

An aerial photograph of a modern urban plaza. The plaza is paved with light-colored stone tiles in a geometric pattern. Several people are walking, and a group of people is gathered around bicycles. A river flows along the right side of the plaza, with a metal railing separating it from the walkway. A modern building with a glass facade is visible on the left side. The overall scene is a busy, contemporary urban environment.

a cura di / edited by

Roberto Bologna
Mario Losasso
Elena Mussinelli
Fabrizio Tucci

Dai distretti urbani agli eco-distretti

Metodologie di conoscenza, programmi strategici, progetti pilota per l'adattamento climatico

From Urban Districts to Eco-districts

Knowledge Methodologies, Strategic Programmes, Pilot Projects for Climate Adaptation

politecnica


MAGGIOLI
EDITORE

Book series STUDI E PROGETTI

directors *Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli*

editorial board *Chiara Agosti, Giovanni Castaldo, Martino Mocchi, Raffaella Riva*

scientific committee *Marco Biraghi, Luigi Ferrara, Francesco Karrer, Mario Losasso, Maria Teresa Lucarelli, Jan Rosvall, Gianni Verga*

edited by

Roberto Bologna

Mario Losasso

Elena Mussinelli

Fabrizio Tucci

editorial assistants

Federica Dell'Acqua

Sara Verde

The publication is realized with PRIN 2015 "Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico / Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts in Climate Change Regime" research funds. The scientific work was conducted by the following Research Units: Università degli Studi di Napoli Federico II (Principal Investigator and Research Lead Mario Losasso), Politecnico di Milano (Research Lead Elena Mussinelli), Sapienza Università di Roma (Research Lead Fabrizio Tucci), Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli* (Research Lead Renata Valente), Università degli Studi di Firenze (Research Lead Roberto Bologna), Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria (Research Lead Maria Teresa Lucarelli).

The book has been subjected to blind peer review.

Cover:

Hamburg (photograph by Federica Dell'Acqua, 2018)

ISBN 9788891643209

© Copyright of authors.

Published by Maggioli Editore.

Maggioli Editore is a trademark of Maggioli Spa

Company with certified quality system Iso 9001:2000

47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8

e-mail: clienti.editore@maggioli.it

All rights reserved.

Printed in the month of January 2021

by Maggioli Spa - Santarcangelo di Romagna (RN).

Dai distretti urbani agli eco-distretti

**Metodologie di conoscenza, programmi strategici,
progetti pilota per l'adattamento climatico**

From Urban Districts to Eco-districts

**Knowledge Methodologies, Strategic Programmes,
Pilot Projects for Climate Adaptation**

a cura di / edited by

Roberto Bologna
Mario Losasso
Elena Mussinelli
Fabrizio Tucci


MAGGIOLI
EDITORE

PRIN 2015 Research - “Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico / Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts in Climate Change Regime”

RESEARCH UNITS

Università degli Studi di Napoli Federico II

Mario Losasso (Principal Investigator and Research Lead), Marina Rigillo (Operative Coordinator), Stefano Consiglio, Maurizio Giugni, Valeria D’Ambrosio, Francesco De Paola, Anna Maria Zaccaria, Ferdinando Di Martino, Mattia Federico Leone, Enza Tersigni, Federica Dell’Acqua.

Research Collaborators: Eduardo Bassolino, Carmela Aprea, Anita Bianco, Ensyie Farokhirad, Simona Mascolino.

Expert Group: Manfred Köhler (Hochschule Neubrandenburg), Norbert Kühn (Technische Universität Berlin), Paola Mercogliano (Fondazione CMCC, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici).

Politecnico di Milano

Elena Mussinelli (Research Lead), Andrea Tartaglia (RU Operative Coordinator), Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Giovanni Castaldo, Davide Cerati, Andrea Rebecchi.

Sapienza Università di Roma

Fabrizio Tucci (Research Lead), Alessandra Battisti, Serena Baiani, Domenico D’Olimpio, Romeo Di Pietro, Giuseppe Piras.

Research Collaborators: Valeria Cecafozzo, Duilio Iamonicò, Gaia Turchetti, Margherita Fiorini, Alessandro Malatesta, Michela Paglia, Elisa Pennacchia, Giulia Sciarretti, Violetta Tulelli, Giuseppina Vespa.

Expert Group: Thomas Auer, Daniele Santucci (Technische Universität München), Marco Cimillo (Xi’an Jiaotong - Liverpool University, Department of Architecture), Françoise Blanc (Ecole Nationale Supérieure d’Architecture de Toulouse), Patrick Thépot (Ecole Nationale Supérieure d’Architecture de Grenoble).

Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli

Renata Valente (Research Lead), Salvatore Cozzolino, Carolina De Falco, Armando Di Nardo, Michele Di Natale, Francesca La Rocca, Mariano Perneti, Daniela Ruberti, Sandro Strumia.

Research Collaborators: Marco Vigliotti, Roberto Bosco, Eduardo Cappelli, Pietro Ferrara, Giuseppe Moccia.

Expert Group: Louise A. Mozingo (University of California at Berkeley), Carlo Donadio (Università degli Studi di Napoli Federico II).

Università degli Studi di Firenze

Roberto Bologna (Research Lead), Francesco Alberti, Rossella Rossi, Maria Vittoria Armetoli, Giulia Guerri, Giulio Hasanaj.

Expert Group: Alfonso Crisci (Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze), Marianna Nardino (Istituto di Biometeorologia del CNR di Bologna), Daniele Vergari (Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno).

Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

Maria Teresa Lucarelli (Research Lead), Martino Milardi (RU Operative Coordinator), Corrado Trombetta.

Research Collaborators: Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella.

Expert Group: Valerio Morabito (Università Mediterranea di Reggio Calabria - Upenn, University of Pennsylvania); Giovanni Cavanna (Istituto per le Tecnologie della Costruzione - Consiglio Nazionale delle Ricerche ITC-CNR).

4. Test, simulazioni, protocolli, attività on site e in laboratorio

Tests, Simulations, Protocols and Activities On-site and in Laboratory

Martino Milardi

Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

4.1 INTRODUZIONE*

Le recenti risultanze degli scenari di cambiamento climatico (Chalmers, 2014), sviluppatosi e diffuso in maniera sempre più rilevante sui sistemi globali, hanno portato una maggiore consapevolezza delle ricadute che questo provoca in termini umani, ambientali, sociali ed economici. In particolare, si mette in luce, la necessità di concretizzare nuovi processi che siano in grado di leggere “in modo dinamico” le risposte dei sistemi costruiti, le variazioni qualitative delle componenti e i differenti livelli di rischio e vulnerabilità.

Questo intento diventa un’azione imprescindibile per comprendere come le dinamiche del clima urbano determinano e innescano evidenti effetti sull’ambiente costruito. Lo studio di questo cambiamento e dei suoi effetti, è un esempio emblematico della sfida intellettuale e operativa che oggi viene posta dai sistemi complessi e dai modelli matematici che costituiscono gli strumenti ideali per cogliere il comportamento (VV.AA., 2018). È noto come (forti) variazioni climatiche richiedono, quindi, una sostanziale modifica degli approcci alla progettazione per rendere i sistemi urbani più resilienti al *climate change*.

Numerosi report dei centri e organismi di ricerca (ARUP, 2018), nonché le sempre più stringenti direttive europee (EU, 2016), evidenziano come l’involucro edilizio, in apparenza “distante” dalla scala dei rapporti urbani macrodinamici, rivesta un ruolo fondamentale essendo tra i primi “motori” del ciclo energivoro che connota i fenomeni di *climate change*, come l’aumento delle temperature.

A questa complessità si associa una maggiore consapevolezza di arricchire le tradizionali discipline con un nuovo *corpus* di scienze, quali la climatologia, la fisica urbana che, insieme ai sistemi informatici e digitali si rendono indispensabili per comprendere i fenomeni ambientali e i relativi impatti su grande e piccola scala.

In questa luce, l’approccio operativo basato sull’uso di strumenti di rilevazione, di lettura diagnostica, modellizzazione e simulazione, nonché, su test di misura e valutazione in regime “simulato” assumono particolare rilevanza. La progettazione, soprattutto in aree ambientali critiche o sensibili, è preceduta, dunque, da azioni finalizzate alla comprensione delle dinamiche e alla verifica di applicabilità delle soluzioni¹.

* Hanno collaborato alla stesura del testo le PhD Students Evelyn Grillo e Sara Sansotta, curando in particolare il paragrafo 4.2.

1 In tal senso, anche se ormai da molti anni i *software* di simulazione o valutazione *ex ante* dei progetti (come ad esempio quelli nel campo delle prestazioni energetiche) sono di uso corrente o prescritto, le fasi composte da studi di rilevazione analitica contestuale con le relative modellazioni o, addirittura, i test su modelli in scala, stanno diventando

4.1 INTRODUCTION*

The recent results of the climate change scenarios (Chalmers, 2014), developed and spread in an increasingly relevant way on global systems, have brought a greater awareness of the effects that this causes in human, environmental, social and economic terms. It is necessary to implement new processes that are able to read “dynamically” the responses of the built systems, the qualitative variations of the components and the different levels of risk and vulnerability. The study of this change and its effects is an emblematic example of the intellectual and operational challenge that today is posed by complex systems and mathematical models as ideal tools to grasp the behaviour (VV.AA., 2018). It is known that climatic variations require a substantial change in design approaches to make urban systems more resilient to climate change. Numerous reports from research centres and organizations (ARUP, 2018), as well as the European directives (EU, 2016), show that the building envelope, apparently distant from the scale of macro dynamic urban relations, plays a key role being among the first drivers of the energy cycle that characterizes the phenomena of climate change, such as rising temperatures. In this light, the operational approach based on the use of tools for detection, diagnostic reading, modelling and simulation, as well as, on measurement and evaluation tests in “simulated” mode are particularly relevant. The design, especially in critical or sensitive environmental areas, is preceded by actions aimed at understanding the dynamics and verifying the applicability of the solutions¹. The actors of the project pro-

* PhD students Evelyn Grillo and Sara Sansotta have collaborate to this chapter, in particular paragraph 4.2.

1 In this sense, from many years the valuation software of simulation *ex ante* or of projects (as those in the field of the energetic performances) are of current use or prescribed, the phases composed from studies of contextual analytical survey with the relative modelling or, even, the tests on models in scale, are becoming more and more searched for in order to increase the predictive abilities of the project and consequently to increase the meanings of control.

cess have different tools available to formulate hypothesis, today. Verification and validation of the choices: not only software and equipment, but also simulations and tests, to assess the adequacy of the responses as well as the congruence to the contexts of intervention. This instrumental opportunity offers the project the possibility to “read” future outcomes in advance and enrich the process with a new ability to control performance dynamics. In this direction, with the terms of verification and validation we distinguish the control activities aimed at establishing whether a finished product has functional characteristics and performance in conformity with those established at the beginning of the development process. «Verify beforehand, [...], the essential features of the ability of the interventions to function according to the expected quality requirements, [...], but above all of their integration in the organic and harmonic whole that form the buildings» (Arlati, 2012, pp. 11-12). Relating to the panorama of policymaking in the European context², inherent to energy and environmental issues is increasingly widespread use of simulation and modelling programs, able to dynamically describe the behaviour and functional characteristics of a given urban space over time, to vary of multiple factors such as usage conditions and climatic conditions. Faced with the urgency dictated by Agenda 2030³, the action strategies are projected to change conventional planning and design practices by making them climate proof (Losasso et al., 2020). Therefore, it seems clear how these logics are changing the design approaches according to the goals and requirements that contribute to the increase of the adaptability of the urban environment to the various scales. (Milardi, 2018). Specifically, if on the one hand the adaptive strategy is a reference for mitigation and resilience interventions, on the other hand, in its “downscaling” application, it is not always possible to control the elements of complementarity or overlapping of fields. In this direction, the modelling of the environmental context is intended as a useful tool to build future scenarios in a process of theory and prediction (Hartmann, 1996), taking the opportunity to restore beauty to our cities (Legambiente, 2016). In relation to the design process of the modelling phase, the literature declines three different modelling methods: scale physical models that realistically represent the object from some points of view (morphological, geometric),

Gli attori del processo progettuale hanno, oggi, a disposizione differenti strumenti per formulare ipotesi, “verifica” e “validazione” (richieste dalle norme e soprattutto dagli obiettivi di conoscenza analitica e scenari previsionali) delle scelte: non solo *software* e attrezzature, ma anche simulazioni e test, per valutare l’adeguatezza delle risposte nonché la congruenza ai contesti d’intervento. Questa opportunità strumentale offre al progetto la possibilità di “leggere” in anticipo esiti futuri e arricchire il processo di una nuova capacità di controllo delle dinamiche prestazionali.

In questa direzione, con i termini di verifica e validazione si distinguono le attività di controllo indirizzate a stabilire se un “prodotto” finito abbia caratteristiche funzionali e prestazioni conformi con quelle stabilite all’inizio del processo di sviluppo. «Verificare a priori, [...], i tratti essenziali della capacità di funzionare degli interventi secondo i requisiti di qualità attesi, [...], ma soprattutto della loro integrazione nell’insieme organico e armonico che formano gli edifici» (Arlati, 2012, pp. 11-12).

Rapportandosi al panorama delle politiche programmatiche in ambito europeo², inerenti le questioni energetiche e ambientali si sta sempre più diffondendo l’uso di programmi di simulazione e modellazione, in grado di descrivere “in modo dinamico” il comportamento e le caratteristiche funzionali di un dato spazio urbano nel tempo, al variare di molteplici fattori quali ad esempio le condizioni di utilizzo e le condizioni climatiche. Di fronte all’urgenza dettata dall’Agenda 2030³, le strategie di azione sono proiettate a modificare le convenzionali pratiche programmatiche e progettuali rendendole *climate proof*, ovvero a prova di clima (Losasso et al., 2020).

Sembra quindi assodato come queste logiche stiano modificando gli approcci della progettazione in accordo agli obiettivi e requisiti che concorrono all’aumento dei caratteri di adattività dell’ambiente urbano alle varie scale (Milardi, 2018). Nello specifico, se da un lato la strategia adattiva è un riferimento per gli interventi di mitigazione e resilienza, dall’altro, nella sua applicazione “downscaling”, non sempre è possibile controllare in modo chiaro gli elementi di complementarietà o di sovrapposizione dei campi.

In questa direzione, la modellazione del contesto ambientale viene intesa come strumento utile a costruire scenari futuri in un processo di teoria e previsione (Hartmann, 1996), cogliendo l’opportunità di ridare bellezza alle nostre città (Legambiente, 2016).

Rispetto al processo progettuale inerente la fase di *modelling*, la letteratura declina tre diversi metodi di modellazione: “modelli fisici in scala” che rappresentano in modo realistico l’oggetto sotto alcuni punti di vista (morfológico, geometri-

sempre più ricercate per aumentare le capacità predittive del progetto e di conseguenza aumentare i significati di controllo.

2 Refers to the EU Adaptation Strategy, which has among its primary goals the improvement of the quality of the environment, promoting adaptive design processes and mitigate control of impacts. Available at: https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what_en.

3 The Agenda 2030 adopted by all UN Member States in 2015, with its 17 goals (SDG), provides a shared model for sustainable development. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org>.

2 Si fa riferimento alla EU Adaptation Strategy, che ha tra gli obiettivi primari l’incremento qualitativo dell’ambiente, promuovendo processi progettuali adattivi e il controllo mitigativo degli impatti. Disponibile al sito: https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what_en.

3 L’Agenda 2030 adottata da tutti gli Stati membri delle Nazioni Unite nel 2015, con i suoi 17 obiettivi (SDG) fornisce un modello condiviso per lo sviluppo sostenibile. Disponibile sul sito: <https://sustainabledevelopment.un.org>.

co), “modelli complessi” basati su algoritmi di calcolo che necessitano l'utilizzo di *software* di simulazione e “modelli numerici” che simulano il comportamento di un oggetto rispetto a una determinata manifestazione (termica, visiva, acustica) utilizzando relazioni matematiche (Fotopoulou et al., 2016).

In linea generale, i *software* di simulazione che forniscono informazioni più affidabili sono quelli che richiedono un maggior dettaglio nella rappresentazione dei dati di ingresso (climatici e riguardanti lo spazio urbanizzato) e generano *output* più complessi da leggere. Alla diffusione dei *software* di modellazione innovativi corrisponde dunque, una consapevolezza ambientale da parte del progettista che considera in modo integrato il controllo dei flussi energetici, materiali e immateriali alla progettazione architettonica, mettendo in luce il ruolo del *testing* e della sperimentazione come fondamentale e nel perseguimento operativo e di tali obiettivi.

Il processo di *testing* è considerato come nuovo strumento che aumenta le capacità di controllo di tenere adattivo per le indagini sui cambiamenti climatici, basato su misurazioni e valutazioni prestazionali rispetto a specifici contesti ambientali di riferimento (Ballarini et al., 2019). Si tratta cioè di ampliare l'aspetto più tradizionale della modellazione e simulazione, con i protocolli di *testing* che richiedono nuovi approcci metodologici e infrastrutture capaci di rispondere in modo innovato ai *trend* del mercato e alle stringenti normative di settore.

Inoltre, le tematiche ambientali e le problematiche che scaturiscono dalle interazioni esistenti tra edificio e contesto riportano spesso l'attenzione sull'involucro con la necessità di analizzarlo a diverse scale e nella sua completa messa a sistema.

Le attività di test avanzato svolte presso laboratori specializzati pongono il loro punto di forza sull'utilizzo di strumenti di rilevazione fenomenologica che spesso, oltre a essere accurati e aggiornati di continuo, offrono alti valori di *performances* e sono calibrati su *datasheet* garantiti da enti accreditati.

In ragione, dunque, delle attuali richieste qualitative e di rispondenza ai requisiti di flessibilità e adattabilità, è indispensabile una nuova modalità di controllo, quindi misurabile, del progetto architettonico e urbano che sia valido per la riqualificazione e rigenerazione di tessuti edilizi degradati, nonché per la proposizione di nuovi modelli insediativi.

Un punto di forte rilevanza delle attività di *testing*, rispetto ai *software* di simulazione, è offrire a progettisti e tecnici del settore garanzie sull'affidabilità e conformità dei dati e risultati, con ricadute importanti sulla ricerca sperimentale e industriale (Trombetta & Milardi, 2015). Inoltre, la verifica e il controllo durante prove sperimentali, basati su protocolli normati, permettono non solo di ottimizzare le *performances* qualitative di un progetto ma di minimizzare gli errori durante la realizzazione.

In questo senso e in quest'ottica che si chiarisce e si delinea il ruolo portante della progettazione, delle metodologie e degli strumenti tecnico-operativi supportati da criteri di previsione modellata e *testing*.

4.2 CONTRIBUTI

Le attività di ricerca e di sperimentazione delle diverse *Research Units* (RU) chiariscono come lo sviluppo di un approccio basato su criteri di generale modellazio-

complex models based on calculation algorithms that require the use of simulation software and numerical models that simulate the behaviour of an object with respect to a specific manifestation (thermal, visual, acoustic) using mathematical relationships (Fotopoulou et al., 2016). In general, the simulation software that provide more reliable information are those that require more detail in the representation of input data (climate and urbanized space) and generate outputs more complex to read. To the diffusion of innovative modelling software corresponds therefore, an environmental awareness on the part of the designer who considers in an integrated way the control of energy, material and immaterial flows to architectural design, highlighting the role of testing and experimentation as fundamental and in the pursuit of these goals. The Testing process is considered as a new tool that increases adaptive control capabilities for climate change investigations, based on measurements and performance evaluations with respect to specific reference environmental contexts (Ballarini et al., 2019). This means expanding the more traditional aspect of modelling and simulation, with Testing protocols that require new methodological approaches and infrastructures capable of responding in an innovative way to market trends and stringent industry regulations. The advanced testing activities carried out in specialized laboratories put their strength on the use of phenomenological detection instruments that often, in addition to being accurate and continuously updated, offer high performance values and are calibrated on datasheets guaranteed by accredited bodies. Therefore, due to the current demands for quality and compliance with the requirements of flexibility and adaptability, it is essential a new way of control, therefore measurable, of architectural and urban design that is valid for the redevelopment and regeneration of degraded building fabrics, as well as for the proposal of new settlement models. A point of strong relevance of testing activities, compared to simulation software, is to offer designers and technicians in the sector guarantees on the reliability and conformity of data and results, with important effects on experimental and industrial research (Trombetta & Milardi, 2015). Moreover, the verification and control during experimental tests, based on standardized protocols, allow not only to optimize the qualitative performance of a project but also to minimize errors during the realization.

4.2 CONTRIBUTES

The research and experimentation activities of the different Research Units (RU) clarify how the development of an approach based on criteria of general modelling, simulation and testing, wants to be a tool able to support a predictive vision.

The tools that allow analysing or simulating phenomena that occur on specific environmental contexts assume, therefore, a strategic role in the definition of timely and flexible responses able to address design solutions of climate proof. The scientific evidence of the design process implemented by the different RU was mainly based on the use of two software such as GIS (Geographical Information System)⁴ and ENVI-met⁵, solving the limits with other open source software. The GIS software is applied for the analysis and management of spatial data and their representation in tables and graphs, on the contrary, the simulation software ENVI-met is enabled for the realization of microclimatic models in three-dimensional scale of urban districts and useful for environmental impact assessment. The application of software technologies in RU research projects allows verifying *ex ante* the effectiveness of the transformations on certain urban systems according to the environmental quality requirements, through the virtual and dynamic simulation of input data, able to operate an integrated analysis of the design process. In this discussion we want to highlight the methodological process of the different RU, Aversa, Florence, Reggio Calabria, Milan, Naples and Rome (Part 2), in relation to the use of the main tools used and how they are shaped, according to the needs and scenarios implemented in the research process according to the sequence of testing, modelling and simulating.

A multidisciplinary approach to the integrated management of urban transformation and construction projects finds more application in the work of the RU of the University of Campania Luigi Vanvitelli, whose goal is the creation of a Green Street network through Green Stormwater Infrastructures (GSI) devices between the road section of the historical centres of Melito (NA) and Aversa (CE). In view of the problems encountered in these areas - heavy rainfall, floods - a controlled management of rainwater is required with the ultimate aim of avoiding flooding and improving the quality of open spaces. In this case, the operational methodology adopted provides a phase of cognitive analysis of the urban system

4 GIS is a tool used to analyze spatial properties and potential relationships between objects and events. GIS technology combines the mechanisms and operations of common databases with geographical analysis and the ability to display them on the map. For more information: <http://www.mtcube.com/manuali/intramontabili/GIS.pdf>.

5 The ENVI-met system allows the analysis of the impacts of the project on the local environment, the specification of the ground floor and building materials and the use of vegetation on walls or roofs in any conceivable configuration to help mitigate factors such as urban thermal stress. For more information: <https://www.envi-met.com/>.

ne, simulazione e *testing*, vuole porsi come strumento in grado di supportare una “visione previsionale”; in sintesi orientare, quando possibile, in modo sostanziale gli interventi di trasformazione del sistema urbano.

Gli strumenti che permettono di analizzare o simulare fenomeni che si verificano su specifici contesti ambientali assumono, quindi, un ruolo strategico nella definizione di risposte puntuali e flessibili in grado di indirizzare soluzioni progettuali *climate proof*.

L’evidenza scientifica del processo progettuale messo in atto dalle diverse RU si è basata principalmente sull’utilizzo di due *software* quali GIS (*Geographical Information System*)⁴ ed ENVI-met⁵, risolvendo i limiti con altri *software open source*. Il *software GIS* viene applicato per le analisi e la gestione dei dati territoriali e la loro rappresentazione in tabelle e grafici, al contrario, il *software* di simulazione ENVI-met è abilitato alla realizzazione di modelli microclimatici in scala tridimensionale di distretti urbani e utile alla valutazione dell’impatto ambientale.

L’applicazione di tecnologie *software* nei progetti di ricerca delle RU consente di verificare *ex ante* l’efficacia delle trasformazioni su determinati sistemi urbani secondo i requisiti di qualità ambientale, attraverso la simulazione virtuale e dinamica di dati *input*, in grado di operare un’analisi integrata del processo progettuale. I dati elaborati dai *software* nelle fasi di *modelling* e *simulating* sono rafforzati dall’approccio cognitivo del *testing* legato fortemente alla specificità dell’apprendimento in architettura e nella cultura digitale.

In questa trattazione si intende mettere in luce l’*iter* metodologico delle diverse *Research Units* di Aversa, Firenze, Reggio Calabria, Milano, Napoli e Roma (Parte II), rispetto all’utilizzo dei principali strumenti impiegati e come questi si plasmano a seconda delle esigenze e degli scenari attuati nel processo di ricerca secondo la sequenza del *testing*, *modelling* e *simulating*.

Un approccio multidisciplinare alla gestione integrata di progetti di trasformazione urbana e edilizia trova maggiore esempio di applicazione nel lavoro della RU dell’Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, il cui obiettivo è la realizzazione di una rete *Green Street* attraverso dispositivi di *Green Stormwater Infrastructures* (GSI) tra il tratto stradale dei centri storici di Melito (NA) e Aversa (CE). A fronte delle problematiche riscontrate in queste aree - forti precipitazioni, alluvioni - si richiede una gestione controllata delle acque meteoriche con il fine ultimo di evitare fenomeni di allagamento e migliorare la qualità degli spazi aperti. In questo caso, la metodologia operativa adottata prevede una fase di analisi conoscitiva del sistema urbano e delle sue criticità, attraverso un modello GIS di dati LIDAR che identifica aree maggiormente degradate dove applicare soluzioni GSI.

4 Il GIS (*Geographic Information System*) è uno strumento usato per analizzare le proprietà spaziali e le potenziali relazioni tra oggetti ed eventi. La tecnologia GIS unisce i meccanismi e le operazioni dei comuni *database* con l’analisi geografica e la possibilità di visualizzazione sulla mappa. Per maggiori informazioni consultare il sito <http://www.mtcube.com/manuali/intramontabili/GIS.pdf>.

5 Il sistema ENVI-met consente l’analisi degli impatti del progetto sull’ambiente locale, la specifica del piano terra e dei materiali da costruzione e l’uso della vegetazione su muri o tetti in qualsiasi configurazione immaginabile per aiutare a mitigare fattori come lo *stress* termico urbano. Per maggiori informazioni consultare il sito <https://www.envi-met.com/>.

Il raggiungimento degli obiettivi progettuali è frutto di continui approfondimenti sulle condizioni microclimatiche delle aree soggette ad allagamento, attraverso un'attenta lettura dei dati e successivo confronto delle simulazioni con i *software* ENVI-met e i-Tree Street, in grado di verificare i livelli di vulnerabilità urbana.

Il tema della vulnerabilità climatica e riqualificazione degli spazi pubblici è ripreso dalla RU dell'Università degli Studi di Firenze, attraverso lo studio del Distretto urbano di Scandicci, interessato da piogge torrenziali con rischi di alluvione e da effetti di isola di calore. Obiettivo specifico della ricerca si è incentrato sulle analisi e la conseguente progettazione sperimentale degli spazi aperti pubblici e del tessuto edificato, riprogettati con azioni resilienti, cioè rivolte alla risoluzione delle cause stesse dei fenomeni estremi (EEA, 2017). L'impiego del *software* ENVI-met, per la fase di simulazione, ha permesso di modellare le condizioni microclimatiche nelle aree urbane oggetto di studio, al fine di rendere intelligibili le interazioni tra i diversi elementi presenti. Un aspetto interessante è la restituzione delle temperature a vasta scala attraverso il sensore Modis, mentre per le parti urbanizzate si è reso necessario l'utilizzo del sensore ASTER, in grado di rilevare le temperature elevate in uno spazio urbanizzato. Dalla metodologia di lavoro applicata è emerso come sia sempre più richiesta una interoperabilità tra le scale del progetto volta a migliorare la capacità di resilienza dell'ambiente costruito e del territorio (Lucarelli, 2017).

L'indagine del territorio in termini di risposta agli impatti ambientali è stata oggetto di studio della RU dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, la cui area comprende quattro Distretti di Napoli (Bagnoli, Fuorigrotta, Cavalleggeri, Soccavo). L'obiettivo concerne l'individuazione di aree prioritarie di intervento di adattamento climatico mediante *Green Infrastructure*. La parte conoscitiva è stata elaborata tramite *software* GIS, al fine di costruire *database* ed elaborare dati opportunamente georeferenziati, capace di tracciare il profilo climatico e le risposte ad alcuni impatti ambientali come il *pluvial flooding* e l'ondata di calore. L'utilizzo del *software* GIS-based è fortemente incentrato sul processo di analisi e stima di scenari di impatto del fenomeno *heat wave ex ante*, portando a un risultato di tipo meta-progettuale adatto a orientare le scelte del decisore verso soluzioni validate da un processo di conoscenza oggettivabile nei passaggi logici e nella qualità dei dati utilizzati. Il modello di valutazione "METROPOLIS"⁶, è stato il punto di partenza per stimare il contributo di categorie di intervento *climate proof* al progetto di adattamento, formulando scenari di impatto del sistema urbano.

L'analisi e la sperimentazione sullo spazio pubblico del NIL (Nucleo di Identità Locale) di Lodi-Corvetto, ha riguardato l'attività di ricerca della RU del Politecnico di Milano, focalizzata alla definizione di SSP (Sistemi di Spazi Pubblici), classificati in base alle caratteristiche morfologiche e alle criticità ambientali prevalenti. La metodologia applicata per la fase di modellizzazione si è basata sull'utilizzo del *software* GIS, per l'identificazione delle zone maggiormente colpite dal fenomeno dell'isola di calore urbano e lo studio dei principali indici di

and its criticality, through a GIS model of LIDAR data that identifies the most degraded areas where to apply GSI solutions. The project aims to define microclimatic conditions of areas subject to flooding, through a careful reading of the data and subsequent comparison of the simulations with ENVI-met and i-Tree Street software, able to verify the levels of urban vulnerability.

The theme of climate vulnerability and redevelopment of public spaces is taken up by the RU of the University of Florence, through the study of the urban district of Scandicci, affected by torrential rains with flood risks and heat island effects. Specific goals of the research has focused on the analysis and the consequent experimental design of public outdoor spaces and built fabric, redesigned with resilient actions, i.e. aimed at solving the causes of extreme phenomena (EEA, 2017). The use of ENVI-met software, for the simulation phase, has allowed modelling the microclimatic conditions in the urban areas under study, in order to make the interactions between the different elements intelligible. An interesting aspect is the restitution of temperatures on a large scale through the Modis sensor, while for the urbanized parts it was necessary to use ASTER sensor, able to detect high temperatures in an urbanized space. From the applied working methodology, it has emerged that interoperability between the scales of the project is increasingly required in order to improve the resilience of the built environment and the territory (Lucarelli, 2017).

The investigation of the territory in terms of response to environmental impacts has been the subject of study by the RU of the University of Naples Federico II, whose area includes four districts of Naples (Bagnoli, Fuorigrotta, Cavalleggeri, Soccavo). The goals concerns the identification of priority areas of climate adaptation intervention through Green Infrastructure. The cognitive part has been elaborated through GIS software, in order to build databases and process data properly geo-referenced, able to trace the climate profile and the responses to some environmental impacts such as rain flooding and heat wave. The use of GIS-based software is strongly focused on the process of analysis and estimation of scenarios of impact of the heat wave phenomenon ex ante, leading to a meta-design. The "METROPOLIS" evaluation model⁶, was the starting point to estimate the contribution of climate proof intervention categories to the adaptation project, formulating scenarios of impact of the urban system.

The analysis and experimentation on the public space of the

⁶ *The project METROPOLIS - Integrated and sustainable methodologies and technologies for the adaptation and safety of urban systems - carried out by the University of Naples Federico II, aims to propose an innovative approach aimed to the management and mitigation of human and natural risks to which urbanized contexts are daily subject.*

6 Il Progetto di ricerca METROPOLIS – Metodologie e tecnologie integrate e sostenibili per l'adattamento e la sicurezza di sistemi urbani – svolto dall'Università degli Studi di Napoli Federico II, si pone l'obiettivo di proporre un approccio innovativo finalizzato alla gestione e alla mitigazione dei rischi, antropici e naturali, ai quali i contesti urbanizzati sono quotidianamente soggetti.

NIL (Nucleus of Local Identity) of Lodi-Corvetto, concerned the research activity of the RU of Politecnico di Milano, focused on the definition of SSP (Public Space Systems), classified according to the morphological characteristics and the prevailing environmental criticalities. The methodology applied for the modelling phase was based on the use of GIS software, for the identification of the areas most affected by the urban heat island phenomenon and the study of the main indices of perceived temperature and rainfall. For the simulation phase inherent to the reduction of air pollutants, specific software such as i-Tree and i-Tree Design have been used, applying UFORE models, for the elaboration of tabular values considered reliable for the design phase. The hypotheses, in fact, are defined as technological-environmental, technical and material solutions, also with the comparison of possible alternatives and evaluated by quantifying the achievable benefits in terms of adaptive response and urban regeneration.

The experimental process adopted by the RU of the Mediterranean University of Reggio Calabria has developed on the observation and study of the relations that are established between volumes and spaces of the built environment of three different urban compartments of the city of Reggio Calabria, in order to identify the behaviour of the facades in situations of climate change, in the specific heat wave and pluvial flooding. The research activity has focused on the control of the performance related to the interactions between building and context by exploiting the advantages of the processes of simulating, modelling and testing, having the opportunity to have a permanent laboratory. From the methodological point of view, we proceeded by identifying a new experimental set-up to be reproduced through phases of continuous verification and feedback of the processes, recording actual results compared to the testing phase through the use of machinery and equipment of the TCLab Section of the Building Future Lab, which allowed to recreate in the laboratory the context conditions previously detected through the software ENVI-met, Flow Design and Ansys.

The experimentation carried out by the RU of the Sapienza University of Rome with respect to the sequence of testing, modelling and simulating has focused on models of urban regeneration based on Climate Adaptive Change of the Districts of Primavalle, Torrecchia, Quartaccio and Pineto-Valle Aurelia. The goals concerns the bioclimatic adaptation of public outdoor spaces, subject to certain environmental impacts, related to heat islands and phenomena such as extreme rainfall and water bombs, in order to increase permeable surfaces according to a design consistent with the improvement of comfort. The retrofitting of the buildings, on the other hand, concerned the morphological, functional and technological aspects of the buildings and the external spaces of pertinence. The design simulations are syn-

temperatura percepita e di piovosità. Le analisi spaziali condotte permettono di ottenere importanti risultati nell'individuazione degli spazi pubblici sui quali intervenire a livello sperimentale. Per la fase di simulazione inerente alla riduzione degli inquinanti aerei sono stati utilizzati *software* specifici come i-Tree e i-Tree Design, applicando modelli UFORE, per l'elaborazione di valori tabellari ritenuti affidabili per la fase progettuale. Le ipotesi, infatti, sono definite come soluzioni tecnologico-ambientali, tecniche e materiche anche con la comparazione di possibili alternative e valutate quantificando i benefici conseguibili in termini di risposta adattiva e di rigenerazione urbana.

Il processo sperimentale adottato dalla RU dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria si è sviluppato sull'osservazione e sullo studio delle relazioni che si instaurano tra volumi e spazi dell'ambiente costruito di tre differenti comparti urbani della città di Reggio Calabria, al fine di individuare il comportamento delle facciate in situazioni di *climate change*, nello specifico ondata di calore e *pluvial flooding*. L'attività di ricerca si è dunque incentrata sul controllo delle prestazioni connesse alle interazioni tra edificio e contesto sfruttando i vantaggi dei processi di *simulating, modelling e testing*, avendo l'opportunità di poter disporre di un laboratorio permanente finalizzato al *testing* avanzato degli involucri edilizi. Dal punto di vista metodologico, si è proceduto individuando un nuovo assetto di sperimentazione da riprodurre mediante fasi di continua verifica e *feedback* dei processi, registrando effettivi risultati rispetto alla fase di *testing* mediante l'utilizzo dei macchinari e attrezzature della Sezione TCLab del Building Future Lab, che hanno permesso di ricreare in laboratorio le condizioni di contesto rilevate precedentemente attraverso i *software* ENVI-met, Flow Design e Ansys.

La sperimentazione messa in atto dalla RU della Sapienza Università di Roma rispetto la sequenza del *testing, modelling e simulating* si è concentrata sui modelli di rigenerazione urbana improntata sul *Climate Adaptive Change* dell'area di studio costituita dai quartieri limitrofi di Primavalle, Torrecchia, Quartaccio e Pineto-Valle Aurelia. L'obiettivo riguarda l'adeguamento bioclimatico degli spazi pubblici aperti, soggetti ad alcuni impatti ambientali, legati alle isole di calore e ai fenomeni come piogge estreme e bombe d'acqua, al fine di incrementare le superfici permeabili secondo un disegno coerente al miglioramento del *comfort* e al potenziamento della mobilità in chiave sostenibile. Il *retrofitting* degli edifici ha riguardato invece l'aspetto morfologico, funzionale e tecnologico degli stessi e degli spazi esterni di pertinenza. Le simulazioni progettuali sono sintetizzate tramite la procedura di step quali *input modelling, simulation ex ante, output modelling, simulation ex post*, attraverso l'utilizzo del *software* ENVI-met sulle condizioni *ante operam* e su quelle *post operam*, in modo tale da sfruttare al massimo la confrontabilità dei dati di risultanza.

4.3 CONCLUSIONI

In questo particolare momento congiunturale, si consolida sempre di più l'assunto che le condizioni impreviste, dovute agli effetti dei cambiamenti climatici e ai rischi che ne derivano, hanno determinato l'importanza di attuare azioni di adattamento e mitigazione prevenendo *ex ante* soluzioni operative che si esercitano sull'ambiente costruito attraverso la diffusione di progetti sempre più "data-infor-

med" (Bassolino & Ambrosini, 2016).

La consapevolezza degli impatti negativi dovuti alla *climate change* richiede la ricerca di un equilibrio dinamico tra crescita e esigenze di adattamento climatico dei contesti urbani a rischio (Dell'Acqua, 2020).

In questa direzione, sembra delinearsi un "nuovo" processo progettuale, organizzato secondo una sequenza di *simulating testing, modelling*, che ha permesso di definire i diversi scenari di intervento controllabili, finalizzati alla risposta di tipo *climate proof*.

La trattazione qui esposta ha messo in luce come, le azioni di *simulation, feedbacking e testing* svolte dalle singole *Research Units*, sono state utili alla riproduzione di un'innovata lettura e restituzione dei contesti, veicolata dall'uso di *tools* informatici e *software* (Bloem et al., 2010), apparecchiature e macchine "pesanti" (come quelle impiegate da laboratori di *testing*), intesi come nuovi strumenti di "controllo" progettuale che oggi configurano il panorama dei criteri "avanzati", ma disponibili, affidabili e confrontabili.

Risulta chiaro come le modalità del *trail-and-error* e del *self-learning* sostengono culturalmente l'utilizzo di test e simulazioni all'interno del processo progettuale, non più deterministicamente orientato all'unicità della soluzione, ma viceversa aperto scenari comparabili, da adattare alla specificità del contesto fisico ma anche di quello sociotecnico.

Da questo quadro, la costruzione di nuovi protocolli per il progetto ambientale *climate proof*, risulta essere una pratica necessaria al fine di comprendere i processi di implementazione e identificare procedure potenzialmente replicabili nei vari Distretti urbani con caratteristiche morfologiche, ambientali, fisiche e tecnologiche analoghe.

Obiettivo unificante dei metodi, procedure, criteri e azioni messi in campo dalle RU, è di fornire un orizzonte metodologico costituito da piani di conoscenza, programmi strategici e progetti pilota che, attraverso un generale approccio *climate-oriented*, riesca a guidare i processi di intervento ad alta adattività e risposta al regime di cambiamento climatico in ambiente urbano.

thesized through the procedure of steps such as input modelling - simulation ex ante - output modelling - simulation ex post, by ENVI-met software on the conditions ante operam and post operam, in order to maximize the comparability of the result data.

4.3 CONCLUSIONS

In this particular economic moment, the assumption that unforeseen conditions, due to the effects of climate change and the resulting risks, have determined the importance of implementing adaptation and mitigation actions by providing ex ante operational solutions that exert themselves on the built environment through the spread of projects increasingly "data-informed" (Bassolino & Ambrosini, 2016). The awareness of negative impacts due to climate change requires the search for a dynamic balance between growth and climate adaptation needs of urban contexts at risk (Dell'Acqua, 2020). In this direction, a "new" design process seems to be emerging, organized according to a sequence of simulating testing, modelling, which has allowed to define the different controllable scenarios of intervention, aimed at climate proof response. The discussion presented here has highlighted how, the simulation, feedback and testing actions carried out by the individual Research Units, have been useful for the reproduction of an innovative reading and restitution of contexts, conveyed by the use of computer tools and software (Bloem et al., 2010), "heavy" equipment and machines, intended as new design "control" tools that today configure the panorama of "advanced" criteria, reliable and comparable. It is clear how the modalities of trail-and-error and self-learning culturally support the use of tests and simulations within the design process, no longer deterministicly oriented to the uniqueness of the solution, but vice versa open comparable scenarios, to be adapted to the specificity of the physical context but also of the sociotechnical one. From this framework, the construction of new protocols for the climate-proof environmental project is a necessary practice in order to understand the implementation processes and identify procedures potentially replicable in the various urban districts with similar morphological, environmental, physical and technological characteristics. The unifying goals of the methods, procedures, criteria and actions implemented by the RU, is to provide a methodological horizon consisting of knowledge plans, strategic programs and pilot projects that, through a general climate-oriented approach, can guide the processes of intervention with high adaptivity and response to the regime of climate change in the urban environment.

References

- Arlati, E. (2012), "Il vantaggio della modellazione è radicale nella concezione e nella operatività", *Ingenio*, n. 7, pp. 11-12.
- ARUP (2018), "Cities Alive. Green Building Envelope", available at: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-green-building-envelope>, (accessed 22 June 2020).
- Ballarini, I., Costantino, A., Fabrizio, E., & Corrado, V. (2019), "The Dynamic Model of EN ISO 52016-1 for the Energy Assessment of Buildings Compared to Simplified and Detailed Simulation Methods", *Proceedings of Building Simulation 2019: 16th Conference of IBPSA*, September 2-4, pp. 3847-3854.
- Bassolino, E. & Ambrosini, L. (2016), "Parametric environmental climate adaptive design: the role of data design to control urban regeneration project of borgo antignano, Naples", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, n. 216, pp. 948-959.
- Bloem, J.J., Baker, P.H., Strachan, P., Madsen, H. & Vandaele, L. (2010), "DYNASTEE - Dynamic Testing, Analysis and Modelling", *Stimulating Increased Energy Efficiency and Better Building Ventilation. Leading Actions Coordinated by INIVE EEIG and Sources of Other Relevant Information on EU Level and IEA ECBCS Projects*, INIVE EEIG, Brussels, pp. 473-496.
- Chalmers, P. (2014), *Climate Change: Implications for Buildings. Key Findings from the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report*, World Business Council for Sustainable Development, University of Cambridge's Judge Business School, Institute for Sustainability Leadership, available at: https://www.cisl.cam.ac.uk/business-action/low-carbon-transformation/ipcc-climate-science-businessbriefings/pdfs/briefings/IPCC_AR5_Implications_for_Buildings_Briefing_WEB_EN.pdf (accessed 11 June 2020).
- EU (2016), "Guidelines for the promotion of NZEB", *Official Journal of the European Union*, Commission Recommendation 2016/1318, Brussels, available at: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f2a71495-5876-11e6-89bd-01aa75ed71a1/language-en>.
- Dell'Acqua, F. (2020), "Il quartiere urbano a prova di clima. Il caso di Amburgo", *UPLanD. Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, vol. 5, n. 1, pp. 77-92.
- EEA European Environment Agency (2017), *Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe*, report n. 15, Publications Office of the European Union, Luxembourg, available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-adaptation-and-disaster> (accessed 15 September 2020).
- Fotopoulou, A., Ferrante, A., Cattani, E. & Gulli, R. (2016), "Climate Oriented Urban Design. Thermal comfort in urban spaces and energy saving potential in built environments", *Tema: Technology, Engineering, Materials and Architecture*, vol. 2, n. 1, pp. 45-56.
- Hartmann, S. (1996), "The world as a process", *Modelling and simulation in the social sciences from the philosophy of science point of view*, Springer, Dordrecht, pp. 77-100.
- Legambiente (2016), "Le città italiane alla sfida del Clima", available at: https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/le_citta_italiane_alla_sfidadel_clima_2016.pdf (accessed 28 September 2020).
- Losasso, M., Leone, M. & Tersigni, E. (2020), "Approcci di computational design per la rigenerazione resiliente dello spazio pubblico", *Techné. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 19, pp. 232-241.
- Lucarelli, M.T. (2017), "L'adattamento come risposta ai cambiamenti climatici", in 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, pp. 186-187.
- Milardi, M. (2018), "Adaptive Models for the Energy Efficiency of Building Envelopes", *Journal of Technology Innovations in Renewable Energy*, vol. 6, Lifescience Global, Mississauga, pp. 108-117.
- Trombetta, C. & Milardi, M. (2015), "Building Future lab: a great infrastructure for testing", *Energy procedia*, n. 78, pp. 657-662.
- VV.AA. (2018), "Public research as a support for technological innovation in the architectural envelope sector", *Advanced Building Skins GmbH*, proceedings of the 13th Conference on Advanced Building Skins, October 1-2, 2018, Wilen, Sarnen, Bern.