

# Approcci di *computational design* per la rigenerazione resiliente dello spazio pubblico

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Mario Losasso, Mattia Leone, Enza Tersigni,  
Dipartimento di Architettura, Università di Napoli Federico II, Italia

mario.losasso@unina.it  
mattia.leone@unina.it  
enza.tersigni@unina.it

**Abstract.** In ambito urbano il tema del *resilient-based design* per l'adattamento agli impatti climatici è fra quelli in cui è rilevante l'interdipendenza fra innovazione tecnologica, governance delle risorse e strategie di sviluppo sostenibile. Gli spazi pubblici costituiscono un sistema chiave per la sperimentazione delle più efficaci strategie per la riduzione degli impatti climatici attraverso approcci che utilizzano strumenti di *computational design* negli interventi di adattamento climatico. Il contributo presenta i risultati del Progetto di Ricerca di Ateneo finanziato per il periodo 2017-2019 dall'Ateneo Federico II dal titolo SIMMCITIES\_NA, *Scenario Impact Modelling Methodology for a Climate change-Induced hazards Tool for Integrated End-users Strategic planning and design* - Napoli'.

**Parole chiave:** Rigenerazione resiliente; Adattamento climatico; Computational design.

**Cambiamento climatico e impatti sulle città** Le profonde crisi di carattere globale, dal campo economico e finanziario a quello sociale e ambientale, sono spesso fra esse sistemicamente correlate (Sloterdijk, 2017), come accade nel caso del riscaldamento globale le cui ricadute si prefigurano non solo di carattere ecologico e ambientale ma anche di tipo socio-economico. Con il previsto incremento di 1,5 °C, i rischi per la salute, la sicurezza, la disponibilità di risorse, la vivibilità delle città e la crescita economica dovuti al clima aumenteranno sensibilmente, peggiorando profondamente con l'eventuale raggiungimento della soglia di 2 °C. Sarà inoltre necessario non ritardare oltre il 2030 la stabilizzazione delle emissioni climalteranti responsabili della componente antropica del *global warming*. Secondo l'IPCC, il Comitato scientifico dell'Onu sul clima, è sempre più urgente contrastare i cambiamenti climatici riducendo le emissioni di gas serra e aumentando la resilienza dei territori (IPCC, 2019). I rischi climatici potranno essere ridotti dall'accelerazione di interventi di mitigazione di vasta portata,

Computational design based approaches for public space resilient regeneration

**Abstract.** In urban areas, the issue of resilient-based design for adaptation to climate impacts is one of those where the interdependence between technological innovation, resource governance and sustainable development strategies is relevant. Public spaces are a key system for testing the most effective strategies for reducing climate impacts through approaches that use computational design tools in climate adaptation actions. The paper presents the results of the Athenaeum Research Project funded for 2017-2019 by Federico II University entitled SIMMCITIES\_NA, *Scenario Impact Modelling Methodology for a Climate change-Induced hazards Tool for Integrated End-users Strategic planning and design* - Napoli'.

**Keywords:** Resilient regeneration; Climate adaptation; Computational design.

ta, trans-settoriali e attuati su più livelli, accanto ad azioni di adattamento incrementale che prevedano la transizione degli attuali assetti territoriali e urbani verso progressive condizioni di resilienza climatica.

In numerose città europee sono ormai in corso sperimentazioni progettuali, pianificazioni di dettaglio, progetti pilota, processi di gestione per l'efficienza e la riduzione dei fabbisogni delle risorse, nonché usi sostenibili del territorio in relazione all'adattamento climatico. A valle di tali azioni, l'urgenza dettata dalla *deadline* del 2030 richiede di modificare le convenzionali pratiche programmatiche e progettuali rendendole *climate proof*, ovvero a prova di clima. L'attivazione di processi di transizione contribuirà a definire in maniera innovativa il contesto del rafforzamento della risposta globale di sviluppo sostenibile alla minaccia climatica, con l'attuazione di un'evoluzione innovativa della relazione fra impatti climatici, progetto resiliente e rigenerazione dei distretti urbani (Diaz Camacho, 2018).

Questa modalità non è suscettibile di automatismi e di processi a cascata (dalla scala territoriale a quella locale), non può essere affrontata con approcci convenzionali al progetto e basati sulla attuazione di strategie non verificate, essa richiede la misurabilità degli effetti previsti attraverso appropriate simulazioni. Infatti, secondo l'IPCC esiste un alto rischio di adattamenti sbagliati con impatti negativi sullo sviluppo sostenibile perché, se ideati o implementati male, «i progetti per l'adattamento [...] possono causare un aumento delle emissioni di gas serra e dell'uso di acqua, incrementare le disuguaglianze di genere e sociali, peggiorare le condizioni sanitarie e togliere spazio agli ecosistemi naturali» (IPCC, 2018).

## Climate change and impacts on cities

The profound global crises, from the economic and financial to the social and environmental fields, are often systemically related to each other (Sloterdijk, 2017), as happens in the case of global warming, the effects of which are not only of an ecological and environmental nature but also socio-economic. With the expected increase of 1.5 °C, the risks to health, safety, the availability of resources, the liveability of the cities and the economic growth due to the climate will increase significantly, worsening deeply with the eventual achievement of the threshold of 2 °C. It will also be necessary not to delay beyond 2030 the stabilization of climate-changing emissions responsible for the anthropic component of global warming. According to the IPCC, the UN's Intergovernmental Panel on Climate, it is increasingly ur-

gent to combat climate change by reducing greenhouse gas emissions and increasing the resilience of territories (IPCC, 2019). Climate risks may be reduced by the acceleration of large-scale, cross-sectoral and mitigation measures implemented on several levels, alongside incremental adaptation actions that provide for the transition of current territorial and urban structures towards progressive conditions of climate resilience.

Design trials, detailed planning, pilot projects, management processes for efficiency and the reduction of resource needs, as well as sustainable land use in relation to climate adaptation are now underway in many European cities. Downstream of these actions, the urgency dictated by 2030 deadline requires to modify the conventional design practices, making them climate proof. The activation of transition pro-

La transizione da modelli convenzionali verso scenari di resilienza richiede quindi una forte relazione interscalare tra interventi alla scala territoriale e urbana e interventi puntuali secondo azioni di *downscaling* e *upscaling* processualmente integrate. Da questo punto di vista lo sviluppo sostenibile coadiuva, e spesso permette, le transizioni della società e dei sistemi nonché le trasformazioni che possono contribuire a bloccare il riscaldamento globale a +1,5 °C rispetto ai livelli preindustriali, facilitando percorsi di sviluppo climaticamente resilienti che portano al raggiungimento di obiettivi di mitigazione e adattamento, insieme alla lotta alla povertà e agli sforzi per ridurre la disuguaglianza (IPCC, 2018).

### Lo spazio pubblico come fattore di mitigazione climatica. Nuove metodologie progettuali per simulazioni con strumenti IT

*design* negli interventi di adattamento. Ciò consente di includere nel processo progettuale i necessari livelli di informazione e controllo sistemico degli interventi, in quanto la relazione del costruito con il contesto ambientale e il clima incide sulle scelte tipo-morfologiche, sulla selezione di moderatori climatici, di sistemi di controllo dell'uso efficiente delle risorse, di inclusione di spazi di graduazione climatica fra spazi interni ed esterni, adottando specifiche sequenze funzionali-spaziali e adeguati orientamenti. Attraverso simulazioni in ambiente digitale, l'utilizzo di appropriati strumenti di *Information*

All'interno dell'ambiente costruito, gli spazi pubblici costituiscono un sistema chiave per efficaci strategie di riduzione degli impatti climatici attraverso approcci che utilizzano strumenti di *computational de-*

cesses will help to define in an innovative way the context of strengthening the global response of sustainable development to the climate threat, with the implementation of an innovative evolution of the relationship between climate impacts, resilient design and regeneration of urban districts (Diaz Camacho, 2018).

This modality is not susceptible to automatism and cascade processes (from territorial to local scale), cannot be tackled with conventional approaches to the project and based on the implementation of unverified strategies, it requires the measurability of the expected effects through appropriate simulations. In fact, according to the IPCC there is a high risk of wrong adaptations with negative impacts on sustainable development because, if poorly designed or implemented, «adaptation projects [...] can cause

an increase in greenhouse gas emissions and in use of water, increasing gender and social inequalities, worsening health conditions and taking away space from natural ecosystems» (IPCC, 2018).

The transition from conventional models to resilience scenarios therefore requires a strong inter-scalar relationship between interventions at territorial and urban scale and punctual interventions according to process-integrated downscaling and upscaling actions. From this point of view, sustainable development supports, and often allows, the transitions of society and systems as well as transformations that can contribute to blocking global warming at +1.5 °C compared to pre-industrial levels, facilitating climatologically resilient development paths which lead to the achievement of mitigation and adaptation goals, together with the

*Technology* può prefigurare l'efficacia degli spazi pubblici come dispositivi integrati al sistema degli edifici per incrementare la resilienza, sviluppare l'adattamento e ridurre le vulnerabilità climatiche.

In ambito urbano il tema del *resilient-based design* per l'adattamento agli impatti climatici è fra quelli in cui è rilevante l'interdipendenza fra innovazione tecnologica, *governance* delle risorse e strategie di sviluppo sostenibile. Nelle forme più avanzate è possibile utilizzare flussi continui di informazioni secondo processi *feedback loop*, con risposte reattive e sistemiche fra loro integrate e capaci di valutare opportunamente comportamenti resilienti agli impatti climatici. Le tecnologie digitali potranno condurre a progettazioni computazionali avanzate ma anche all'instaurarsi in ambito urbano di nuove infrastrutture immateriali composte da relazioni, dati e informazioni, elementi intangibili che incideranno sul funzionamento del complesso sistema urbano nelle prossime fasi di transizione.

La diffusione di nuove tecnologie informatiche per azioni di *simulation* e *modelling* consente di verificare l'apporto del sistema degli spazi aperti all'incremento della resilienza attraverso la capacità di correlare dati, scenari, criticità, opportunità, strategie e progetti in grado di ridurre le vulnerabilità climatiche attraverso processi di adattamento all'interno dei distretti urbani più esposti agli impatti. Il *computational design* offre caratteristiche utili a incorporare rilevanti set di informazioni negli spazi aperti consentendo di modellarli e parametrizzarli per valutare, attraverso simulazioni, la risposta prestazionale delle alternative tecniche e progettuali, anche nel coinvolgimento con *stakeholders* e secondo processi di partecipazione.

fight against poverty and efforts to reduce inequality (IPCC, 2018).

### Public space as climate mitigation factor. New design methodologies for simulations with IT tools

Within the built environment, public spaces constitute a key system for effective strategies to reduce climate impacts through approaches that use computational design tools in adaptation interventions. This allows the necessary levels of information and systemic control of the interventions to be included in the design process, as the relationship between the built environment and the climate affects the typomorphological choices, the selection of climatic moderators, of systems for controlling the efficient use of resources, the inclusion of climatic graduation spaces between internal and external spaces, adopting specific functional-

spatial sequences and appropriate orientations. Through simulations in the digital environment, the use of appropriate Information Technology tools can prefigure the effectiveness of public spaces as devices integrated into the building system to increase resilience, develop adaptation and reduce climate vulnerabilities.

In urban areas, the issue of resilient-based design for adaptation to climate impacts is one of those where the interdependence between technological innovation, resource governance and sustainable development strategies is relevant. In the most advanced forms it is possible to use continuous flows of information according to feedback loop processes, with reactive and systemic responses integrated with each other and capable of suitably evaluating behaviours resilient to climate impacts. Digital technologies can lead

## La ricerca SIMMCITIES\_NA: modelli di intervento per l'adattamento climatico dello spazio pubblico

*duced hazards Tool for Integrated End-users Strategic planning and design* - Napoli costituisce un sotto-progetto del più ampio programma SIMMCITIES proposto nel 2014 nel quadro delle ricerche competitive del programma *Horizon 2020* con un ampio e significativo partenariato internazionale<sup>2</sup>.

Le fasi operative, attuate con il supporto multidisciplinare di esperti e stakeholder, hanno permesso di delineare un modello di intervento che coniuga azioni di *knowledge-sharing* e *co-design* coinvolgendo decisori urbani e comunità locali. L'attività di sperimentazione in collaborazione col gruppo di lavoro dell'UCCRN - *Urban Climate Change Research Network* (tra i partner strategici della proposta H2020) ha consentito di consolidare a livello internazionale l'approccio della ricerca.

La ricerca SIMMCITIES\_NA ha proposto un'interpretazione innovativa della relazione fra impatti climatici e rigenerazione resiliente degli spazi pubblici, attraverso la definizione di specifici workflow operativi e di strumenti di supporto alla progettazione per lo sviluppo del progetto *climate-resilient* alle diverse scale di intervento.

Gli obiettivi del progetto sono declinati in rapporto alle principali sfide che caratterizzano la dimensione del progetto urbano in chiave resiliente:

- comprendere gli impatti del *global warming* e di eventi meteorologici estremi (temperature e precipitazioni) nei distretti

to advanced computational designs but also to the establishment of new intangible infrastructures consisting of relationships, data and information in the urban area, intangible elements that will affect the functioning of the complex urban system in the next transition phases.

The spread of new information technologies for simulation and modelling actions allows to verify the contribution of the open spaces system in relation to the increase in resilience through the ability to correlate data, scenarios, critical issues, opportunities, strategies and projects able to reduce climate vulnerabilities through adaptation processes within the urban districts most exposed to impacts. Computational design offers useful features for incorporating relevant information sets in open spaces, allowing them to be modelled and pa-

Il Progetto di Ricerca di Ateneo finanziato per il periodo 2017-2019 dall'Ateneo Federico II dal titolo SIMMCITIES\_NA, *Scenario Impact Modelling Methodology for a Climate change-Induced hazards Tool for Integrated End-users Strategic planning and design* - Napoli costituisce un sotto-progetto del più ampio programma SIMMCITIES proposto nel 2014 nel quadro delle ricerche competitive del programma *Horizon 2020* con un ampio e significativo partenariato internazionale<sup>2</sup>.

Le fasi operative, attuate con il supporto multidisciplinare di esperti e stakeholder, hanno permesso di delineare un modello di intervento che coniuga azioni di *knowledge-sharing* e *co-design* coinvolgendo decisori urbani e comunità locali. L'attività di sperimentazione in collaborazione col gruppo di lavoro dell'UCCRN - *Urban Climate Change Research Network* (tra i partner strategici della proposta H2020) ha consentito di consolidare a livello internazionale l'approccio della ricerca.

La ricerca SIMMCITIES\_NA ha proposto un'interpretazione innovativa della relazione fra impatti climatici e rigenerazione resiliente degli spazi pubblici, attraverso la definizione di specifici workflow operativi e di strumenti di supporto alla progettazione per lo sviluppo del progetto *climate-resilient* alle diverse scale di intervento.

Gli obiettivi del progetto sono declinati in rapporto alle principali sfide che caratterizzano la dimensione del progetto urbano in chiave resiliente:

- comprendere gli impatti del *global warming* e di eventi meteorologici estremi (temperature e precipitazioni) nei distretti

rameterized to evaluate, through simulations, the performance response of technical and design alternatives, also in involving stakeholders and according to participation processes.

### SIMMCITIES\_NA research: intervention models for climate adaptation of public spaces

The Athenaem Research Project funded for the 2017-2019 period by Federico II University entitled SIMMCITIES\_NA, Scenario Impact Modelling Methodology for a Climate change-Induced hazards Tool for Integrated End-users Strategic planning and design - Napoli constitutes a sub-project of the broader SIMMCITIES program proposed in 2014 as part of the competitive research of the Horizon 2020 program with a large and significant international partnership<sup>2</sup>. The operational phases, implemented

urbani, individuando le caratteristiche insediative locali che determinano condizioni di aggravamento o di mitigazione in rapporto alle condizioni di cambiamento climatico attese, con particolare riferimento alla morfologia urbana, ai layout e alle caratteristiche costruttive di edifici e spazi aperti;

- proporre approcci progettuali alla trasformazione urbana guidati da principi di *community resilience*, in grado di coinvolgere decisori, associazioni locali e residenti nell'individuazione di strategie condivise in risposta a specifiche esigenze individuate nell'ambito di processi collaborativi e partecipativi;
- delineare soluzioni tecniche e progettuali *climate-resilient* multi-scalari, in base alla lettura delle caratteristiche specifiche dei distretti esistenti e alle opportunità di trasformazione legate ad attività di pianificazione in corso o in fase di programmazione, privilegiando strategie in grado di coniugare benefici in termini di mitigazione (riduzione delle emissioni di CO2) e adattamento climatico (riduzione degli impatti da eventi estremi) con i *co-benefits* di tipo sociale, economico e ambientale, in base alle priorità individuate a livello locale;
- sviluppare strumenti *designer-friendly* in grado di supportare le diverse fasi operative che concorrono alla realizzazione di scenari meta-progettuali e progettuali *climate-resilient*, sia riferiti alla necessità di simulare gli impatti climatici e la risposta di edifici e spazi aperti in relazione a obiettivi di sicurezza e comfort della popolazione, sia collegati alla necessità di facilitare processi di condivisione delle conoscenze e co-progettazione con gli stakeholder coinvolti.

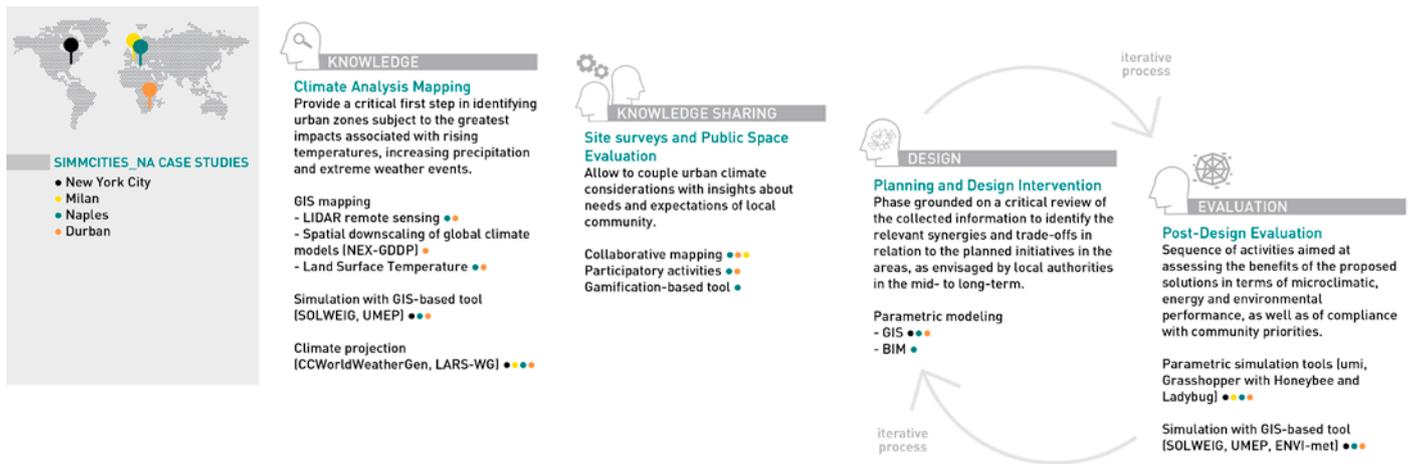
A partire dal background sviluppato nell'ambito di ricerche nazionali e internazionali condotte dal Dipartimento di Architettura

with the multidisciplinary support of experts and stakeholders, enabled to outline an intervention model that combines knowledge-sharing and co-design actions involving urban decision-makers and local communities. Experimentation in collaboration with the UCCRN - Urban Climate Change Research Network (among the strategic partners of the H2020 proposal) has allowed to consolidate the research approach internationally. SIMMCITIES\_NA research has proposed an innovative interpretation of the relationship between climate impacts and resilient regeneration of public spaces, through the definition of specific operational workflows and tools to support design for the development of multiscale climate-resilient project.

Project objectives are declined in relation to the main challenges that char-

acterize the dimension of the urban project in a resilient key:

- understand the impacts of global warming and extreme weather events (temperatures and rainfall) in urban districts, identifying the local settlement characteristics that determine aggravation or mitigation conditions in relation to the expected climate change conditions, with particular reference to urban morphology, layouts and construction features of buildings and open spaces;
- propose design approaches to urban transformation guided by community resilience principles, capable of involving decision-makers, local associations and residents in identifying shared strategies in response to specific needs identified in the context of collaborative and participatory processes;



dell'Università di Napoli Federico II in collaborazione con l'UC-CRN (Leone, Raven, 2018), la dimensione processuale individuata nell'approccio metodologico della ricerca si è rivelata una chiave essenziale per prefigurare progetti strategici o pilota che tengano conto della crescente complessità delle realtà urbane e che si caratterizzino come processi aperti, accogliendo nella progressiva definizione delle soluzioni progettuali sia il contributo di diversi saperi specialistici in un'ottica interdisciplinare che le opportunità di *knowledge-sharing* e *co-design* che emergono da un approccio partecipativo sviluppato con strumenti e metodi innovativi. In particolare, l'intervento di adattamento climatico dello spazio pubblico si è rivelato strategico per perseguire obiettivi di sostenibilità urbana capaci di attivare vantaggi e co-benefici combinando funzioni ecologiche, culturali, sociali ed economiche. Lo spazio pubblico rappresenta infatti il principale "mediatore climatico" in grado di contenere gli effetti di temperature e precipitazioni estreme attraverso un attento uso del suolo, specifici

trattamenti delle superfici naturali e artificiali, l'introduzione di attrezzature urbane e *Nature Based Solutions*, puntando a minimizzare l'effetto isola di calore e massimizzare il comfort e il drenaggio urbano limitando il sovraccarico dei sistemi di smaltimento delle acque reflue.

La metodologia proposta si basa su un processo progettuale (*workflow*) costituito da quattro step operativi – Analisi climatica e microclimatica, Valutazione della qualità degli spazi urbani, Pianificazione e progettazione, Valutazione post-intervento – che prevedono l'applicazione di una serie di strumenti operativi di supporto utili ad armonizzare le tipologie di output delle fasi di analisi e i principali indicatori prestazionali per la valutazione delle alternative progettuali, rendendo replicabili e comparabili i risultati di interventi realizzati da soggetti diversi e attuati con diverse scale temporali. In tal modo è possibile far dialogare (con le dovute differenze in termini di livello di dettaglio delle informazioni gestite) scenari di pianificazione a larga scala e in-

- outline multi-scalar climate-resilient technical and design solutions, based on the reading of the specific characteristics of the existing districts and transformation opportunities linked to planning activities in progress or in the planning phase, favouring strategies capable of combining benefits in terms mitigation (reduction of CO2 emissions) and climate adaptation (reduction of impacts from extreme events) with social, economic and environmental co-benefits, based on the priorities identified at local level;
- develop designer-friendly tools capable of supporting the several operational phases that contribute to the creation of meta-design and climate-resilient design scenarios, both referring to the need to simulate climate impacts and the response of buildings and open spaces

in relation to the objectives of safety and comfort of the population, both connected to the need to facilitate processes of knowledge sharing and co-design with the stakeholders involved. Starting from the background developed in the context of national and international research conducted by the Department of Architecture of the University of Naples Federico II in collaboration with the UCCRN (Leone, Raven, 2018), the procedural dimension identified in the methodological approach of research has proved to be an essential key to prefigure strategic or pilot projects that take into account the growing complexity of urban realities and which are characterized as open processes, welcoming the progressive definition of the design solutions and the contribution of different specialized knowledge in an interdisciplinary

perspective both the knowledge-sharing and co-design opportunities that emerge from a participatory approach developed with innovative tools and methods. In particular, the climate adaptation intervention of the public space proved to be strategic for pursuing urban sustainability objectives capable of activating advantages and co-benefits by combining ecological, cultural, social and economic functions. The public space is in fact the main "climatic mediator" capable of containing the effects of extreme temperatures and rainfall through careful use of the soil, specific treatments of natural and artificial surfaces, the introduction of urban equipment and Nature Based Solutions, aiming to minimize the heat island effect and maximize comfort and urban drainage by limiting the overload of wastewater disposal systems.

The proposed methodology is based on a design process (*workflow*) consisting of four operational steps - Climate and microclimatic analysis, Evaluation of the quality of urban spaces, Planning and design, Post-intervention evaluation - which provide for the application of a series of operational tools useful to harmonize the types of output of the analysis phases and the main performance indicators for the evaluation of design alternatives, making the results of interventions carried out by different subjects and implemented at different time scales replicable and comparable. In this way it is possible to make large-scale planning scenarios and interventions at the neighbourhood scale dialogue (with due differences in terms of the level of detail of the information managed), avoiding that a sum of interventions on parts and urban elements is inconsistent

terventi alla scala di quartiere, evitando che una sommatoria di interventi su parti ed elementi urbani risulti incongruente con obiettivi strategici definiti a livello metropolitano e territoriale, così da contribuire al coordinamento e al raccordo tra modelli attuativi top-down proposti da soggetti istituzionali e soluzioni bottom-up promosse dalle comunità locali.

La sperimentazione del processo progettuale e degli strumenti proposti in numerosi casi applicativi – New York, Durban, Napoli e Milano<sup>3</sup> – ha consentito di testare e validare i *workflow* operativi e gli strumenti di supporto alla progettazione proposti, di consolidare i set di indicatori per le soluzioni di adattamento e la loro simulazione e misura attraverso strumenti di *computational design*, nonché di sviluppare proficui processi di *knowledge-sharing* attraverso il confronto con stakeholder e comunità locali sui molteplici benefici derivanti dall'applicazione di strategie *climate-resilient* ai processi di rigenerazione urbana.

### **Strumenti computazionali per la rigenerazione resiliente dello spazio pubblico**

Nella ricerca SIMMCITIES\_NA l'applicazione in diversi casi applicativi di tool provenienti da ambiti disciplinari differenti ha portato alla definizione di un set di strumenti computazionali per la valutazione dell'efficacia di alternative progettuali clima-adattive per la rigenerazione resiliente dello spazio pubblico attraverso un processo dinamico, interconnesso, aperto a informazioni e verifiche e attento alle condizioni contestuali.

Nella prima fase di conoscenza del sistema urbano, strumenti GIS sono stati impiegati come sistemi informativi multilivello capaci di catalogare e relazionare informazioni riferite ad am-

Nella ricerca SIMMCITIES\_NA l'applicazione in diversi casi applicativi di tool provenienti da ambiti disciplinari differenti ha portato alla definizione di un

set di strumenti computazionali per la valutazione dell'efficacia di alternative progettuali clima-adattive per la rigenerazione resiliente dello spazio pubblico attraverso un processo dinamico, interconnesso, aperto a informazioni e verifiche e attento alle condizioni contestuali.

with objectives strategically defined at the metropolitan and territorial level, so as to contribute to the coordination and connection between top-down implementation models proposed by institutional subjects and bottom-up solutions promoted by local communities.

The experimentation of the design process and of the tools proposed in numerous application cases – New York, Durban, Naples and Milan<sup>3</sup> – allowed to test and validate the operational workflows and the proposed design support tools, to consolidate the sets of indicators for adaptation solutions and their simulation and measurement through computational design tools, as well as to develop profitable knowledge-sharing processes through the comparison with stakeholders and local communities on the multiple benefits deriving from the application

of climate-resilient strategies for urban regeneration processes.

### **Computational tools for the resilient regeneration of public space**

In SIMMCITIES\_NA research the application in different cases studies of tools from diverse disciplinary fields led to the definition of a set of computational tools for evaluating the effectiveness of climate-adaptive design alternatives for the resilient regeneration of public space through a dynamic process, interconnected, open to information and verification and focused to contextual conditions.

In the first phase of knowledge of the urban system, GIS tools were used as multilevel information systems capable of cataloguing and relating information related to extended urban areas starting from multiple types of aerial photogrammetric data, from LI-

biti urbani estesi a partire da molteplici tipologie di dati aerofotogrammetrici, da telerilevamento LIDAR, serie climatiche, rilevamenti in situ, ecc. È stato così possibile elaborare mappe termiche a scala regionale attraverso lo *spatial downscaling* di modelli climatici globali<sup>4</sup>, o visualizzare e analizzare dati sulla *Land Surface Temperature (LST)* georeferenziando i dati satellitari disponibili. Strumenti di elaborazione dati *GIS based* hanno permesso di valutare il benessere in ambito urbano attraverso il calcolo di parametri di comfort come la temperatura media radiante<sup>5</sup>, mentre l'interrelazione di dati (livelli di falda, dati pluviometrici, DTM, permeabilità dei suoli, percentuale di evapotraspirazione e classe di *runoff*) ha consentito di individuare le zone di inondazione in caso di alluvioni o eventi estremi.

Proiezioni di dati climatici<sup>6</sup> sono state elaborate attraverso processi di *downscaling* statistico su scala locale a partire dagli scenari climatici globali prodotti dall'IPCC: serie climatiche future (2050-2100) sono state generate mediante generatori meteorologici stocastici sulla base della variabilità delle serie storiche rilevate nelle aree studio. Tale processo ha permesso di analizzare gli effetti del cambiamento climatico alla scala locale intersecando gli spazi pubblici urbani e individuando le possibili zone soggette a incrementi di temperatura e stimando la variazione delle precipitazioni in ambito urbano.

Applicativi *open source* sono stati testati anche nella fase di *knowledge sharing* con le comunità locali al fine di correlare dati legati agli effetti dei cambiamenti climatici con esigenze di tipo sociale relative agli interventi di rigenerazione degli spazi pubblici. La riduzione del disagio abitativo, il miglioramento dell'inclusione sociale, l'aumento della qualità degli spazi pubblici e la salvaguardia dell'identità dei luoghi sono stati i temi al centro del

DAR remote sensing, climate series, in situ surveys, etc. It was thus possible to elaborate thermal maps on a regional scale through the spatial downscaling of global climate models<sup>4</sup>, or to display and analyse data on the Land Surface Temperature (LST) by geo-referencing the available satellite data. GIS based data processing tools allowed to evaluate urban well-being through the calculation of comfort parameters such as the mean radiant temperature<sup>5</sup>, while the interrelation of data (groundwater levels, rainfall data, DTM, soil permeability, percentage of evapotranspiration and runoff class) made it possible to identify flood zones in case of extreme events.

Climatic data projections<sup>6</sup> were processed through statistical downscaling processes on a local scale starting from the global climatic scenarios produced by the IPCC: future climatic

series (2050-2100) were generated by stochastic meteorological generators based on the variability of the historical series detected in the study areas. This process allowed to analyse the effects of climate change on the local scale by intersecting urban public spaces and identifying possible areas subject to temperature increases and estimating the variation in rainfall in urban areas.

Open source applications were also tested in the knowledge sharing phase with local communities in order to correlate data interrelated to the effects of climate change with social needs associated to the regeneration of public spaces. The reduction of housing problems, the improvement of social inclusion, the increase in the quality of public spaces and the safeguarding of the identity of places were the central themes of the gamification-based

Durban case study - *Spatial downscaling of global climate models for the elaboration of thermal maps on a regional scale with the NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections NEX-GDDP dataset: simulation of temperature variations expected in 2050 compared to future scenarios "business as usual" and in a climate-resilient perspective "best case scenario" (UCCRN - NASA GISS)*

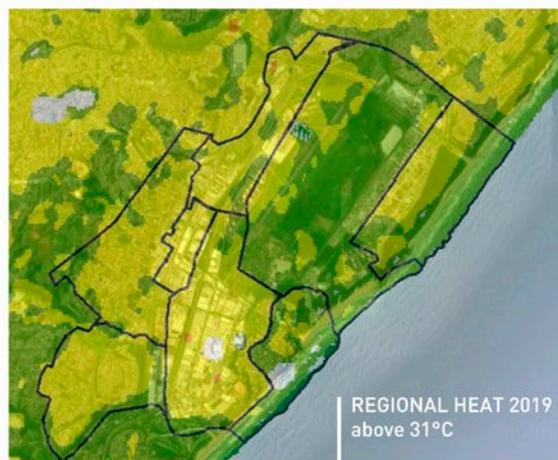
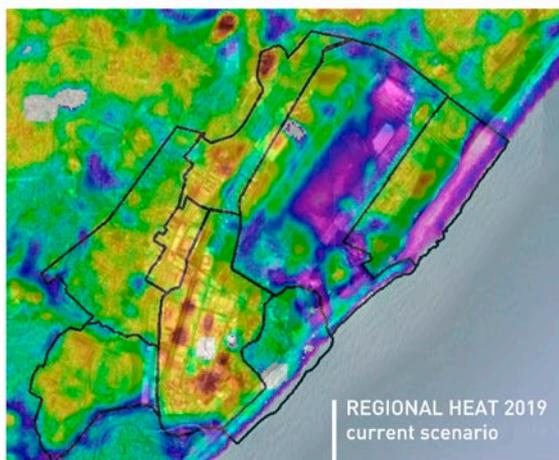
*gamification-based tool* finalizzato alla mappatura collaborativa urbana<sup>7</sup>. L'adozione di strumenti interattivi nelle fasi di partecipazione ha permesso di costruire un database flessibile e implementabile di informazioni utili per la programmazione degli interventi di rigenerazione urbana, una piattaforma utile per la cooperazione tra comunità locali, progettisti, amministrazioni e soggetti decisori coinvolti.

Nella fase progettuale strumenti per la valutazione del comfort degli spazi aperti sono stati utilizzati per confrontare scenari alternativi di rigenerazione urbana, anche rispetto alle proiezioni dei dati climatici: i risultati delle simulazioni hanno consentito di misurare gli effetti dell'uso e dell'estensione delle superfici verdi, dell'acqua, di sistemi di ombreggiamento o di specifiche soluzioni per pavimentazioni e facciate rispetto a parametri fisici ambientali come la temperatura dell'aria o quella superficiale<sup>8</sup>.

Al fine di misurare l'impatto sul costruito delle strategie di adattamento e mitigazione previste negli spazi pubblici, modelli per

la simulazione delle performance del sistema degli edifici sono stati impiegati nel progetto di interi quartieri, analizzando gli effetti sui consumi del costruito e sul comfort degli spazi interni<sup>9</sup>. Infine, approcci di progettazione parametrica hanno permesso da un lato di misurare le prestazioni degli spazi aperti rispetto alle emergenze climatiche, dall'altro di "customizzare" algoritmi capaci di controllare specifici indicatori (come il RIE - *Riduzione dell'Impatto Edilizio* che punta a limitare la quantità di superfici impermeabili, e l'UTCI - *Universal Thermal Climate Index* rappresentativo del comfort outdoor percepito) al variare delle condizioni del contesto in modo dinamico<sup>10</sup>. Tale processo ha permesso di quantificare l'efficacia di differenti soluzioni tecniche rispetto alle specifiche condizioni contestuali, misurando i benefici prestazionali e gli effetti sugli *hazard* di riferimento (*Pluvial Flooding* e *Heat Wave*).

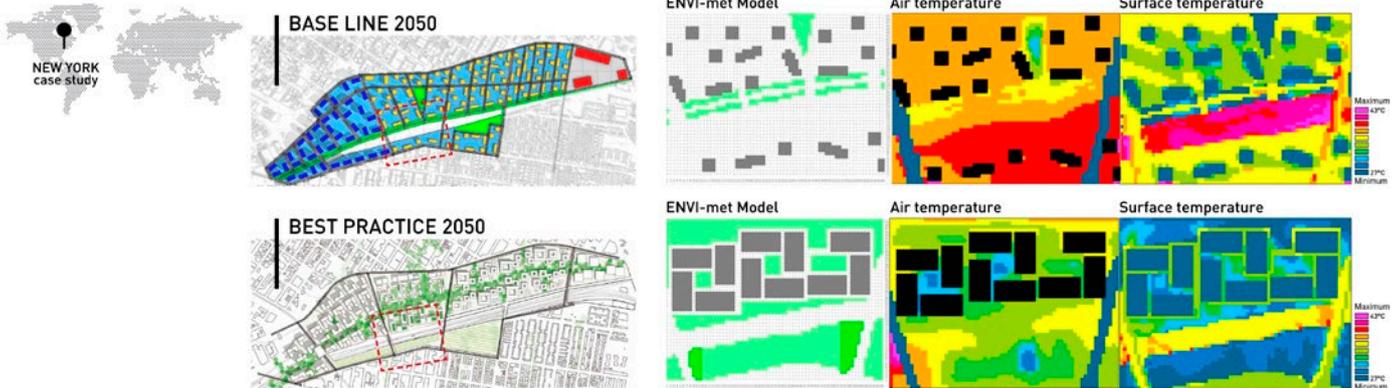
La definizione di un set di strumenti di *computational design* ha inteso quindi supportare processi decisionali e progettuali com-



03| Caso applicativo di New York - Analisi del comfort microclimatico rispetto a due scenari di intervento al 2050: nella “best practice” specifiche sequenze funzionali-spaziali, adeguati orientamenti e l'introduzione di soluzioni di adattamento e mitigazione per gli spazi pubblici porta a riduzioni delle temperature dell'aria e delle superfici (UCCRN - Columbia University e NASA GISS)

New York case study - Analysis of microclimatic comfort compared to two intervention scenarios by 2050: in the “best practice” specific functional-spatial sequences, adequate orientations and the introduction of adaptation and mitigation solutions for public spaces leads to reductions in air and surface temperatures (UCCRN - Columbia University and NASA GISS)

03 |



pleSSI, attenti alle specifiche condizioni di contesto in termini di vulnerabilità sistemica e incidenza del microclima urbano sulle variabili climatiche. L'obiettivo è stato quello di migliorare la conoscenza e la comprensione dei decisori circa gli impatti climatici e gli effetti di azioni di policy o di scelte operative attuate in diversi settori strategici, decifrando ed elaborando la crescente mole di dati presente nelle città per tradurla in informazioni che possono essere incorporate in modo efficiente nei processi di pianificazione e progettazione.

**Processi di governance e decision making evoluti: esiti della ricerca, ricadute, limiti e futuri sviluppi**

La ricerca SIMMCITIES\_NA ha avuto come principale esito la definizione di un *toolkit* – inteso come integrazione di fasi processuali e relativi strumenti operativi – di supporto per progettisti e pianificatori chiamati oggi a confrontarsi con una serie complessa di vincoli, para-

tool aimed at collaborative urban mapping<sup>7</sup>. The adoption of interactive tools in the participation phases allowed the building of a flexible and implementable database of information useful for the planning of urban regeneration interventions, a useful platform for cooperation between local communities, designers, administrations and decision-makers involved. In the design phase, tools for assessing the comfort of open spaces were used to compare alternative urban regeneration scenarios, also with respect to the projections of climatic data: the results of the simulations made it possible to measure the effects of the use and extension of green surfaces, water, shading systems or specific solutions for floors and facades with respect to physical environmental parameters such as air or surface temperature<sup>8</sup>. In order to measure the impact on

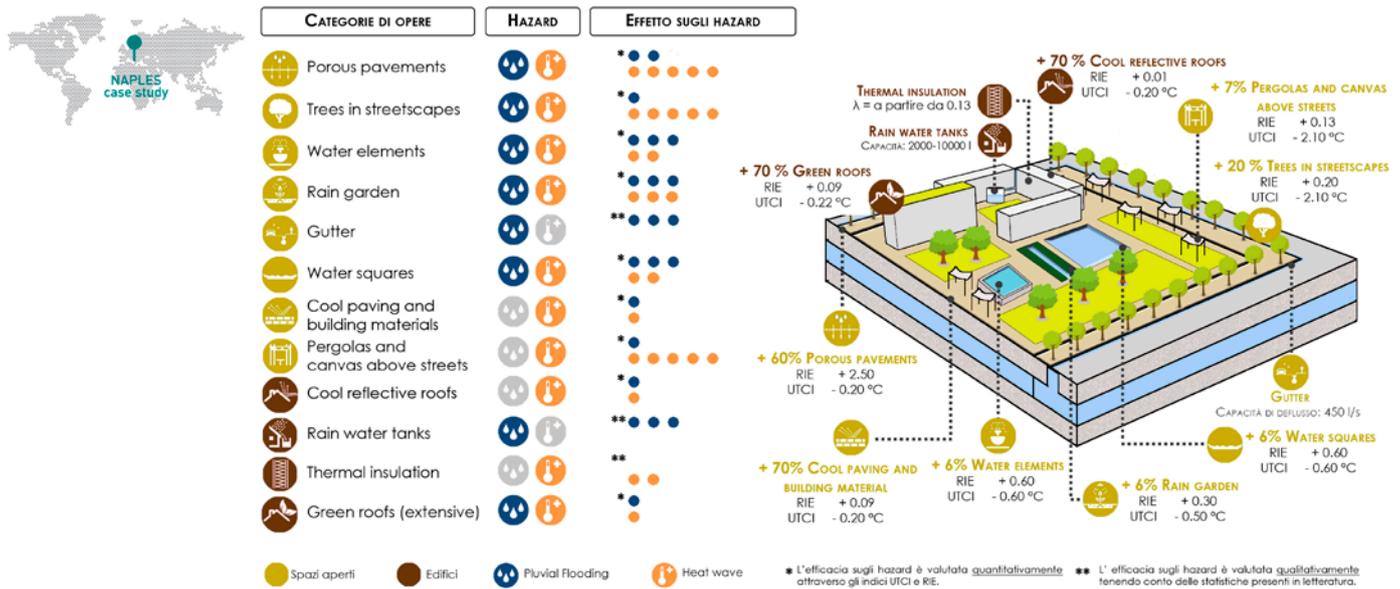
buildings of the adaptation and mitigation strategies foreseen in public spaces, models for simulating the performance of the building system were used in the design of entire neighbourhoods, analysing the effects on building consumption and internal spaces' comfort<sup>9</sup>. Finally, parametric design approaches allowed on the one hand to measure the performance of open spaces with respect to climatic emergencies, on the other hand to “customize” algorithms capable of controlling specific indicators (such as RIE - Reduction of the Building Impact that aims to limit the quantity of waterproof surfaces, and the UTCI - Universal Thermal Climate Index representative of perceived outdoor comfort) when the conditions of the context change dynamically<sup>10</sup>. This process allowed to quantify the effectiveness of different technical solutions

metri e prestazioni nella progettazione per città resilienti. Il *toolkit* costituisce una valida risorsa per i decisori locali incaricati dell'attuazione di complessi processi di rigenerazione urbana, affrontando una molteplicità di priorità, anche come espressione dei bisogni delle comunità locali, spesso non direttamente o esplicitamente legati ai principi di resilienza, che possono essere affrontati in modo efficiente attraverso principi di progettazione *climate-resilient*.

All'interno del *toolkit*, metodi avanzati di progettazione e simulazione basati su approcci di *computational design* sono affiancati a strumenti per la condivisione di conoscenze e la co-progettazione mirati alla lettura condivisa delle principali criticità del sistema urbano in rapporto ad aspetti ambientali, funzionali-spaziali e socio-economici, supportati da schede di soluzioni tecniche con indicazione di benefici prestazionali e *co-benefits* utilizzabili da esperti – nell'ambito di workshop tecnici – e non-esperti – nell'ambito di workshop di co-progettazione con le comunità.

with respect to the specific contextual conditions, measuring the performance benefits and the effects on the reference hazards (Pluvial Flooding and Heat Wave). The definition of a set of computational design tools therefore intended to support complex decision-making and design processes, attentive to specific context conditions in terms of systemic vulnerability and impact of the urban microclimate on climate variables. The goal was to improve the knowledge and understanding of decision-makers about climate impacts and the effects of policy actions or operational choices implemented in different strategic sectors, deciphering and processing the growing amount of data present in cities translating it into information that can be efficiently incorporated into planning and design processes.

**Advanced governance and decision-making processes: research outcomes, impacts, limits and future developments**  
SIMMCITIES\_NA research had as its main result the definition of a *toolkit* - intended as the integration of process phases and related operational tools - to support designers and planners called today to deal with a complex series of constraints, parameters and performance in designing for resilient cities. The toolkit is a valid resource for local decision makers in charge of implementing complex urban regeneration processes, addressing a multiplicity of priorities, also as an expression of the needs of local communities, often not directly or explicitly linked to the principles of resilience, which can be efficiently addressed through climate-resilient design principles. Within the toolkit, advanced design



Tale approccio consente di potenziare la possibilità di condivisione delle informazioni tra i diversi attori del processo edilizio e di prefigurare scenari di visione progettuale nel breve, medio e lungo termine al fine di favorire la valutazione integrata dei benefici conseguibili attraverso un approccio resiliente. L'applicazione della metodologia SIMMCITIES\_NA in diversi casi applicativi nazionali e internazionali ha messo in luce specifiche criticità nell'adozione di approcci di *computational design* per la rigenerazione resiliente dello spazio pubblico, riferite prevalentemente alla reperibilità e omogeneità dei dati nella fase di conoscenza del sistema urbano. È stata inoltre riscontrata una scarsa interoperabilità dei *tool* appartenenti ad ambiti discipli-

nari differenti, da cui deriva una complessità nello scambio dei dati fra le diverse competenze coinvolte (climatologi, progettisti, idrologi, ecc.) e la perdita di dati o l'impiego di elaborate procedure di importazione nei passaggi di scala, ad esempio dalla scala regionale a quella di quartiere. Un possibile sviluppo della ricerca dovrebbe ottimizzare le fasi di acquisizione e gestione dei dati, in linea con i recenti scenari di trasformazione digitale previsti nel breve periodo 2021-2027 con il programma proposto dalla Commissione Europea *Digital Europe*. In un prossimo futuro la realtà urbana potrà risultare sempre più definita dalle infrastrutture digitali, entrando in una nuova fase di sviluppo tecnologico guidata da servizi a banda

and simulation methods based on computational design approaches are flanked by tools for knowledge sharing and co-design aimed at a shared reading of main critical issues of urban systems in relation to environmental, functional-spatial and socio-economic aspects, supported by technical solutions' sheets with indication of performance benefits and co-benefits that can be used by experts – in the context of technical workshops – and non-experts – in the context of co-design workshops with communities. This approach allows to enhance the possibility of sharing information between the various actors of the building process and to prefigure scenarios for short, medium and long-term project vision in order to facilitate the integrated assessment of the benefits achievable through a resilient approach.

The application of the SIMMCITIES\_NA methodology in various national and international application cases has highlighted specific critical issues in the adoption of computational design approaches for the resilient regeneration of the public space, mainly referring to the availability and homogeneity of the data in the knowledge phase of the urban system. A lack of interoperability of tools belonging to diverse disciplines has also been observed, generating difficulties in the exchange of data between the multidisciplinary skills involved (climatologists, designers, hydrologists, etc.) and loss of data or the use of elaborate import procedures for the different scales, for example from the regional to the neighbourhood scale. A possible development of research should optimize the data acquisition and management phases, in line with

the recent digital transformation scenarios foreseen in the short period 2021-2027 with the program proposed by the European Commission Digital Europe. In the near future, urban reality will be increasingly defined by digital infrastructures, entering a new phase of technological development guided by ultra-broadband and cloud-based services, mobile devices and sensor networks, immersed in a complex system generated from big data streams and IoT applications. Such scenarios open to advanced capabilities of governance decision-making processes in the field of the project, which will see in the short term the spread of data collection practices by sensor networks and the use of modeling and scenario analyses for climate risk assessment, for the mapping of vulnerabilities and for performance management through dynamic indi-

cators, capable of monitoring climate impacts over time and the degree of resilience to the urban and building scale. A growing use of satellite and mobile applications is also expected to read the adaptation dynamics taking place in the city and the development of knowledge sharing platforms to facilitate communication, self-learning and information exchange between local governments, communities, organizations and researchers working in urban development programs (Paganin *et al.*, 2018). The design operating environment evolves towards approaches and practice influenced by the world of digital and enabling technologies, generating process-related innovations both in the cognitive and operational phase in which the computational tools - from tools for a design aimed at specific characterizations - become integrated

ultralarga e *cloud-based*, da dispositivi mobili e da reti di sensori, immersi in un sistema complesso generato da flussi di *big data* e applicazioni IoT. Tali scenari aprono a possibilità avanzate di *governance* dei processi decisionali nel campo del progetto, che potranno vedere nel breve periodo la diffusione di pratiche di raccolta dati attraverso reti di sensori e l'uso di tecniche di modellazione e analisi di scenari per la valutazione dei rischi climatici, per la mappatura delle vulnerabilità e per la gestione delle prestazioni attraverso indicatori dinamici, capaci di monitorare nel tempo gli impatti climatici e il grado di resilienza alla scala urbana e degli edifici. Si prevede inoltre un crescente utilizzo di applicazioni satellitari e mobili per la lettura delle dinamiche di adattamento in atto nella città e lo sviluppo di piattaforme di condivisione delle conoscenze per facilitare la comunicazione, l'autoapprendimento e lo scambio informativo tra governi locali, comunità, organizzazioni e ricercatori che lavorano nei programmi di sviluppo urbano (Paganin *et al.*, 2018).

L'ambito operativo progettuale si evolve verso approcci e prassi influenzate dal mondo delle tecnologie digitali e abilitanti, generando innovazioni di tipo processuale sia in fase conoscitiva che operativa in cui gli strumenti computazionali – da strumenti per una progettazione indirizzata su specifiche caratterizzazioni – divengono sistemi integrati per la gestione dei processi decisionali, permeando con diversi gradi di approfondimento tutte le fasi del processo.

systems for the management of decision-making processes, permeating all stages of the process with different degrees of depth.

#### NOTES

<sup>1</sup> Authors' contributions: Mario Losasso wrote the paragraphs "Climate change and impacts on cities", "Public space as a climate mitigation factor. New design methodologies for simulations with IT tools"; Mattia Leone wrote the paragraph "SIMMCITIES\_NA research: intervention models for climate adaptation of public space"; Enza Tersigni wrote the paragraphs "Computational tools for the resilient regeneration of public space" and "Advanced governance and decision making processes: research outcomes, impacts, limits and future developments".

<sup>2</sup> 2017 Athenaeum Research Program of the University of Naples Federico II

has provided a specific funding line for the research projects presented under the H2020 program not funded, but with a high evaluation by the auditors. The SIMMCITIES proposal (with a total budget of € 6.5 M) obtained a valuation of 14.5/15, admitted for financing but not financed for lack of funds. The main objective of SIMMCITIES is to create an interactive dashboard, the Urban Resilience Platform, which includes design methodologies, workflows, simulation models and visualization tools to integrate resilience and climate adaptation strategies in the context of regeneration processes urban and technological and environmental retrofit actions of buildings and open spaces. SIMMCITIES\_NA, conceived as a sub-project of SIMMCITIES, focuses on the development of a framework of methodologies and tools for the resilient project, identify-

#### NOTE

<sup>1</sup> Contributi degli Autori: Mario Losasso ha scritto i paragrafi "Cambiamento climatico e impatti sulle città", "Lo spazio pubblico come fattore di mitigazione climatica. Nuove metodologie progettuali per simulazioni con strumenti IT"; Mattia Leone ha scritto il paragrafo "La ricerca SIMMCITIES\_NA: modelli di intervento per l'adattamento climatico dello spazio pubblico"; Enza Tersigni ha scritto i paragrafi "Strumenti computazionali per la rigenerazione resiliente dello spazio pubblico" e "Processi di governance e decision making evoluti: esiti della ricerca, ricadute, limiti e futuri sviluppi".

<sup>2</sup> Il Programma di Ricerca di Ateneo 2017 dell'Università di Napoli Federico II ha previsto una linea di finanziamento specifica per i progetti di ricerca presentati nell'ambito del programma H2020 non finanziati, ma con una elevata valutazione da parte dei revisori. La proposta SIMMCITIES (con un budget complessivo di 6,5 M €) ha ottenuto una valutazione di 14,5/15, ammessa a finanziamento ma non finanziata per mancanza di fondi. L'obiettivo principale di SIMMCITIES è quello di creare un *dashboard* interattivo, la *Urban Resilience Platform*, che include metodologie progettuali, flussi di lavoro, modelli di simulazione e strumenti di visualizzazione per integrare strategie di resilienza e adattamento climatico nell'ambito dei processi di rigenerazione urbana e di azioni di retrofit tecnologico e ambientale di edifici e spazi aperti. SIMMCITIES\_NA, concepito come sottoprogetto di SIMMCITIES, si concentra sullo sviluppo di un quadro di metodologie e strumenti per il progetto resiliente, identificando misure di adattamento e indicatori rilevanti per supportare gli obiettivi di transizione energetica e adattamento ai cambiamenti climatici riferiti al caso studio di Napoli.

<sup>3</sup> Informazioni sui workshop realizzati disponibili su [www.uccrn-europe.org](http://www.uccrn-europe.org) e [www.sitda.net](http://www.sitda.net).

<sup>4</sup> Nell'*Urban Design Climate Workshop - Durban* in Sud Africa, grazie al contributo di Christian Braneon, Remote Sensing Specialist del Goddard Institute for Space Studies, è stato sperimentato il dataset NASA *Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections* (NEX-GDDP) che prevede le proiezioni RCP 4.5 e RCP 8.5 a partire da 21 modelli e scenari per cui sono prodotti scenari giornalieri. Ciascuna delle proiezioni climatiche include la

ing adaptation measures and relevant indicators to support the energy transition objectives and adaptation to climate change referred to the Naples case study.

<sup>3</sup> Information on the workshops done are available at [www.uccrn-europe.org](http://www.uccrn-europe.org) and [www.sitda.net](http://www.sitda.net).

<sup>4</sup> In the Urban Design Climate Workshop - Durban in South Africa, thanks to the contribution of Christian Braneon, Remote Sensing Specialist of the Goddard Institute for Space Studies, the NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections (NEX-GDDP) dataset was tested; it provides for the RCP 4.5 and RCP 8.5 projections starting from 21 models and scenarios for which daily scenarios are produced. Each of the climate projections includes the maximum daily temperature, the minimum temperature and the rainfall from 1950 to 2100. The

spatial resolution of the dataset is 0.25 degrees (~ 25 km x 25 km).

<sup>5</sup> The SOLWEIG and UMEP tools were tested in the Naples case study by calculating the mean radiant temperature (T<sub>mrt</sub>) in the urban area starting from the DSM of soil and buildings, the DSM of vegetation, the DEM of buildings, meteorological data and parameters albedo and surface emissivity.

<sup>6</sup> CCWorldWeatherGen and LARS-WG tools have been tested in the workshops in Naples, Durban and Milan.

<sup>7</sup> The gamification-based tool was applied within the Climate Resilient Urban Design workshop - Naples, in collaboration with Needle, a collective of professionals who deal with public space and participatory design.

<sup>8</sup> ENVI-met 4.0 has been applied within the Urban Design Climate Workshop - New York City to compare alternative urban regeneration scenarios to 2050.

temperatura massima giornaliera, la temperatura minima e le precipitazioni dal 1950 al 2100. La risoluzione spaziale del dataset è di 0,25 gradi (~ 25 km x 25 km).

<sup>5</sup> I tool SOLWEIG e UMEP sono stati testati nel Caso studio di Napoli calcolando la temperatura media radiante (T<sub>mrt</sub>) in ambito urbano a partire dal DSM di terreno ed edifici, il DSM della vegetazione, il DEM degli edifici, i dati meteorologici e dai parametri di albedo ed emissività delle superfici.

<sup>6</sup> I tool CCWorldWeatherGen e LARS-WG sono stati testati nei workshop di Napoli, Durban e Milano.

<sup>7</sup> Il *gamification-based tool* è stato applicato all'interno del workshop *Climate Resilient Urban Design - Napoli*, in collaborazione con Needle, un collettivo di professionisti che si occupa di spazio pubblico e design partecipativo.

<sup>8</sup> ENVI-met 4.0 è stato applicato all'interno dell'*Urban Design Climate Workshop - New York City* per comparare scenari di rigenerazione urbana alternativi al 2050.

<sup>9</sup> L'applicazione dell'*Urban Modeling Interface (UMI)*, grazie al contributo all'interno del workshop *Climate Resilient Urban Design - Napoli* di Michael Esposito, Senior Environmental Designer presso l'Atelier Ten, ha permesso di simulare le prestazioni ambientali di interi quartieri rispetto all'energia incorporata degli edifici e ai consumi energetici in fase operativa. Il software UMI utilizza EnergyPlus per le simulazioni termiche degli edifici, Daysim per l'analisi del soleggiamento e scripts Python per valutazioni sulla *walkability*.

<sup>10</sup> Test su specifici ambiti di intervento nell'area di Ponticelli (Napoli) hanno consentito di quantificare rispetto a un set di soluzioni tecniche e progettuali *climate-resilient* i benefici prestazionali e gli effetti sugli hazard *Pluvial Flooding* e *Heat Wave* (elaborazione S. Verde).

<sup>9</sup> The application of the Urban Modeling Interface (UMI) within the workshop *Climate Resilient Urban Design - Naples*, thanks to the contribution of Michael Esposito, Senior Environmental Designer at Atelier Ten, allowed to simulate the environmental performance of entire neighbourhoods comparing built-in energy of buildings and energy consumption in the operating phase. The UMI software uses EnergyPlus for thermal simulations of buildings, Daysim for the analysis of sunshine and Python scripts for walkability assessments.

<sup>10</sup> Tests on specific areas of intervention in the Ponticelli area (Naples) allowed to quantify the performance benefits and the effects on *Pluvial Flooding* and *Heat Wave* hazards compared to a set of climate-resilient technical and design solutions (S. Verde elaboration).

## REFERENCES

- Diaz Camacho, M.A. (2018), *Arquitectura y cambio climatico*, Catarata, Madrid.
- European Environmental Agency (2016), *Urban adaptation to climate change in Europe 2016. Transforming cities in a changing climate*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Special Report Global warming of 1.5 °C*.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2019), *Report Climate change and land*.
- Leone, M.F., Raven, J. (2018), "Metodi progettuali multiscalari e mitigazione adattiva per la resilienza climatica delle città / Multi-Scale and 3 Adaptive-Mitigation Design Methods for Climate Resilient Cities", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 15, Firenze University Press, pp. 299-310.
- Oke, T.R., Mills, G., Christen, A. and Voogt, J.A. (2017), *Urban climates*, Cambridge University Press.
- Paganin, G., Talamo, C. and Atta, N. (2018), "Knowledge management e resilienza dei sistemi urbani e territoriali", in *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 15, Firenze University Press, p. 132.
- Rosenzweig, C., Solecki, W.D., Hammer, S.A. and Mehrotra, S. (Eds.) (2018), *Climate Change and Cities (ARC 3-2). Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*, Cambridge University Press, New York.
- Sloterdijk, P. (2017), *Che cosa è successo nel XX secolo?*, Bollati Boringhieri, Torino.