste, 2011; Marcotullio, 2011). In fact, there is the scientific evidence of the direct correspondence between the soil typologies and the eco-system services provided (soils are not equals, and not all soils provide the same eco-systemic services) which represent part of the expected environmental performances of urban green infrastructures.

Therefore the research focuses on the minimum rate of soils performance able at developing a comprehensive "land use project"[6] at the district scale, considering that the soil efficiency varies significantly according to the features of the built environment, since it is directly related to land-uses and to the characteristics of land cover. Moreover, these parameters are not independent by the site morphology, nor by the quality of the materials that build the urban space (in its three-dimensional configuration), nor by the multiple lifeforms co-existing in the city: «Land-uses are particularly different, small-scaled, intensive and influential not only on the targeted urban area but also elsewhere through noise, air pollution, etc. They consist of a mosaic of different, often very small, land uses types as basic elements which form the key tool for undertaking applyed urban ecology research and urban nature conservation» (Breuste, 2011, pp.17).

So the "Land-use project" refers to a network of measures and operations of variable size located within the city - and/or in its immediate surroundings - that are focused on the adaptive implementation of horizontal and vertical surfaces (in particular the built ones), as well as on the position of the vegetated areas within the built environment, and on the appropriate uses of remnant soils (sometime very large). The reference to the ground characteristic rather than vegetated areas has an operative sense, since the different characteristics of the soil define the limits and the opportunities of the adaptive intervention. In fact, the quantity of soil available and its pedological quality fix the vegetation capacity, as well as the project potential in modifying the nature and the shape of the places according to multi-functional logic, consistent with the expected impacts and with the inhabitants' requirements. In this sense, the urban land-use project can be understood as a sort of "letter of intent" to support the creation of green infrastructures; it is an essential contribution of knowledge to verify the technical feasibility of the re-use, recovery and production of evapotranspiring soils in the urban areas. Above all, the term "land use project" aims at achieving a model for restructuring the available urban surfaces in order to meet multiple objectives both in terms of planning and of construction details, thus implementing common objectives through single interventions". The land-use project is therefore intended as strategic reference to respond to the demand for environmental performance at the urban district (or sub-district) scale, developing new configurations and new uses, consistent with the soil's quality (the existing ones, but also those ex-novo produced) and the urban space as well. Moreover, urban land use project is not related to sectorial topics, since its effectiveness depends precisely on the capacity to manage the specific aspects that characterize it (pedology, botany, reclamation and functional restoration, biodiversity, urban landscape, etc.).

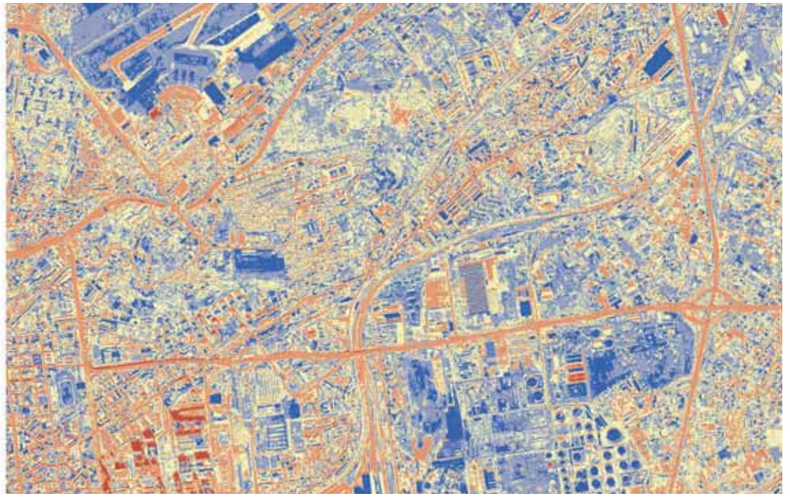
In this sense, the urban land use project represents an essential step for designing green infrastructures, with the aim of defining the transformation susceptibility of the urban system in terms of

complessivo innalzamento delle prestazioni dell'ambiente costruito, sia rispetto alla realizzazione di nuovi luoghi pubblici, più accoglienti e vivibili, sia per migliorare l'adattamento delle città al *climate change*[4]. Inoltre, la realizzazione di infrastrutture verdi è di per sé un importante contributo alla riduzione degli impatti propri dell'habitat urbano (Grimmond, 2011), perché i suoli evapotraspiranti, svolgono una funzione tampone che consente di stoccare nel terreno una parte dell'anidride carbonica prodotta dalle attività antropiche, nonché di agire da "depuratore" per le acque di liscivazione e altri residui tipicamente urbani (Marcotullio, 2011) così che le infrastrutture verdi diventano «a network of healthy ecosystems often provides cost-effective alternatives to traditional 'grey' infrastructure and offers many other benefits for both human and biodiversity» (Schneider e Luderitz, 2017).

Sulla base degli avanzamenti prodotti dalla comunità scientifica, sono state realizzate in questi ultimi anni importanti esperienze di rigenerazione urbana finalizzate alla riduzione del rischio e alla realizzazione di infrastrutture verdi sia alla scala urbana che territoriale. Gli interventi di New York, Londra, Rotterdam rappresentano indiscutibilmente delle buone pratiche internazionali per le procedure e le soluzioni spaziali adottate e per i risultati ottenuti relativamente alla diversità dei contesti e degli obiettivi preposti, riferimento obbligato per la progettazione urbana, specialmente nel contesto europeo. Nonostante, però, il successo delle esperienze realizzate in tutte le maggiori realtà urbane, manca ancora la determinazione di criteri e metodi utili alla valutazione analitica dei benefici complessivamente prodotti dalla presenza di aree evapotraspiranti, così che la ricerca è sempre più orientata verso la messa a punto di strumenti per l'analisi comparativa dei diversi scenari di intervento finalizzati ad un riscontro quanto più possibile oggettivo del rapporto costo/benefici degli investimenti. Un riscontro per il quale è indispensabile poter disporre di un approccio di tipo tecnologico, in grado di lavorare sul processo progettuale (e quindi discretizzare i risultati attesi e i passaggi operativi del progetto), e sul contenuto esigenziale/prestazionale dell'intervento, anche utilizzando modelli analitici realizzati *ad hoc*, in grado di mettere a sistema dati derivanti dall'analisi spaziale con indicatori di tipo quantitativo e qualitativo al fine di rendere confrontabili e quantificabili gli esiti dell'intervento[5].

Il progetto del suolo urbano

Alla luce del quadro descritto, lo studio è stato indirizzato verso l'analisi dei suoli urbani evapotraspiranti, considerati una risorsa chiave del progetto urbano adattivo. Obiettivo generale della ricerca è la definizione dei passaggi chiave che consentano di pervenire ad un progetto dell'ambiente costruito avente ad oggetto l'uso (e il cambiamento di uso) del suolo urbano, considerato presupposto imprescindibile per la creazione di nuovi sistemi vegetali evapotraspiranti a servizio della città (Pauleit e Breuste, 2011; Marcotullio, 2011). Si evidenza, infatti, una corrispondenza diretta tra



Albedo, computato su immagini satellitari ad alta risoluzione Pleiades / *Albedo computed from high resolution Pleiades satellite image.*

le caratteristiche dei suoli e la produzione di servizi eco-sistemici (non tutti i suoli sono uguali, e quindi non tutti i suoli erogano i medesimi servizi eco-sistemici) che, a loro volta, rappresentano le prestazioni attese del progetto di infrastrutture verdi urbane.

La ricerca focalizza l'attenzione, in particolare, sulla determinazione dei contenuti prestazionali minimi per sviluppare un "progetto di suolo"[6] alla scala di distretto, considerando che l'efficienza della risorsa suolo varia sensibilmente in ragione della specificità dei sistemi spaziali considerati, in quanto funzione di parametri direttamente collegati al tipo di attività umana (*land-uses*) e delle diverse caratteristiche della copertura del suolo. Tali parametri, inoltre, non sono mai indipendenti dalla forma del luogo, né dalla qualità dei materiali che costruiscono lo spazio urbano (nella sua struttura tridimensionale), né dalle molteplici forme di vita che co-esistono nella città: «Land-uses are particularly diverse, small-scaled, intensive and influential not only on the targeted urban area but also elsewhere through noise, air pollution, ecc. They consist of a mosaic of different, offten very small, land-use types as basic elements which form the key tool for undertaking applied urban ecology research and urban nature conservation» (Breuste, 2011, pp.17).

implementation of both urban and ecological functions, therefore representing a sort of orientation through which compare the multiple design solutions with the expected results.

Notes for a first experimentation

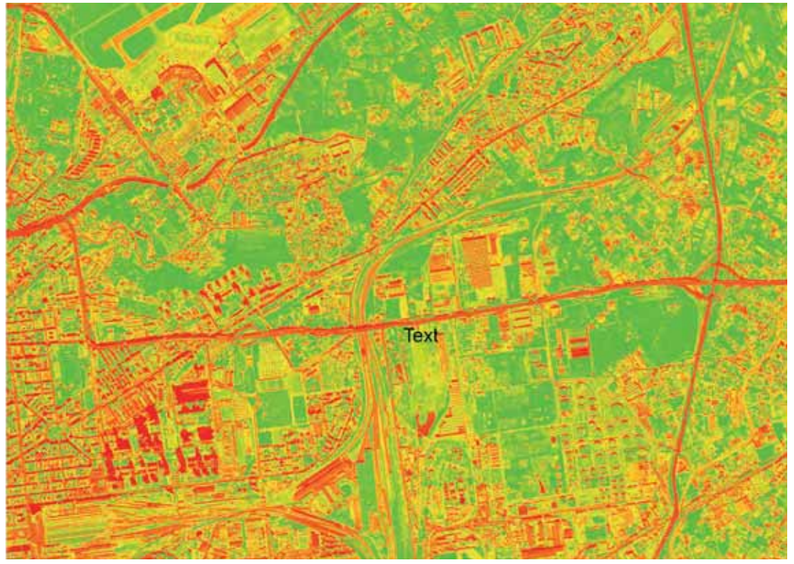
In linking different spaces for eco-systemic use and quality (natural, semi-natural, artificial areas) there is the opportunity to experiment intervention logics aimed at recognizing the adaptive potential of different urban soils.
The research assumes the definition of urban soils as: «A soil material with a non-agricultural man made surface layer more then 50 cm thick, that has been produced by mixing, filling, or by contamination of land in urban and sub-urban areas» (Bockheim, 1974, cited in Craul, 1992, pp.86)[8]. These soils are featured by the loss of one or more functions of natural soils, due to the change in the physical, mechanical, chemical and biological properties of the soil that can be typically traced back to the anthropic use (Craul, 1992) . Together or individually, these conditions affect the ecological capacity of the soil, since the alterations of the physical-mechanical and/or chemical properties of the different pedons are crucial for soil productivity and for the provision of ecosystem services[9] .
The urban land project is therefore organized in a sequence of logical and operational steps that includes:
- re-classification of urban open spaces according to their ecosystem capacity (urban forests, parks, agricultural areas, gardens, abandoned areas);
- re-classification of urban spaces according to their potential as part of a green urban infrastructure (core areas, green corridors, stepping zones, hubs);
- selection of additional impervious surfaces, potentially attributable to the morphological and spatial characteristics of the green infrastructure (urban paving, vertical surfaces of the urban space, horizontal and vertical surfaces of the building envelope);
- ranking of the selected areas due to the amount of eco-systemic services provided and/or provided by the different types of soil (evapotranspiring surfaces, impervious surfaces, bare soils);
- susceptibility to the transformation of urban surfaces due to the greater or lesser capacity to integrate existing or potential green infrastructure;
- prediction of new uses consistent with the eco-systemic qualities of soils enhanced and/or recovered (urban gardening, urban agriculture, urban farming)
- detecting technological solutions for the enhancement and/or recovery of existing soils (including impervious, horizontal and vertical surfaces);
- designing project materials (artificial and natural) through which to generate new, even artificial, natural conditions.
Therefore, it is essential to work on a preliminary survey of urban surfaces so that it is possible to estimate the potential ecological capacity of the soils available, and transferring the information to different intervention scales[10]. This analysis can be carried out by means of remote sensing techniques designed to produce the cartographic material necessary to direct the green urban infrastructure project strategy towards the areas with the greatest chance of success in an eco-systemic sense.

In questa accezione con il termine "progetto di suolo urbano" si rimanda ad un insieme di interventi a dimensione variabile, che possono essere riferiti tanto ai trattamenti delle superfici orizzontali e verticali (segnatamente quelle dell'involucro edilizio), tanto all'organizzazione di spazi aperti vegetati nell'ambiente costruito, quanto, infine, alla progettazione di suoli naturali residuali (talvolta anche molto ampi) rinvenibili all'interno della città e/o nel suo immediato intorno. Il riferimento al suolo piuttosto che alle aree vegetate *tout court* ha una ragione di tipo operativo, poiché le diverse caratteristiche del suolo definiscono i limiti e le opportunità dell'intervento adattivo: dalla quantità di suolo disponibile e dalla sua qualità pedologica dipende, infatti, il progetto della vegetazione, la capacità del progetto di agire sulla natura e sulla forma dei luoghi in una logica multi-funzionale, coerente con la specificità degli impatti attesi e con le esigenze di uso della comunità insediata.
In tale accezione, il progetto del suolo urbano può essere inteso come una sorta di "documento quadro" di supporto per la creazione delle infrastrutture verdi; un contributo di conoscenza indispensabile per verificare la fattibilità tecnica degli interventi di uso/recupero/produzione di suolo evapotraspirante in area urbana. Soprattutto il termine "progetto di suolo" rimanda alla necessità di pervenire ad un modello di razionalizzazione delle superfici urbane disponibili che sia in grado di soddisfare molteplici obiettivi intervenendo in maniera mirata sui singoli interventi[7].
Il progetto di suolo è inteso, pertanto, come riferimento strategico per rispondere alla richiesta di prestazioni ambientali alla scala di distretto (o di sub-distretto), sviluppando nuove configurazioni, e nuovi usi, compatibili con le qualità pedologiche dei suoli (quelli esistenti, ma anche di quelli prodotti ex-novo) e con lo spazio urbano. Si tratta, inoltre, di un progetto non riconducibile a schematismi settoriali, poiché la sua efficacia dipende proprio dalla capacità di gestire gli aspetti specialistici che lo caratterizzano (pedologia, botanica, bonifica e di ripristino funzionale, biodiversità, paesaggio urbano, ecc.).
In questa accezione il progetto dei suoli urbani rappresenta un passaggio essenziale per la progettazione di infrastrutture verdi, finalizzato a definire la suscettività alla trasformazione del sistema urbano sia in termini di implementazione delle funzioni urbane che di funzioni ecologiche, così rappresentando una sorta di *vis directiva* rispetto alle possibili soluzioni progettuali e ai risultati attesi.

Note per una prima sperimentazione

Nel mettere in relazione spazi differenti per uso e qualità eco-sistemiche (aree naturali, semi-naturali, artificiali) si evidenzia l'opportunità di sperimentare logiche di intervento mirate al riconoscimento del potenziale adattivo dei diversi suoli urbani.
La ricerca assume la definizione di suolo urbano come: «A soil material having a non agricultural man made surface layer more then 50 cm thick, that has been produced by mixing, filling, or by contamination of land surface in urban and sub-urban areas» (Bockheim, 1974, citato in Craul 1992, pp.86). Questo tipo di suolo si caratterizza per la perdita di una o più funzioni proprie dei suoli naturali, dovuta alla modifica delle proprietà fisico-meccaniche, chimiche e biologiche del suolo tipicamente riconducibili all'uso antropico (Craul, 1992)[8].
Insieme o singolarmente, queste condizioni incidono sulla capacità ecologica del suolo, poiché le alterazioni delle proprietà fisico-meccaniche e/o chimiche dei differenti pedon sono determinanti per la produttività del suolo e per l'erogazione dei servizi ecosistemici[9].
Il progetto di suolo urbano si organizza pertanto in una sequenza di passaggi logici e operativi che prevede:

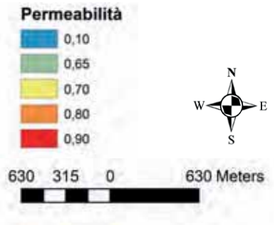
- ri-classificazione degli spazi aperti urbani in funzione della loro capacità ecosistemica (foreste urbane, parchi, aree agricole, giardini, aree dismesse, aree in abbandono);
- ri-classificazione degli spazi urbani in funzione delle loro potenzialità come parte

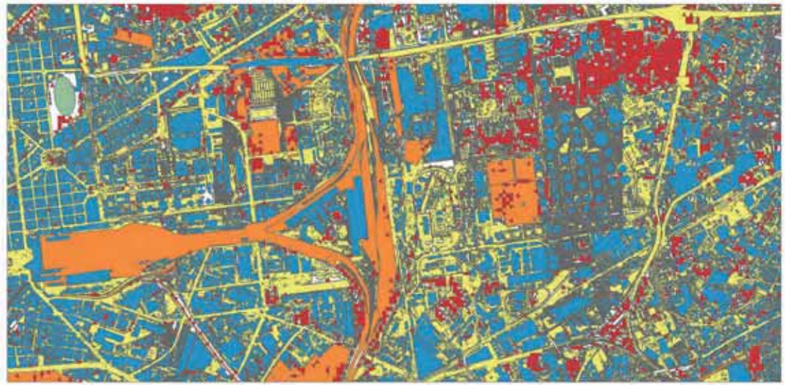


Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) calcolato su immagini satellitari ad alta risoluzione Pleiades / *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) calculated from high resolution Pleiades satellite image.*

This refers in particular to methods of supervised classification and techniques for re-interpreting images with sub-metric units (pixels) that allow to identify some characteristics of urban soils (Albedo, NDVI, permeability index) that can be considered as indirect indicators of ecosystem services potentially provided by the observed areas[11]. These indicators allow to distinguish three types of treatment of urban soils (waterproof, evapotranspiration, naked), thus hierarchizing the potential eco-systemic capacity in relation to the relationship between soil / water / vegetation, assessed as a determining factor for the provision of ecosystem services.
Cartographic data is then compared with the analysis of the use and historical uses of urban soils, with the aim of identifying the areas most impacted by the considered phenomena, which refer mainly to the compaction of the underlying pedestrians, and to contact with sources of pollution (direct or indirect), so that for certain parts of the system of the available areas there is a greater probability of finding changes in the chemical functioning of the soil with the interruption of the nutrient cycle. The result is a thematic map of land cover through which it is possible to develop

Dettaglio della classificazione dell'area di Napoli est in base alla permeabilità delle superfici / *Details of the classification of East Naples area on the base of the permeability index.*





a strategic approach to the project, highlighting the already efficient areas, for which we need to hypothesise active protection measures; areas of reduced efficiency, but strategic for their position in the urban context (areas of connectivity, areas adjacent to residential areas, etc), for which to plan functional recovery interventions; inefficient areas, for which to evaluate when, if and how to proceed with the intervention for the creation of new soil. This is a theoretical approach which, in order to be effectively validated, must be anchored to a methodological verification and to an experimental work, made of measures in the field and of a progressive adjustment of the cartographic results to the research objectives. Nevertheless, the search for the conditions of efficiency of urban soils, with a view to susceptibility to eco-system transformation - and with the aim of implementing green infrastructures at the district scale - appears to be an obligatory path to substantiate the design process.

1. *Since 2009, FAO has been working to create urban and peri-urban agricultural areas to support food self-sufficiency in the population at risk of malnutrition. Still with a view of improving living conditions in mega-cities, the spread of forested areas is considered an important support for the production of domestic fuel for the poorer classes. See http://www.fao.org/fcit/en/. See also UN policies at https://www.idrc.ca/en/article/urban-agriculture-growing-food-our-cities.*
2. *A paradigmatic example is the experience of the Greater London Authority, which has defined a program for urban green infrastructures structured on the partnership between public actor and private investors. In particular,*

di una infrastruttura verde urbana (*core areas, green corridors, stepping zones, hubs*);
- selezione di superfici aggiuntive, potenzialmente riconducibili alle caratteristiche morfologiche e spaziali dell'infrastruttura verde (pavimentazioni urbane; superfici verticali dello spazio urbano; superfici orizzontali e verticali dell'involucro edilizio);
- ranking delle aree selezionate in ragione della quantità di servizi eco-sistemici erogati e/o erogabili dai diversi tipi di suolo (superfici evapotraspiranti, superfici impermeabili, suoli nudi);
- suscettibilità alla trasformazione di superfici urbane in ragione della maggiore o minore capacità di integrare infrastrutture verdi esistenti o potenziali;
- previsione di nuovi usi coerenti con le qualità eco-sistemiche dei suoli valorizzati e/o recuperati (*urban gardening, urban agricolture, urban farming*);
- definizione di soluzioni tecnologiche per la valorizzazione e/o il recupero dei suoli esistenti (incluse le superfici impermeabili, orizzontali e verticali);
- definizione dei materiali di progetto (artificiali e naturali) attraverso cui generare nuove, ancorché artificiali, condizioni di naturalità.

È essenziale, quindi, operare in via preliminare una ricognizione delle superfici urbane affinché sia possibile stimare la capacità ecologica potenziale dei suoli disponibili, e trasferire l'informazione alle diverse scale di intervento[10]. Tale analisi possono essere realizzate attraverso tecniche di telerilevamento atte a produrre il materiale cartografico necessario per indirizzare la strategia del progetto delle infrastrutture verdi urbane verso le aree che presentano maggiori probabilità di successo in senso eco-sistemico.
Ci si riferisce, in particolare, alle metodiche di classificazione supervisionata e alle tecniche di re-interpretazione delle immagini con unità di rilievo (pixel) sub metriche che consentono di individuare alcune caratteristiche dei suoli urbani (Albedo, NDVI, indice di permeabilità) che possono essere considerati anche indicatori indiretti dei servizi eco-sistemici potenzialmente erogabili dalle superfici osservate[11]. Questi indicatori consentono di distinguere tre tipologie di trattamento dei suoli urbani (impermeabili, evapotraspiranti, nudi), così gerarchizzando la capacità eco-sistemica potenziale in ragione della relazione tra suolo/acqua/vegetazione, valutata quale fattore determinante per l'erogazione di servizi ecosistemici.
Il dato cartografico viene quindi confrontato con l'analisi dell'uso e degli usi storici dei suoli urbani, allo scopo di identificare le aree maggiormente interessate dai fenomeni di impatto, che vengono riferiti soprattutto alla compattazione dei pedon sottostanti, e al contatto con fonti di inquinamento (diretto o indiretto), così che per determinate parti del sistema delle aree disponibili esistono maggiori probabilità di riscontrare modifiche del funzionamento chimico del suolo con l'interruzione del ciclo dei nutrienti. Ne deriva una carta tematica di copertura del suolo attraverso cui è possibile sviluppare un approccio strategico al progetto, evidenziando le aree già efficienti, per le quali occorre ipotizzare interventi di tutela attiva; aree di ridotta efficienza, ma strategiche per la loro posizione nel contesto urbano (aree di connettività, aree contigue a zone residenziali, ecc.), per le quali programmare interventi di recupero funzionale; aree non efficienti, per le quali valutare quando, se e come procedere all'intervento per la creazione di nuovo suolo.
Si tratta di un approccio di tipo teorico che per essere effettivamente validato deve essere ancorato ad una verifica metodologica e ad un lavoro sperimentale, fatto di misure in campo e di progressivo aggiustamento dei risultati cartografici agli obiettivi della ricerca. Ciò nonostante, la ricerca delle condizioni di efficienza dei suoli urbani, in un'ottica di suscettività alla trasformazione in chiave eco-sistemica - e con l'obiettivo di implementare le infrastrutture verdi alla scala di distretto - appare essere una strada obbligata per sostanziare il processo progettuale.

Superfici verticali dell'area di San Lorenzo di Napoli estratte dal *Digital Terrain Model* (DTM) e *Digital Surface Model* (DSM) / *Vertical surfaces of San Lorenzo district in Naples, extracted from the Digital Terrain Model (DTM) and Digital Surface Model (DSM).*

we highlight the role of private capital represented by Business Improvement Districts (BIDs), which recognized the importance of urban green areas in terms of economic investment (in 2010, there were £ 4.3 million invested by the private sector in 117 renaturation interventions). For more details see https://www.london.gov.uk/sites/default/files/green_capital.pdf.

3. *See the position of the European Union on adaptation to climate change https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation.*
4. *See the work carried out by the Metropolitan City of Barcelona, Spain, which develops the Green Infrastructure and Biodiversity Plan 2020 (2013) as part of the city's climate adaptation program. The plan is the reference document for the design of urban space in an eco-efficient key, articulating a set of standard needs / requirements on which to assess urban habitats.*
5. *See the definition of the technological approach formulated by Losasso: «[…] the innovation of the technological disciplinary approach can be schematically identified with the ability to frame the phenomena of architecture according to multiple inputs, from the technical quality of the design, to the application of systemic logics, of process approaches, of analytical-design developments, all in some way related to the demanding / performance aspects of users and actors […]» (Losasso, 2014, pp.8).*
6. *In using the term "land project" there is the clear indication of the reference to the research started on Casabella, already in 1985, by Bernardo Secchi. In the meaning proposed by Secchi, the soil is at the same time a place of stratification of historical uses - memory of the processes that over time, and because of different needs, have shaped the territory - and object of a specific disciplinary project, necessary to establish new, sustainable balances between the use request and the load capacity of the territory itself. Secchi wrote: «All of this wants to shift our attention: from the building to the ground, to the surface that exists between buildings and that can not be denied or reduced to a simple technical space. The opportunity to deal with it, the moment in which to deal with it is certainly this, when the pressure for the construction of huge amounts of housing in addition to the existing ones is made smaller and instead is strong pressure for the modification of the existing. I argue that it is not just a matter of changing the use of what already exists or replacing it with new architectures, of filling the parts of unfinished cities, but also today, if not above all, of designing the land in a way that is not banal, reductive, technical, inarticulate» (Secchi, 1986, pp.23).*
7. *The most significant reference is the work carried out in Berlin, Germany, where since the 80s of the last century, a "soil atlas" was produced, which was immediately integrated with planning tools and building regulations. The Atlas can be considered, in the literature, the deadline for the eco-oriented design of the built environment, especially because of the use of specific indicators for the assessment of the ecological capacity of the soil. In particular, the Biotope Area Factor (BAF) has become a standard in planning tools by the Municipality of Berlin (https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml).*
8. *In the analysis of urban soils it has been observed, in fact, that there is:*
   - great variability both horizontally and vertically;
   - a multiplicity of superficial layers resting on generally impermeable bare soil;
   - a modified soil structure, with a tendency to compaction;
   - a presence of artificial materials and other contaminating factors within the soil;
   - a reduction in soil aeration and drainage capacity;
   - a modification of the chemical operation of the soil;
   - an interruption of the nutrient cycle and modification
   - a change in soil temperature.
9. *The expiry of the ecosystem performances of urban soils led, in 2006, to the World Reference Base (WRB) for Soil Resources to the definition of a new type of soil, the Technosols, which are distinguished in "Urbic", "Anthrosols" and "Anthroposols "Due to the" constructive "features found. See also Craul, 1999; Marcotullio, 2011; Rigillo et al., 2016.*
10. *This operation obviously involves a multiplicity of techniques and disciplines, and has the objective of estimating some key parameters for the evaluation of the soil conditions of urban soils: indicators such as soil density (bulk density), permeability index, drainage capacity and aeration, the temperature and acidity of the soil make it possible to check the state of the soil and to predict the capacity of the land to respond to the demand for environmental services deriving from the project of new urban infrastructures. These analyses are also aimed at defining some key elements of the design process, according to a strict performance approach aimed at explaining the basic requirements for the ecological functioning of the soil with reference to the soil/water/vegetation ratio (Craul, 1992, 1999 and 2006):*
    - creation of new space for the roots;
    - availability of water for irrigation;
    - balance between the solid / liquid and gaseous part of the soil;
    - adequate nutrient support;
    - presence of micro-flora and fauna.
11. *This type of investigation is also aimed at guiding the necessary characterization campaigns in terms of the number of samples and the sampling grid.*

1. Dal 2009, la FAO lavora alla creazione di aree agricole urbane e peri-urbane per sostenere l'autonomia alimentare della popolazione a rischio di denutrizione. Sempre nella prospettiva di migliorare le condizioni di vita nelle mega-cities, la diffusione di aree forestate è considerata un supporto importante per la produzione di combustibile per usi domestici per i ceti più poveri. Cfr. http://www.fao.org/fcit/en/. Vedi anche le politiche UN su https://www.idrc.ca/en/article/urban-agriculture-growing-food-our-cities.
2. Un esempio paradigmatico è l'esperienza della Greater London Authority, che ha definito un programma per le infrastrutture verdi urbane strutturato sulla partnership tra attore pubblico e investitori privati. In particolare si evidenzia il ruolo del capitale privato rappresentato da Business Improvement Districts (BIDs), che ha riconosciuto l'importanza delle aree verdi urbane in termini di investimento economico (al 2010, si registrano £4,3 milioni investiti dal settore privato in 117 interventi di rinaturazione). Per maggiori dettagli vedi https://www.london.gov.uk/sites/default/files/green_capital.pdf.
3. Vedi a riguardo la posizione dell'Unione Europea sull'adattamento al cambiamento climatico https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation.
4. Vedi il lavoro realizzato dalla Città Metropolitana di Barcellona, Spagna, che nell'ambito del programma di adattamento climatico della città sviluppa il Green Infrastructure and Biodiversity Plan 2020 (2013). Il piano è il documento di riferimento per la progettazione dello spazio urbano in chiave eco-efficiente, articolando un *set* di esigenze/requisiti standard su cui valutare gli *habitat* urbani.
5. Si pensa in particolare alla definizione di approccio tecnologico formulata da Losasso: «[…] l'innovazione dell'approccio disciplinare tecnologico si può schematicamente identificare con la capacità di inquadrare i fenomeni dell'architettura secondo molteplici apporti, dalla qualità tecnica della progettazione, all'applicazione di logiche sistemiche, di approcci processuali, di sviluppi analitico-progettuali, tutti in qualche modo correlati agli aspetti esigenziali/prestazionali dell'utenza e degli attori […]» (Losasso, 2014, pp.8).
6. Nell'utilizzare il termine "progetto di suolo" c'è la palese indicazione del riferimento alla ricerca avviata su Casabella, già nel 1985, da Bernardo Secchi. Nell'accezione proposta da Secchi, il suolo viene ad essere, contemporaneamente, luogo della stratificazione degli usi storici - memoria dei processi che nel tempo, e in ragione di diverse esigenze, hanno plasmato il territorio - e oggetto di un progetto disciplinare specifico, necessario per stabilire nuovi, sostenibili equilibri tra la richiesta di uso e la capacità di carico del territorio stesso. Scriveva Secchi: «Tutto ciò vuole spostare la nostra attenzione: dall'edificio al suolo, alla superfice che intercorre tra gli edifici e che non può essere negata o ridotta a semplice spazio tecnico. L'occasione per occuparsene, il momento nel quale occuparsene è certamente questo, quando la pressione per la costruzione di enormi quantitativi di abitazioni in aggiunta a quelle esistenti si è fatta minore ed invece è forte la pressione per la modificazione dell'esistente. Io sostengo che non si tratta solo di modificare l'uso di ciò che già esiste o di sostituirlo con nuove architetture, di riempire le parti di città incompiute, ma che si tratta oggi anche, se non soprattutto, di progettare il suolo in modo non banale, riduttivo, tecnico, inarticolato» (Secchi, 1986, pp.23).
7. Il riferimento più significativo è il lavoro realizzato a Berlino, in Germania, dove già dagli anni '80 del secolo scorso, è stato prodotto un "atlante dei suoli" immediatamente integrato con gli strumenti di pianificazione e con il regolamento edilizio. L'Atlante può essere considerato, in letteratura, il termine a *quo* per la progettazione eco-orientata dell'ambiente costruito, soprattutto in ragione dell'utilizzo di indicatori specifici per la valutazione della capacità ecologica del suolo. In particolare il Biotope Area Factor (BAF), è diventato uno standard negli strumenti di pianificazione dalla Municipalità di Berlino (https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml).
8. Nell'analisi dei suoli urbani è stata osservato, infatti, che esiste:
   - una grande variabilità sia in orizzontale, che in verticale;
   - una molteplicità di strati superficiali appoggiati su suolo nudo generalmente impermeabili;
   - una struttura del terreno modificata, con tendenza alla compattazione;
   - una presenza di materiali artificiali e di altri fattori contaminanti all'interno dei suoli;
   - una riduzione della capacità di aereazione e di drenaggio del suolo;
   - una modifica del funzionamento chimico del suolo;
   - un'interruzione del ciclo dei nutrienti e modifica dell'attività dei micro-organismi presenti;
   - una modifica della temperatura del suolo.
9. Lo scadimento delle prestazioni ecosistemiche dei suoli urbani ha portato, nel 2006, il World Reference Base (WRB) for Soil Resources alla definizione di una nuova tipologia di suoli, i Technosols, che si distinguono in "Urbic", "Anthrosols" e "Anthroposols" in ragione delle caratteristiche "costruttive" rilevate. Vedi anche Craul, 1999; Marcotullio, 2011; Rigillo et al., 2016 .
10. Questa operazione interessa evidentemente una molteplicità di tecniche e discipline, e ha l'obiettivo di stimare alcuni parametri chiave per la valutazione delle condizioni pedologiche dei suoli urbani: indicatori quali la densità del suolo (*bulk density*) l'indice di permeabilità, la capacità di drenaggio e di aereazione, la temperatura e l'acidità del suolo consentono di verificare lo stato del suolo e prevedere la capacità di risposta degli stessi rispetto alla richiesta di prestazioni ambientali derivanti dal progetto di nuove infrastrutture verdi urbane. Tali analisi sono finalizzate altresì alla definizione di alcuni elementi chiave del processo progettuale, secondo un approccio esigenziale/prestazionale finalizzato ad esplicitare i requisiti di base per il funzionamento ecologico del suolo con riferimento al rapporto suolo/acqua/vegetazione (Craul, 1992, 1999 e 2006):
    - creazione di nuovo spazio per le radici;
    - disponibilità di acqua per l'irrigazione;
    - equilibrio tra la parte solida/liquida e gassosa del suolo;
    - adeguato supporto di nutrienti;
    - presenza di micro-flora e fauna.
11. Questo tipo di indagine è anche finalizzata ad orientare le necessarie campagne di caratterizzazione in termini di numero di campioni e griglia di campionamento.

References

Barcelona City Council (2013), *Barcelona Green Infrastructure and Biodiversity Plan 2020*, http://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/.

Craul P.J. (1992), *Urban Soil in Landscape Design*, Wiley and Sons, N.Y. US.

Craul P.J. (1999), *Urban Soil. Application and Practices*, Wiley and Sons, N.Y. US.

Craul P.J. (2006), *Soil Design Protocols for Landscape Design*, Wiley and Sons, N.Y. US.

EU-COM (2009), *Libro Bianco. L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo*, available at: http://eurlex.europa.eu/LexUriServ.

EU-COM (2013), *Infrastrutture verdi - Rafforzare il capitale naturale in Europa*, COM/2013/0249 final, available at: http://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN.

EEA (2011), *Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*, Report n.18, available at: http://www.eea.europa.eu/publications/green-infrastructure-and-territorial-cohesion.

Gill S.E., Handley A.R., Ennos A.R. and Pauleit S. (2007), "Adapting Cities for climate Change: the role of Green Infrastructure", *Built Environment*, Vol.33 pp.115-133.

Grimmond C. S. B. (2011), "Climate of cities", in Douglas I., Goode D., Houck M.C., Wang R. (eds.), *The Routledge Handbook of Urban Ecology*, Routledge UK.

Kretsch C., van Dijk J. and Schleyer C. (2016), "Public Goods and Ecosystem Services", in Potschin M. and Jax K. (eds.), *OpenNESS Ecosystem Services Reference Book. EC FP7 Grant Agreement no. 308428*, available at: www.openness-project.eu/library/reference-book.

Losasso M. (2014), "La ricerca tecnologica per l'architettura: fondamenti e avanzamenti disciplinary", in Claudi de Saint Michiel A. (ed.), *Tecnologia e progetto per la ricerca in architettura*, Clean, Napoli, pp. 7-14.

Marcotullio P.J. (2011), "Urban Soils", in Douglas I., Goode D., Houck M.C., wang R. (eds.), *The Routledge Handbook of Urban Ecology*, Routledge UK.

Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC.

OECD (2010), *Cities and Climate Change*, OECD Publishing.

Pauleit S., Breuste J.H. (2011), "Land use and Surface-Cover as Urban ecological Indicators", in Niemela J. (ed.), *Urban Ecology, patterns processes and application*, Oxford Press, UK.

Rigillo M., Boccia L., Capolupo A., Vigo Majello M.C. (2016), "La conoscenza dei suoli urbani per la riduzione del rischio Climate Change," in D'Ambrosio V., Leone M. F. (eds.), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental Design for Climate Change adaptation. Innovative models for the production of knowledge*, Clean, Napoli, pp. 126-135.

Schneider P., Luveritz V. (2017), "Integration of Ecosistem Services as Part of the Nexus Approach into Applied Teaching of Ecological Engeneering", in Leal Filho W. (ed.), *Handbook of Sustainability Science and Research*, Springer.

Secchi B. (1986), "Progetto di Suolo", *Casabella*, n. 520/521.

Patrimonio culturale, climate change e strategie per la conservazione integrata

Rosa Anna Genovese

Cultural heritage, climate change and integrated conservation strategies

Cultural heritage and the prevention of risk factors

An ever-growing number of factors is contributing to increase the threats now pending over our cultural and natural heritage, such as climate change, hydrogeological instability, pollution of the atmosphere, bad restoration, legislation inadequate for planning, uncontrolled touristic development, unwise management of heritage, all of which call for an urgent development of prevention strategies. In particular, the greater number of disasters due to climate change, require giving priority to the reduction of proactive risks related to catastrophes, to react to calamitous events especially in Europe and Italy, where the hazards linked to the impacts of such climate change add on to those deriving from the seismicity of the territory.

I therefore promoted the International Congress on 'Integrated Conservation Strategies of Cultural Heritage: from Emergency to a Culture of Prevention' (Naples 13 June 2017) with this very purpose, and with the patronage of the: the Department of Architecture (DiARC), the School of Specialisation in 'Architectural and Landscape Properties', the Interdepartmental Research Centre 'Alberto Calza Bini', (of the University of Naples); the Italian ICOMOS Committee and the National Council of Planner Landscape and Conservation Architects (CNAPPC). The Italian ICOMOS Scientific Committees: 'Documentation of Cultural Heritage', 'Economy of Conservation' and 'Risk Preparedness' also took part.

In order to ensure a broad debate from different viewpoints, experts of various disciplines concerning issues of integrated conservation, the planning of historic cities, and local economy, contributed to the discussion, including: J Jokilehto, D. Archibald, R.A. Genovese, W. Baricchi, F. Forte, L. Fusco Girard, P. Salonia, S. Padovani, M. Balzani and F. Ferrari, L. Petti. The Congress witnessed ample participation of teachers and specialists of architectural, urban and archaeological representation, conservation, and restoration, as well as the economy of conservation of cultural and landscape heritage. The participants also included young people: architects attending the School of Specialisation in 'Architectural and Landscape Heritage' of Naples, as well as undergraduates of the MAPA Master's Degree Courses of DiARCH, of the University of Naples 'Federico II'.

The Congress was based on results already adopted and published [1], and its purpose was to thoroughly investigate the processes of prevention possible in situations of emergency and risk, always aiming at integrated conservation of cultural heritage. In this process, reference was made to examples of best practices in documentation and maintenance, to be implemented before and after hazards or threats. In stressing the importance and multifaceted aspects of prevention, mitigation of risks and vulnerability of a territory or a cultural landscape, the speakers investigated the themes concerning several innovative techniques of monitoring, documentation, survey, rendering, and ensuring safety of heritage resources in case of emergency, within the limits of prevention in conservation processes.

The Final Declaration of the Congress (edited by Jukka Jokilehto, Luigi Fusco Girard, Rosa Anna Genovese and Paolo Salonia), approved by participants and later by the Members of the Italian ICOMOS Committee during an ordinary Meeting (Rome, 14/07/2017) contains important aspects that may constitute the base to formulate Guidelines for climate mitigation and the integrated conservation of the cultural and natural heritage, such as:

Patrimonio culturale e prevenzione dai fattori di rischio

Un numero sempre crescente di fattori contribuisce ad aumentare le minacce che incombono oggi sul nostro patrimonio, culturale e naturale, come i cambiamenti climatici, i dissesti idrogeologici, l'inquinamento atmosferico, i cattivi restauri, le legislazioni inadeguate in materia di pianificazione, lo sviluppo turistico incontrollato, la gestione insensata dei beni culturali, evidenziando l'urgenza di sviluppare strategie per la prevenzione. In particolare, gli accresciuti disastri dovuti al *climate change*, impongono di dare priorità alla riduzione dei rischi proattivi delle catastrofi per reagire agli eventi calamitosi specialmente in Europa ed in Italia dove le rischiosità collegate con gli impatti di tali cambiamenti climatici si incrociano con quelle derivanti dalla sismicità dei territori.

A tale scopo ho promosso il Convegno internazionale su 'Strategie di conservazione integrata del patrimonio culturale: dall'emergenza alla cultura della prevenzione' (Napoli, 13 giugno 2017) con il Patrocinio del: Dipartimento di Architettura (DiARC), la Scuola di specializzazione in 'Beni Architettonici e del Paesaggio', il Centro Interdipartimentale di Ricerca 'Alberto Calza Bini', (dell'Università degli Studi di Napoli 'Federico II'); il Comitato Italiano ICOMOS ed il Consiglio Nazionale degli Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori (CNAPPC). Hanno aderito i Comitati Scientifici Italiani ICOMOS: 'Documentazione del Patrimonio culturale', 'Economia della conservazione' e 'Preparazione ai rischi'.

Al fine di garantire un confronto ampio da punti di osservazione diversificati, si sono confrontati tra loro esperti di varie discipline afferenti alle problematiche della conservazione integrata, della pianificazione delle città storiche e dell'economia locale: J. Jokilehto, D. Archibald, R.A. Genovese, W. Baricchi, F. Forte, L. Fusco Girard, P. Salonia, S. Padovani, M. Balzani e F. Ferrari, L.Petti. Il Convegno si è svolto con l'ampia partecipazione di docenti e specialisti della rappresentazione, conservazione, restauro (architettonico, urbano ed archeologico), economia della conservazione del patrimonio culturale e paesaggistico; di molti giovani sia architetti della Scuola di specializzazione in 'Beni architettonici e del Paesaggio' di Napoli, che allievi dei Corsi di Laurea Magistrale MAPA del DiARC, dell'Università degli Studi di Napoli 'Federico II'.

L'intento è stato quello, partendo dalle acquisizioni raggiunte e pubblicate[1], di approfondire i processi preventivi possibili nelle situazioni di emergenza e di rischio, sempre finalizzati alla conservazione integrata del patrimonio culturale, riferendosi ad esempi di pratiche virtuose di documentazione e di manutenzione da attuare prima e dopo il manifestarsi degli eventi di rischio. Nel porre particolare attenzione all'importanza ed ai numerosi aspetti della prevenzione, della riduzione dei rischi, e della vulnerabilità del territorio e dei paesaggi culturali, sono stati approfonditi i temi rivolti alle varie tecniche innovative di monitoraggio e di documentazione, alle tecniche di rilievo e di restituzione per la messa in sicurezza del patrimonio nelle situazioni di emergenza, come anche ai confini della prevenzione nei processi conservativi.

La Dichiarazione conclusiva del Convegno (redatta da Jukka Jokilehto, Luigi Fusco Girard, Rosa Anna Genovese e Paolo Salonia), approvata dai partecipanti e, poi, dai Soci del Comitato italiano ICOMOS nell'Assemblea ordinaria (Roma, 14/07/2017) contiene importanti aspetti che possono costituire la base per formulare Linee di indirizzo per la mitigazione climatica e la conservazione integrata del patrimonio culturale e naturale, quali:

- prendere nota dello sviluppo delle politiche e delle strategie espresse nelle Raccomandazioni internazionali e nelle Carte dell'UNESCO, del Consiglio d'Europa, e dell'ICOMOS sull'importanza della prevenzione come riferimento di base per la conservazione integrata dei beni architettonici e del paesaggio;
- considerare, come già affermato da Papa Francesco nella sua lettera Enciclica, 'Laudato Sí'[2], che il benessere delle persone dipende innanzitutto dallo stato di salute della natura e dei suoi ecosistemi;
- considerare che le strategie della conservazione e della pianificazione integrata necessitano della conoscenza e della documentazione del patrimonio nei suoi più ampi contesti storico, culturale, sociale ed economico-territoriale, per poter efficacemente mitigare la sua vulnerabilità e ridurre i rischi;
- raccomandare alle Autorità competenti di contribuire alla Carta del Rischio[3] già avviata dall'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ISCR), programmando e monitorando in modo sistematico il territorio costruito e naturale, assegnando le risorse professionali e finanziarie necessarie sia per la ricerca che per la messa in opera delle operazioni per identificare e mitigare le vulnerabilità dell'ambiente;
- raccomandare alle Scuole di specializzazione, alle Università, alle Scuole di ogni ordine e grado, agli Istituti educativo-formativi, in cui si insegnano le materie associate con l'ambiente costruito e naturale: a) di introdurre nei loro programmi i temi che riguardano la conoscenza e la verifica della vulnerabilità e dei rischi, associati alla conservazione integrata del patrimonio culturale; b) di passare dall'emergenza alla 'cultura della prevenzione', condizione fondamentale per un'efficace gestione e conservazione del patrimonio e per la qualità ed il giusto equilibrio della vita della comunità;

Foto di Justin Hofman, finalista al '*Wildlife Photographer of the year*'. Il cavalluccio marino trascina serafico quello che per lui è un piccolo tesoro ma che in realtà trasforma il suo habitat in un luogo di morte / *Picture by Justin Hofman, finalist at the 'Wildlife Photographer of the year'. The sea horse serenely drags along what it considers a small treasure, although it actually changes its habitat a pleace of death (source: 'la Repubblica', 14 September 2017).*

- take note the development of the policies and strategies expressed in International Recommendations and Charters, adopted by UNESCO, the Council of Europe and ICOMOS, concerning the importance of prevention as a basic reference for integrated conservation of architectural and landscape heritage;
- consider, as already stated by Pope Francis in his Encyclical Letter 'Laudato Si', that the well-being of people depends primarily on the well-being of nature and its ecosystems;
- consider that integrated conservation and planning strategies require knowledge and documentation of heritage in its broadest historical, cultural, social and local economic contexts, to be able to effectively mitigate vulnerability and reduce risks;
- recommend that competent Authorities contribute to the Risk Map already set up by the ISCR, to systematically programme and monitor the built and natural territory, assigning professional and financial resources necessary both for research and the execution of operations required to identify and mitigate the vulnerabilities of the environment, and to reduce incumbent risks;
- recommend to Schools of Specialisation, Universities and Schools of every order and degree, as well as educational-training Institutes, teaching subjects associated with the built and

Gli effetti devastanti delle alluvioni hanno colpito molte regioni e città europee dove, a seguito dell'aumento delle temperature, si registra l'intensificazione del ciclo delle piogge / *The devasting effects of deluges have hit many European regions and cities where, following the increase in temperatures, there has been an intensification of rainfall cycles.*

- proporre, al fine di formare una 'cultura della prevenzione' dai rischi che incombono sul patrimonio culturale, di accrescere il senso di appartenenza agli specifici territori e di sviluppare nuovi profili professionali nell'ambito della conservazione, il restauro, gli interventi per la messa in sicurezza e la mitigazione dei rischi relativi al patrimonio ed al paesaggio culturale, nelle componenti materiali ed immateriali secondo i criteri internazionali e nazionali insieme con l'ICCROM, l'ICOM, l'UICN, l'ICOMOS, il CNAPPC e con gli Organismi preposti;
- raccomandare il costante coinvolgimento delle comunità locali all'interno di un vero 'patto di cittadinanza', come garanzia per il mantenimento delle memorie, dell'identità dei luoghi e della loro tradizionale qualità urbana, della secolare interazione fra uomo e natura nel rapporto con il paesaggio circostante;
- sottolineare la necessità di un monitoraggio continuo attraverso idonei ed efficaci indicatori delle dinamiche citate;
- proporre un'intensificazione delle azioni di manutenzione diffusa e preventiva del patrimonio culturale nel riconoscimento che i costi di tale manutenzione sono sempre inferiori a quelli da sopportare ex post in seguito ad eventi critici;
- sottolineare l'importanza ineludibile di approcci multi ed interdisciplinari in grado di garantire una costante convergenza tra storia, architettura, città e paesaggio, mettendo al centro la 'cultura del progetto' e la sua realizzazione, non dimenticando le tecniche e le tecnologie tradizionali e ricordando di scegliere tra le soluzioni 'innovative' quelle coerenti e compatibili con la storicità delle architetture preesistenti;
- proporre nel contempo di fondare l'identificazione di priorità d'intervento sulla base di metodi di valutazione quali supporto ai processi decisionali sia agli operatori pubblici che a quelli privati.

Va sottolineato, inoltre, che sui temi della valorizzazione, gestione e mitigazione del rischio dei beni culturali del Patrimonio Mondiale sono stati pubblicati due volumi di Linee Guida in collaborazione con l'UNESCO, l'ICOMOS e l'ICCROM. Il primo, di Sir Bernard M. Feilden e Jukka Jokilehto[4], edito per la prima volta nel 1993, è stato tradotto in diverse lingue e tratta i processi di gestione in generale. L'altro volume di Herb Stovel[5], pubblicato nel 1998, è focalizzato sulla preparazione e la mitigazione del rischio. Sono almeno 31 i siti, della *World Heritage List* dell'UNESCO, minacciati dai cambiamenti climatici, i quali vanno dalla laguna di Venezia alle isole Galapagos, passando per la Statua della Libertà a New York, come rileva l'allarme lanciato dal rapporto "World Heritage and Tourism in a Changing Climate", redatto da UNESCO, UNEP e UCS (2016). Le piogge eccezionali, alternate a periodi di loro totale mancanza, hanno messo in evidenza la vulnerabilità del territorio italiano. I danni dovuti ai ricorrenti nubifragi in molti territori sono aggravati dalle trasformazioni incongrue che hanno investito il paesaggio italiano dal dopoguerra ad oggi.

Patrimonio naturale ed ambientale, biodiversità, strategie di mitigazione e adattamento

La natura è formata da ecosistemi costituiti da componenti viventi e non viventi. Nel tempo, questi costituiscono un equilibrio che garantisce la continuità dell'ambiente. Resta inteso che «più sano e più resiliente è un ecosistema meno subirà i danni che provengono da pericoli naturali e più facile e più rapida sarà la ripresa dagli impatti»[6]. Gli ecosistemi sani sono, pertanto, sempre più riconosciuti come strumenti importanti per prevenire e ridurre al minimo il rischio di catastrofi. Tuttavia, l'utilizzo dell'approccio ecosistemico per la riduzione del rischio di disastri (Eco-DRR) è ancora poco sviluppato nel mondo ed ha bisogno di una maggiore diffusione.
Gli approcci comuni che contribuiscono sia alla conservazione che alla riduzione dei rischi di catastrofi sono l'importanza della biodiversità e l'integrazione dell'Eco-DRR nella politica e nella pratica. Inoltre, occorre considerare i quattro ordini di temi proposti dall'IUCN (International Union for Conservation of Nature) qui di seguito riportati[7].

1. Disastri, rischio di catastrofi e riduzione del rischio di catastrofi:

- non esistono 'disastri naturali'. Mentre i pericoli naturali sono fenomeni che si verificano naturalmente, i disastri sono definiti dagli impatti che questi pericoli hanno nella società;
- non tutti i rischi si trasformano in una catastrofe se più investimenti possono essere indirizzati per ridurre i rischi proattivi e messi in atto con efficacia dalla comunità;
- le azioni umane incongrue contribuiscono ad aumentare il rischio di un pericolo

natural environment: a) to include in their programmes themes concerning knowledge and assessment of vulnerability and risks, in connection with integrated conservation of cultural heritage, b) to move from a state of emergency to a 'culture of prevention', as an essential condition for effective management and/ conservation of heritage and for the quality and proper balance of the life of communities;
- propose to contribute to the creation of a 'culture of prevention' of risks incumbent on cultural heritage, by increasing the sense of belonging to specific territories, and to develop new professional profiles in the fields of conservation and restoration related to safety and risk mitigation relative to tangible and intangible elements in cultural and landscape heritage, in respect of national and international criteria, jointly with ICCROM, ICOM, IUCN, ICOMOS, CNAPPC, and with the Organizations responsible;
- recommend the constant involvement of local communities in a real 'citizenship pact', as a guarantee for keeping the memories, the identities and traditional urban quality of places, and the century-old interaction between man and nature within the surrounding landscape;
- emphasise the necessity of continuous monitoring referred to appropriate and effective indicators of the dynamics mentioned above;
- propose an intensification of actions of general and preventive maintenance of cultural heritage, noting that maintenance costs are always less than those to be borne after disastrous events;
- emphasise that the importance of multi - and inter- disciplinary approaches cannot be overestimated, as they are capable of guaranteeing a constant convergence of history, architecture, city and landscape, giving new focus to the 'Culture of Project' and its implementation, without overlooking traditional techniques and technologies, and remembering to choose from 'innovative' solutions those consistent and compatible with the historicity of the existing built environment;
- propose - at the same time - to identify the priorities of intervention based on methods of assessment that support decision-making processes for both public and private operators. It should also be recalled that two volumes of Guidelines on the themes of enhancement, management and risk mitigation for cultural properties of World Heritage have been published in

Le foto mostrano alcuni dei disastri che hanno flagellato le città, quali la basilica di Santa Maria Maggiore in Roma, allagata, ed il fiume Tevere in piena / *The pictures show some of the disasters that have affected the cities, such as the Santa Maria Maggiore in Rome, flooded out, and the Tiber River swolen.*

collaboration with UNESCO, ICOMOS and ICCROM. The first one, by Sir Bernard M. Feilden and Jukka Jokilehto[4], published for the first time in 1993, has been translated in many different languages and deals with management processes in general. The other volume, by Herb Stovel [5], published in 1998, is focused on risk preparedness and mitigation.
There are at least 31 UNESCO 'World Heritage List' Sites threatened by climate change. They range from the Venice Lagoon to the Galapagos Islands, including the Statue of Liberty in New York, as revealed by the alarming report 'World Heritage and Tourism in a Changing Climate' , published by UNESCO, UNEP and UCS (2016).
Exceptional rainfall, alternated to spells of their total absence, have highlighted the vulnerability of the Italian territory. Damages due to recurrent deluges in many territories are made more severe by incongruous transformations that the Italian landscape has undergone since the and of World War II.

Natural and environmental heritage, biodiversity, mitigation and adaptation strategies
Nature is formed by ecosystems constituted by living and non-living components. In the course of time, these elements achieve a balance that ensures the continuity of the environment. It must be understood that «the healthier and more resilient an ecosystem is, the less it will suffer damage arising from natural hazards and the easier and faster its recovery from impacts will be»[6]. Healthy ecosystems are, therefore, increasingly being recognized as important instruments to prevent and minimize the risk of catastrophes. However, the use of the ecosystem orientated approach for disaster risk reduction (Eco-DRR), is still underdeveloped throughout the world and needs to become more widespread.
The common approaches that contribute to both conservation and disaster risk reduction are the importance of biodiversity and the integration of Eco-DRR into policies and practices. It is also necessary to take into consideration the four theme categories proposed by IUCN (International Union for Conservation of Nature) shown in the following".
1. Catastrophes, disaster risk and disaster risk reduction:
- 'natural disasters' do not exist. While natural hazards are naturally-occurring phenomena, disasters are defined by the impacts these hazards have on a society;
- not every hazard will turn into a disaster if more investments can be made towards proactive risk reduction and effectively implemented by communities;
- inappropriate human actions contribute to increase the risk of a natural hazard to result in a disaster (disaster risk);
- there remains a need for further research and translation of knowledge into actions on the use of the ecosystem approach for disaster risk reduction.
2. Ecosystem services and disaster risk reduction:
- degradation of ecosystems and ecosystem services increases disaster risks:
- natural hazards affect ecosystem structure and components, its processes and functioning. However, healthy ecosystems also have the ability to recover from catastrophes more rapidly;

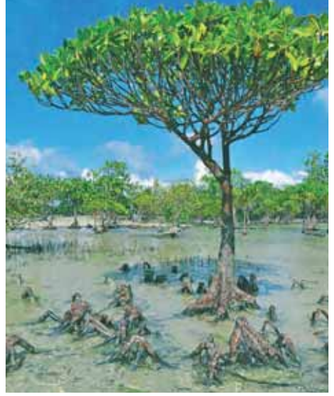
naturale per provocare un disastro (rischio di catastrofe);
- per la riduzione del rischio di catastrofi occorre approfondire le ricerche e tradurre le conoscenze in azioni sull'uso dell'approccio ecosistemico.

2. Servizi di ecosistema e riduzione del rischio di catastrofi:
- il degrado degli ecosistemi e dei servizi ecosistemici aumenta i rischi di catastrofi;
- i pericoli naturali influiscono sulla struttura e sui componenti dell'ecosistema, sui processi e sul suo funzionamento. Tuttavia, gli ecosistemi sani hanno anche la capacità di una più rapida ripresa dalle catastrofi;
- la fase di recupero e ricostruzione dopo un disastro può danneggiare gli ecosistemi ed esacerbare le vulnerabilità esistenti. È, quindi, importante integrare la gestione ambientale in attività post-disastro;
- i diversi ecosistemi e i servizi associati possono fornire protezione e ridurre i danni;
- la tutela ed il restauro degli ecosistemi possono essere più convenienti delle nuove opzioni progettate dall'uomo;
- nonostante vengano effettuati sempre maggiori investimenti nel mantenimento e nella valorizzazione dei servizi ecosistemici per la riduzione del rischio di catastrofi, molte azioni sono spesso attuate solo dopo il verificarsi di gravi calamità.

3. Ruolo della biodiversità nella riduzione del rischio di catastrofi:
- mentre sta crescendo il riconoscimento del ruolo dei diversi ecosistemi nella riduzione del rischio di catastrofi, minore attenzione è riservata al ruolo dei loro componenti, cioè della specie e della diversità genetica nella riduzione del rischio;
- non esiste una chiara evidenza scientifica e quantitativa sul ruolo delle specie e della diversità genetica nella riduzione del rischio di catastrofi, tuttavia, esistono tre aree in cui le specie e la diversità genetica possono contribuire alla riduzione del rischio di catastrofi: 1) la resilienza degli ecosistemi alle catastrofi, 2) l'aumento delle funzioni protettive degli ecosistemi e 3) la resilienza sociale;
- l'Eco-DRR fornisce co-benefici per la conservazione ed il *focus* sulla società che può anche essere utilizzato come incentivo;
- la conservazione della biodiversità può essere utilizzata anche come strumento per Eco-DRR;
- l'Eco-DRR e la conservazione della biodiversità, mentre differiscono negli obiettivi, condividono molteplici azioni comuni in termini di misure utilizzate e sfide incentivando l'integrazione.

4. Contesto della politica:
- occorre incentivare i recenti positivi sviluppi a scala globale e regionale relativi al riconoscimento del ruolo degli ecosistemi nella riduzione del rischio di catastrofi;
- maggiori opportunità sono offerte dalle citate politiche, per integrare l'Eco-DRR e per incrementare le azioni, se i Paesi interessati stabiliscono obiettivi per l'attuazione;
- è importante che i piani d'azione nazionali e regionali consentano al coordinamento intersettoriale di raggiungere ambiti nazionali.

Interventi di mitigazione dell'impatto ambientale nel progetto di restauro
Per quanto si riferisce alle applicazioni al patrimonio culturale si rinvia alla sperimentazione pilota descritta nel progetto di restauro e di valorizzazione sul tema: Il restauro urbano ed architettonico del centro storico di Ponticelli (NA), con particolare riferimento agli interventi di mitigazione dell'impatto ambientale[8]
Tale progetto è stato realizzato «applicando la metodologia della progettazione del restauro attraverso una rigorosa 'anamnesi' che ha consentito di conoscere con la necessaria comprensione critica l'evoluzione storica delle dinamiche insediative, l'analisi morfologica e dimensionale, quella delle caratteristiche statiche e dei materiali caratterizzanti le cortine prese in esame. Ad essa ha fatto seguito la 'diagnosi' che ha permesso la lettura ed il riconoscimento dello stato di degrado dei manufatti oltre all'individuazione dei mezzi disponibili per assicurare la conservazione dei valori materiali ed immateriali. La terza fase ha riguardato infine la redazione del 'progetto' nei limiti consentiti dalla 'conservazione integrata'»[9].
Il progetto di restauro ha previsto «l'applicazione di metodi poco invasivi per eliminare (con barriera chimica) l'umidità di risalita su pietra, mattoni, murature miste, tufo, calcestruzzo, mattoni forati e per mitigare l'impatto ambientale (con copertura di tipo ventilato). E' stata anche prevista l'applicazione di isolamenti a cappotto inverso, intonacando la parete interna degli edifici con adeguato spessore di termo-intonaci (composto da malta di calce e inerti di sughero rivestito con ulteriore intonaco di finitura) che rappresenta una soluzione per il miglioramento delle prestazioni termiche, sia invernale che estivo»[10].
Un obiettivo importante per chi esegue il progetto di restauro, urbano ed architettonico, è quello di ottimizzare il potenziale diagnostico che le scienze e la tecnologia offrono, muovendo dall'analisi storica, la selezione critica dei dati, l'attenzione al problema 'qualitativo' e non solo 'quantitativo' da declinarsi in termini di memoria storica, struttura della visione, tipologia degli spazi, valori simbolici sottesi a forme e materiali, stratificazioni costruttive.
Restano prioritari il rilievo scientifico del bene culturale esaminato e le analisi preliminari, per il controllo e la mappatura del suo stato di conservazione fisica, a partire dalla caratterizzazione dei materiali e delle tecnologie edilizie impiegate. Una tecnologia completamente innovativa, quella radar, consente oggi di acquisire molte informazioni aggiuntive, rispetto al monitoraggio tradizionale, per la conoscenza sia del rischio che delle vulnerabilità consentendo un migliore coordinamento delle operazioni in materia di sicurezza del patrimonio architettonico ed ambientale.



Le mangrovie, presenti in fasce costiere sottili, rappresentano un ottimo sistema di difesa dei litorali da eventi anomali, come le grandi tempeste o gli tsunami. Sono, però, molto vulnerabili alle oscillazioni del livello dei mari causate dai cambiamenti climatici / *The mangroves present along thin costal strips represent an excellent defence system for coastlines from anomalous events, such as great storms or tsunamis. However, they are very vulnerable to sea level oscillation caused by climate change.*

- the recovery and reconstruction phase following a disaster can damage ecosystems and exacerbate existing vulnerabilities. It is thus important to integrate environmental management into post-disaster activities;
- different ecosystems and associated services can provide protection and reduce damages;
- protection and restoration of ecosystems can be more cost-effective than new man-made engineered options;
- despite increasing efforts invested in maintaining and enhancing ecosystem services for disaster risk reduction, much action is often implemented only after the occurrence of major disasters.
3. The role of biodiversity in disaster risk reduction:
- while there is increasing recognition of the role of different ecosystems in disaster risk reduction, the role of their constituents, namely species and genetic diversity in reducing risks, has been given less attention;
- there is lack of clear scientific and quantitative evidence on the

role of species and genetic diversity in disaster risk reduction. However, there are three areas where species and genetic diversity can contribute to disaster risk reduction, namely: 1) the resilience of ecosystems to disturbances, 2) the protective functions of ecosystems, and 3) by contributing to social resilience;
- Eco-DRR provides co-benefits for conservation and the enhancement of the focus on society can also be used as an incentive;
- biodiversity conservation can also be used as a tool for Eco-DRR;
- Eco-DRR and biodiversity conservation while differing in goals, share multiple commonalities in terms of measures used and challenges incentivising integration.
4. Policy context:
- it is necessary to incentivise the recent positive developments at global and regional level with regard to the recognition of the role of ecosystems in disaster risk reduction;
- these policies provide increased opportunities to integrate Eco-DRR and scale-up actions as Countries establish targets for implementation;
- it is important for national and regional action plans to enable cross-sectorial coordination to achieve national commitments.

Interventions for environmental impact mitigation in restoration projects

Concerning applications for cultural heritage, the pilot experimentation described in the restoration and enhancement project on the theme 'The urban and architectural restoration of the historic centre of Ponticelli (NA), with particular reference to interventions for mitigation of environmental impact, should be recalled here[8] The project was carried out «applying the methodology of planning the restoration through a rigorous 'anamnesis', which allowed to achieve knowledge, with the necessary critical comprehension, of the historic evolution of the dynamics of settling patterns, the morphologic and dimensional analysis, the one of the static features and of the materials characterising the curtains examined. There followed the 'diagnosis', which allowed the reading and recognition of the state

Palazzo Melenchini, situato nel centro storico di Parma. Interventi sulle volte affrescate concentrati all'estradosso con funzione sia di miglioramento sismico che di consolidamento statico / *Palazzo Melenchini, located in the historic centre of Parma. Interventions on the frescoed vaults concentrated on the outer surface with the task improving both seismic resistance and static consolidation (source: 'recuperoeconservazione', n.124, Juin 2015).*

Inoltre, sia le tecniche fotogrammetriche sia le tecniche LiDAR (aeree e terrestri), opportunamente utilizzate, riescono a fornire in tempi brevi le informazioni metriche di base per la messa in sicurezza di beni architettonici e di infrastrutture in zone colpite da catastrofi.
Occorre, ancora una volta, sottolineare che gli aspetti tecnici devono essere sempre ricondotti entro un coerente progetto di conservazione integrata e che il controllo dell'esito figurativo dell'intero progetto è compito proprio dell'architetto restauratore, che svolge un lavoro di sintesi e di coordinamento di competenze diverse, con l'assunzione, tra gli altri, dei criteri della 'distinguibilità' dell'antico dal nuovo e della 'reversibilità'.
Sono molteplici le iniziative in atto per trovare soluzioni che abbiano la necessaria durabilità degli interventi al variare delle condizioni climatiche e degli effetti del *climate change*.
É stata realizzata una cordolatura FRCM alle imposte delle volte/archi con malta pozzolanica fibrorinforzata (Rurewall PVA-TX) coadiuvata da 'fiorettature' di collegamento imposta arco-piedritti con fiocchi di carbonio (Ruredil X Joint, inghisati con malta) per garantire, oltre alle necessarie prestazioni meccaniche di resistenza, la durabilità dell'intervento al variare delle condizioni climatiche e la continua traspirabilità delle zone interessate al fine di consentire la conservazione e la fruibilità dell'apparato decorativo ('recuperoeconservazione', n.124, giugno 2015).
Tra queste una nuova tecnologia, sviluppata in Australia dalla Mineral Carbonation International (MCI) con l'Università di Newcastle, cattura le emissioni di CO_2, il maggiore dei gas serra, con il serpentino e le trasforma in calcestruzzo e in cartongesso, creando materiali green da costruzione.

Conclusioni

Gli aspetti principali legati alla mitigazione dei rischi, incombenti sui beni culturali e paesaggistici, sono, pertanto, due. Il primo si riferisce al rapporto tra cultura e natura, precedentemente esaminato; il secondo attiene a quello tra la comunità ed il patrimonio culturale e naturale. Tale istanza è stata considerata dal Consiglio d'Europa, che ha adottato, nel 2005, la *Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society* (Convenzione di Faro).Gli Stati membri del Consiglio d'Europa, quindi, richiamandosi in particolare alla Convenzione Culturale Europea (1954), alla Convenzione di Salvaguardia del Patrimonio Architettonico d'Europa (1985), alla Convenzione Europea sulla protezione del Patrimonio Archeologico (1992, modificata) e alla Convenzione Europea per il Paesaggio (2000) si sono impegnati:
a) a riconoscere che il diritto al patrimonio culturale è inerente al diritto di partecipare alla vita culturale, così come definito nella *Dichiarazione universale dei diritti dell'uomo*;
b) a riconoscere una responsabilità individuale e collettiva nei confronti del patrimonio culturale;

of deterioration of artefacts, besides the identification of the means available to ensure the conservation of tangible and intangible values. The third stage finally involved the editing of the 'project' within the limits imposed by 'integrated conservation'.»[9]
The restoration project featured «the use of non-invasive methods to eliminate (with a chemical barrier) the dampness rising on stone, bricks, mixed masonry, tufa stone, concrete, hollow bricks, and to mitigate the environmental impact (with ventilated roofs). Reverse thermal coats was also applied, by plastering the inner walls of buildings with an adequate layer of thermal plaster (made of lime mortar and inert cork covered by another plaster finishing layer), which represents a solution for improving thermal performances, both in winter and in summer.»[10]
An important objective for those who carry out an urban and architectural restoration project, is to enhance the diagnostic potential that science and technology afford, starting from the historical analysis, the critical selection of data, the focus on the 'qualitative' and not merely 'quantitative' issue to be interpreted in terms of historical memory, structure of the vision, space typology, symbolic values underlying shapes and materials, constructive stratifications.
The scientific survey of the cultural property examined and preliminary analysis remain a priority for the control and mapping of its state of physical conservation, starting from the characterisation of the building materials and technologies employed. The radar technology, completely innovative, currently enables us to acquire much more information than the traditional monitoring, concerning knowledge of both risk and vulnerability, allowing for better coordination of operations in the field of safety of the architectural and environmental heritage. Furthermore, both the photogrammetry and the LiDAR (aerial and terrestrial) techniques, when properly employed, allow to supply basic metric information for the restitution of safety conditions of architectural heritage and infrastructure in areas affected by disasters in a short time.
It is once more necessary to stress that technical features must at all times be brought within the scope of a consistent integrated conservation project and that the control of the figurative outcome of the whole project should be the very task of the restorer-architect, whose work is to summarise and coordinate different professional skills, adopting, among others, criteria of 'distinguishability' of ancient from new and of 'reversibility'.
There are multiple initiatives, presently being implemented, to find solutions that may have the durability required by interventions in accordance to the varying of climate conditions and the effects of climate change.
An FRCM framing of the brackets of the valuts/arches with pozzolamica mortar strengthened (Rurewall PVA-TX) by fibre aided by 'insertions' connecting arch bases at right angles with carbon elements (Ruredil X Joint, cast iron and mortar) to guarantee, besides the necessary mechanic resistance performance, the durability of the intervention with varying climate conditions and continuous traspiration of the areas involved in order to allow the conservation and the enjoyability of the decorative apparatus ('recuperoeconservazione' , n.124, Juin 2015).

Among these, a new technology, developed in Australia by Mineral Carbonation International (MCI) with the University of Newcastle, captures CO_2 emissions, the major greenhouse gas, with a serpentine and turns them into concrete and plasterboard, creating green construction materials.

Conclusions

The main aspects linked to the mitigation of risks threatening cultural and landscape heritage are, therefore, two. The former refers to the relation between culture and nature, examined above. The latter concerns the relation between communities and the cultural and natural heritage. This issue was taken into consideration by the Council of Europe, which adopted the 'Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society' (Faro Convention) in 2005. The Member States of the Council of Europe did therefore, recalling in particular the European Cultural Convention (1954), the Architectural Heritage Protection Convention of Europe (1985), the European Convention on the protection of Archaeological Heritage (1992, modified) and the European Convention for Landscape (2000), committed to:
a) acknowledge that the right to cultural heritage is inherent to the right of taking part in cultural life, as defined in the Universal Declaration of Human Rights;
b) acknowledge individual and collective responsibilities concerning cultural heritage.
c) stress that conservation of cultural and natural heritage, and their relative durable use, aim to achieve human development and quality of life;
d) take the necessary steps to apply the regulations of the Convention in relation to:
- the role of cultural heritage in building a peaceful and democratic society, in durable development processes for the promotion of cultural diversity;
- a greater synergy of responsibilities among all public bodies.
Indeed, while the main task in conservation and protection of cultural heritage has generally been responsibility of state authorities, the broadening of the definitions of heritage has introduced new stakeholders (the authorities responsible, the public in general, the owners of buildings, the professionals of conservation and technicians), whose collaboration is especially important in the planning and management of urban areas and cultural landscapes. The notion of heritage is considered here in its most ample meaning, both tangible and intangible. The notion of 'Heritage Community' is important, namely the role taken up by the community that, aware of the value of its heritage, ensures its conservation, enhancement and transmission to the future.
The objectives of the Faro Convention are, indeed, as follows:
- cultural heritage is a group of resources inherited from the past which people identify, independently of ownership, as a reflection and expression of their constantly evolving values, beliefs, knowledge and traditions. It includes aspects of the environment resulting from the interaction between people and places through time;
- a heritage community consists of people who value specific aspects of cultural heritage which they wish, within the framework of public action, to sustain and transmit to future generations.

c) a sottolineare che la conservazione del patrimonio culturale e naturale, ed il relativo uso durevole, hanno come obiettivo lo sviluppo umano e la qualità della vita;
d) a prendere le misure necessarie per applicare le disposizioni di tale Convenzione relativamente:

- al ruolo del patrimonio culturale nella costruzione di una società pacifica e democratica, nei processi di sviluppo durevole nella promozione della diversità culturale;
- ad una maggiore sinergia di competenze fra tutti gli attori pubblici.

Infatti, mentre il compito principale nella conservazione e nella tutela dei beni culturali è stato generalmente quello della responsabilità di un'autorità statale, l'allargamento delle definizioni del patrimonio ha introdotto altre parti interessate (le autorità preposte, il pubblico in generale, i proprietari di immobili, i professionisti della conservazione ed i tecnici) la cui collaborazione è particolarmente importante nella pianificazione e nella gestione delle aree urbane e dei paesaggi culturali. Qui la nozione di patrimonio è considerata nella sua più ampia accezione, sia materiale che immateriale. Importante è il concetto di *Heritage Community*, cioè il ruolo assunto dalla comunità che, consapevole del valore del suo patrimonio, si occupa della sua conservazione, valorizzazione e trasmissione al futuro.
Gli scopi della Convenzione di Faro, infatti, sono:

- il patrimonio culturale è un insieme di risorse ereditate dal passato che la comunità identifica, indipendentemente da chi ne detenga la proprietà, come riflesso ed espressione dei suoi valori, credenze, conoscenze e tradizioni costantemente in evoluzione. Esso comprende tutti gli aspetti dell'ambiente derivati dall'interazione nel tempo fra le persone e i luoghi;
- una comunità patrimoniale è costituita da persone che attribuiscono valore ad aspetti specifici del patrimonio culturale, che essi desiderano, nel quadro di un'azione pubblica, sostenere e trasmettere alle generazioni future.

1. Si vedano i numeri monografici della rivista "Restauro" (115-116/1991, 147-148/1999, 157/2001, 163/2003) ed i volumi (a cura di R.A. Genovese): *Il cantiere della conoscenza. Metodologie e strumenti per la conservazione ed il restauro* (Napoli, 2008); *Dalla conoscenza al progetto* (Napoli, 2011); *Conoscere, Conservare, Valorizzare* (Napoli, 2013); P*atrimonio culturale: tecniche innovative per il progetto di conservazione* (Napoli, 2016).
2. Papa Francesco (Bergoglio Jorge Mario) (2015), Laudato sì, 'Enciclica sulla cura della casa comune'. Guida alla lettura di Carlo Petrini, Città del Vaticano, Edizioni San Paolo, Milano.
3. SIT (Sistema Informativo Territoriale), ISCR, Carta del Rischio, (http://www.cartadelrischio.it/).
4. Feilden, B.M. e Jokilehto, J. (1993), *Management Guidelines for World Cultural Heritage Sites* (rivisto nel 1998), ICCROM (Roma) in collaborazione con UNESCO e ICOMOS.
5. Stovel H. (1998), *Risk Preparedness: A Management Manual for World Cultural Heritage*, ICCROM (Roma) in collaborazione con UNESCO e ICOMOS.
6. IUCN (2016), *Helping Nature Help Us: Transforming disaster risk reduction through ecosystem management*, testo di Monty F., Murti R., Furuta N., IUCN, Gland, Switzerland, p.11.
7. IUCN (2016), Helping Nature Help Us, op. cit., pp. v-vi.
8. Il progetto è stato redatto dagli allievi M. Arcamone, M. Bracco, R. Ciliberto, A. Di Sena e A. Nappo, del Corso di laurea Magistrale in Architettura-Progettazione Architettonica (MAPA) del Dipartimento di Architettura (DiARC), Università degli Studi di Napoli 'Federico II', nel Laboratorio di Restauro architettonico, svolto nell'a.a. 2014/2015, prof. Rosa Anna Genovese.
9. Genovese R.A.(2016), "Patrimonio culturale e cambiamenti climatici / Cultural heritage and climate change", in D'Ambrosio V., Leone M.F. (Eds.), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental Design for Climate Change adaptation. 1. Innovative models for the production of knowledge*, CLEAN, Napoli, pp. 146-157.
10. Genovese R.A.(2016), "Patrimonio culturale e cambiamenti climatici / Cultural heritage and climate change", in op. cit.

References

Council of Europe (2005), *Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society* (Convenzione di Faro).
Declaration of Amsterdam (Congress on the European Architectural Heritage, 21-25 October 1975).
Dichiarazione conclusiva del Convegno Internazionale Strategie di Conservazione integrata del patrimonio culturale: dall'emergenza alla cultura della prevenzione (Napoli, 13 giugno 2017) redatta in italiano e in inglese da J. Jokiletho, L. Fusco Girard, R.A. Genovese, P. Salonia.
Eriksen T.H.(2017), *Fuori controllo*, Einaudi, Milano, traduzione italiana di C. Melloni.
European Charter of the Architectural Heritage (1975).
Gariboldi A., Grossi G., Mauri M., Sorlini C., Tomasinelli F. (2016), *Il pianeta che cambia. Il futuro è già qui*, Touring Editore, Milano.
ICOMOS *Assisi Declaration* (1998).
ICOMOS, *Guidance on Post trauma recovery and reconstruction for World Heritage Cultural Properties*. Working Paper (July 13, 2017).
Lima Declaration for Disaster Risk Management of Cultural Heritage (December 3rd 2010).
Lucchi E., Pracchi V. (a cura di), (2013), *Efficienza energetica e patrimonio costruito. La sfida del miglioramento delle prestazioni nell'edilizia storica*, Maggioli Editore, Milano.
Millennium Ecosystems Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*, World Resource Institute, Washington DC, USA. Si veda anche: http://www.millenniumassessment.org/en/index.html.
Parlamento Europeo, Direzione Generale Politiche interne dell'Unione, Dipartimento tematico delle Politiche strutturali e di coesione, *La protezione del Patrimonio Culturale dalle Calamità Naturali, Cultura e Istruzione* (Febbraio 2007).
UNESCO, *Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage* (1972).
UNESCO, CCBP, Caribbean Capacity Building Programme. *Risk Preparedness*, Module 3 drafted by H. S. Stovel (2007).
UNESCO, *Case Studies on the Conservation and Management of Historic Cities* (2008).
UNESCO with ICCROM, ICOMOS, IUCN, *Managing Disaster Risks for World Heritage* (2010).
UNESCO with ICCROM, ICOMOS, IUCN, *Preparing World Heritage Nominations* (2011, II ed. 2012).
UNESCO, *Risk Management at Heritage Sites: a case Study of the Petra World Heritage Site* (2012).
UNESCO with ICCROM, ICOMOS, IUCN, *Managing Natural World Heritage* (2013).
UNESCO with ICCROM, ICOMOS, IUCN, *Managing Cultural World Heritage* (2013).
UNESCO, *Risk Management Policy*, final draft (August 2016).
UNESCO and World Bank Collaborate on Culture, Urban Development, and Resilience (July 13, 2017).

1. *See the monographic issues of the magazine Restauro (115-116/1991, 147-148/1999, 157/2001, 163/2003) and the volumes (edited by R.A. Genovese) Il cantiere della conoscenza. Metodologie e strumenti per la conservazione ed il restauro(The yard of knowledge. Methodologies and tools for conservation and restoration) (Naples 2008); Dalla conoscenza al progetto (From Knowledge to the project) (Naples 2011); Conoscere, Conservare, Valorizzare (To Know, Conserve, Enhance) (Naples 2013); Patrimonio culturale: tecniche innovative per il progetto di conservazione (Cultural Heritage: innovative techniques for the conservation project) (Naples 2016).*
2. *Pope Francesco (Bergoglio Jorge Mario) (2015), Encyclical Letter 'Laudato si', 'Encyclical Letter on the Care for our Common Home'. Guide to reading by C. Petrini, Città del Vaticano, Edizioni San Paolo, Milan.*
3. *SIT (Sistema Informativo Territoriale), ISCR, Carta del Rischio, (http://www.cartadelrischio.it/) .*
4. *Feilden, B.M. and Jokilehto, J. (1993), Management Guidelines for World Cultural Heritage Sites (revised in 1998), ICCROM (Rome) in collaboration with UNESCO and ICOMOS.*
5. *Stovel, H. (1998), Risk Preparedness: A Management Manual for World Cultural Heritage, ICCROM (Rome) in collaboration with UNESCO and ICOMOS.*
6. *IUCN (2016), Helping Nature Help Us: Transforming disaster risk reduction through ecosystem management, text by Monty F., Murti R., Furuta N., IUCN, Gland, Switzerland, p.11.*
7. *IUCN (2016), Helping Nature Help Us, op. cit., pp. v-vi.*
8. *The project was edited by students M. Arcamone, M. Bracco, R. Ciliberto, A. Di Sena and A. Nappo, of the Master's Degree Course in Architecture-Architectural Project (MAPA) of the Departemnt of Architecture (DiARC), University 'Federico II' of Naples, in the Architectural Restoration Laboratory held in the academic year 2014/2015, prof. Rosa Anna Genovese.*
9. *Genovese R.A.(2016), "Patrimonio culturale e cambiamenti climatici / Cultural heritage and climate change", in D'Ambrosio V., Leone M.F. (Eds.), Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental Design for Climate Change adaptation. 1. Innovative models for the production of knowledge, CLEAN, Napoli, pp. 146-157.*
10. *Genovese R.A.(2016), "Patrimonio culturale e cambiamenti climatici / Cultural heritage and climate change", in op. cit.*