

Maria Federica Ottone, Roberta Cocci Grifoni, Graziano Enzo Marchesani, Dajla Riera,
Facoltà di architettura, Università degli studi di Camerino, Italia

mariafederica.ottone@unicam.it
roberta.coccigrifoni@unicam.it
graziano.marchesani@unicam.it
dajla.riera@unicam.it

Abstract. La ricerca si pone come obiettivo quello di pervenire ad un bilancio critico scientifico su alcuni aspetti relativi al tema della "resilienza urbana", per offrire a pianificatori e decisori uno strumento agile di intervento per la mitigazione delle temperature nelle aree urbane: densificazione, morfologia, materiali sono criteri utilizzati per suggerire strategie volte a migliorare la qualità della vita nelle città. Il punto di vista indagato analizza il cambiamento climatico e la sua connessione antropica, la densità urbana e la sua valenza energetica, l'evoluzione materica e la gestione del comfort ambientale, considerando il rapporto orizzontale/ verticale come uno dei parametri morfologici capaci di determinare la relazione tra densità, forma degli spazi e isola di calore urbano.

Parole Chiave: Cambiamenti climatici; Tecnologie per l'ambiente costruito; Isola di calore urbano.

Introduzione

Il tema della sostenibilità ambientale dei processi di trasformazione urbana ha modificato in modo sostanziale la tradizionale visione della città. L'architetto/urbanista sta perdendo progressivamente il ruolo di "regista" delle trasformazioni urbane, nel momento in cui le problematiche ambientali hanno introdotto nuovi temi da affrontare e risolvere. Nei paesi in via di sviluppo, dove più alta è la presenza di disuguaglianze e di anomalie nella crescita delle città, è ormai acquisita la consapevolezza di dover affrontare il progetto urbano con un'ottica multidisciplinare più spinta (Balbo, 2005).

«La prevalenza delle tematiche legate ai processi economici, sociali e ambientali, ai problemi della salute e della sicurezza, è un dato di fatto e rischia di rendere il contributo dell'architetto-urbanista poco significativo e, in qualche caso, inutile» (Waldheim, 2006).

C'è bisogno dunque di un aggiornamento culturale complessivo

Density - intensity.
Material and immaterial
elements in assessing
urban quality

Abstract. The objective of this research is to produce a critical scientific analysis of some aspects related to urban resilience to offer planners and decision-makers a deft intervention tool to mitigate high temperatures in urban areas. Densification, morphology, and materials are used to suggest strategies aimed at improving the quality of life in cities. This point of view analyses climate change and its connection to humans, urban density and its energy value, the evolution of materials, and the management of environmental comfort, considering the horizontal/vertical relationship as one of the morphological parameters capable of determining the connections between density, the form of the spaces, and the urban heat island.

Keywords: Climate change; Technologies for the built environment; Urban heat island.

che preveda da una parte che non venga perduto un patrimonio prezioso di contributi specifici che hanno definito nel passato i caratteri qualitativi delle città (forma, funzione, ecc). Dall'altra che la disciplina dell'architettura modifichi e aggiorni le proprie metodologie di indagine rivedendo e reinterpretando i termini e i parametri che hanno costituito per molti anni un sicuro appoggio disciplinare, appannaggio esclusivo delle discipline urbanistiche. Le teorie urbane, a partire dall'800 con i testi di Camillo Sitte (Sitte, 1981), fino ad arrivare ai giorni nostri con le teorizzazioni di Rem Koolhaas (Koolhaas, 2006) e di Bernardo Secchi (Secchi, 2009), hanno progressivamente descritto i fenomeni urbani come un "disegno" più o meno definito e più o meno flessibile, nel quale l'architetto urbanista appare come il fautore principale (o la vittima nel caso di Koolhaas) delle trasformazioni.

Queste teorie, con differenti accezioni ed equilibri, si basavano principalmente su parametri di lettura riferiti alla forma e alla funzione:

- forma e dimensione degli spazi aperti;
- forma e disposizione degli edifici;
- vie di comunicazione e infrastrutture;
- destinazioni d'uso delle aree (zoning), definite in base ad equilibri tra le diverse funzioni (aree residenziali, industriali, terziarie, ecc). Negli anni '70, le teorie di architetti come Aldo Rossi (Rossi, 1966), Robert Venturi & Denise Scott Brown (Venturi, 1977), e altri importanti figure di architetti-intellettuali, hanno influenzato intere generazioni di studiosi, ricercatori e progettisti che hanno realizzato progetti secondo un'ottica *one-eyed approach*.

Introduction

The theme of environmental sustainability in urban transformation processes has substantially modified the traditional view of cities. Architects/urban planners are progressively losing their role as directors of urban transformations, since environmental problems have introduced new aspects to address and resolve. In developing countries, where there is greater inequality and anomalies in city growth, there is now an awareness that urban design must be undertaken with a more explicit multidisciplinary view (Balbo, 2005). "The process of urbanization, capital accumulation, deregulation, globalization, environmental protection, and so on, are much more significant for the shaping of urban relationship than are the spatial forms of urbanism in and of themselves." (Waldheim, 2006).

There is thus a need for an overall cultural renewal that ensures, on the one hand, that a precious heritage of specific contributions that have defined the qualitative characteristics of cities (form, function, etc.) in the past are not lost. On the other hand, architecture as a discipline should modify and update its own investigation methods, reviewing and reinterpreting the terms and parameters that have constituted reliable disciplinary support for many years, the exclusive prerogative of urban-planning disciplines. Starting in the 1800s with the texts by Camillo Sitte (Sitte, 1981), and continuing today with the work by Rem Koolhaas (Koolhaas, 2006) and Bernardo Secchi (Secchi, 2009), urban theories have increasingly described urban phenomena as a more or less definite and flexible 'design' in which the urban architect is the main advocate (or vic-

Oggi questo approccio non è sufficiente per rendere efficaci gli interventi sulle città. La sempre maggiore incidenza dei temi legati alla sostenibilità ambientale nei processi di crescita e di trasformazione urbana, richiede uno sforzo nella direzione di una disponibilità alla contaminazione culturale e al rinnovo delle discipline.

Lo studio evidenzia come i nuovi strumenti di indagine precoce, basati su programmi parametrici e modelli di ottimizzazione, possono essere piegati per costruire piattaforme di lavoro condivise che rendono estremamente rapida, efficace e mirata l'indagine su tessuti urbani complessi, con l'obiettivo precipuo di pervenire al miglioramento della qualità della vita nelle città. Si ritiene infatti che vadano implementate e arricchite quelle indagini che tendono ad evidenziare una sincronizzazione tra basso impatto energetico e qualità della vita, dimostrando che dove vengono adottate misure passive con il fine di ridurre l'impatto energetico, si vive meglio termini di comfort urbano.

Evoluzione in atto

Il clima e i cambiamenti climatici hanno da sempre rappresentato uno dei fattori principali di mutamento non solo della società ma anche nell'aspetto delle città stessa (Behringer, 2013). Nel corso dei millenni i cambiamenti climatici si sono verificati molte volte nella storia determinando evoluzioni della società, delle città e dei paesaggi, che si sono ri-adattati e ri-plasmati in base ai nuovi scenari che si stavano prospettando (Scuderi, 2014).

Oggi non si può progettare il nuovo o agire sull'esistente senza la presa di coscienza che il raggiungimento del comfort urbano sia un obiettivo imprescindibile al pari della forma, dell'organizza-

zione funzionale e della dimensione/proporzione del costruito. Da questo punto di vista, un progetto urbano e/o architettonico può riuscire a controllare la complessità derivante dalla presa d'atto in contemporanea dei parametri individuati come imprescindibili, considerando tutte le possibili variabili. La ricerca svolta si propone di delineare un abaco di città caso studio, la cui analisi viene condotta tenendo in considerazione tre fattori ritenuti determinanti nella valutazione della qualità urbana: climatico, empatico, tecnologico. La metodologia sviluppata consentirà di gestire la complessità delle relazioni non lineari tra le variabili meteorologiche e i rapporti geometrici della città che caratterizzano il microclima urbano (definendo l'impatto dell'urbanizzazione sulle condizioni climatiche locali e fattori di mitigazione), i possibili interventi tecnologici tesi a modificare i rapporti tra superfici permeabili/impermeabili, i valori di albedo e la gestione dei flussi termici ed infine le questioni legate all'aspetto empatico dell'architettura inteso come «catalizzatore emozionale e veicolo di trasmissione ideale di contenuti socialmente condivisi» (Garramone, 2013) e misurabile attraverso gli indici di Comfort.

Oltre a considerare «[...] imprescindibile il ricorso all'immissione di nuovi strumenti e nuovi dati all'interno dei parametri progettuali contemporanei» (Scuderi, 2014), si è ritenuto operare un primo studio all'interno di una gamma di indicatori che fanno riferimento specifico ai temi del cambiamento climatico e del consumo di suolo, intrecciandoli con i fattori di forma e dimensionali del costruito.

Si parte dal concetto che l'individuo stabilisce inevitabilmente un rapporto empatico con l'ambiente che lo circonda. Non si parla più di spazio urbano di reminiscenza modernista, ossia conce-

tim, as in the case of Koolhaas) of the transformations.

Albeit with different meanings and balances, such theories are mainly based on interpretational parameters referring to the form and function:

- form and dimensions of open spaces;
- form and arrangement of buildings;
- communication and infrastructure routes;
- the permitted use of areas (zoning), defined based on balances among different functions (residential, industrial, service, etc.). In the 1970s, theories by architects such as Aldo Rossi (Rossi, 1966), Robert Venturi & Denise Scott Brown (Venturi, 1977), and other important architect/intellectual figures influenced entire generations of scholars, researchers, and designers who realized projects according to a one-eyed approach.

Today, this approach is no longer sufficient for making efficient interventions on cities. The increasing incidence of topics tied to environmental sustainability in processes of growth and urban transformation requires an effort to be open to cultural influence and disciplinary renewal. This study highlights how new early-investigation tools based on parametric programmes and optimization models can be moulded to build platforms of shared work that make the investigation of complex urban fabrics extremely quick, effective, and focused, with the primary goal of improving the quality of life in cities. In fact, it is believed that the investigations that are implemented and enriched are those that tend to highlight synchronization between low energy impact and quality of life, demonstrating that where passive measures are adopted to re-

duce the energy impact, people live better in terms of urban comfort.

Current evolution

The climate and climate change have always represented primary factors of change, not only with respect to society, but also in the appearance of the city itself (Behringer, 2013). Climate change has occurred many times throughout history, leading to changes in society, cities, and landscapes, which have been readapted and reshaped based on new scenarios that were being projected (Scuderi, 2014).

Today, nothing new can be designed or existing aspects intervened on without being aware that achieving urban comfort is an unavoidable objective, just like the form, functional organization, and dimension/proportion of the built area. From this point of view, an urban and/or architectural design can

control the complexity deriving from simultaneously implementing the necessary parameters and considering all the possible variables.

This research aims to delineate a matrix of case studies — cities — whose analysis is performed in consideration of three factors deemed decisive in the evaluation of urban quality: climate, empathy, and technology. The methodology developed will allow designers to manage the complexity of non-linear relationships among the meteorological variables and geometric ratios that characterize the urban microclimate (defining the impact of urbanization on local climate conditions and mitigation factors). It will also for the management of possible technological interventions designed to modify the relationships between surface permeability/impermeability, albedo values, and thermal fluxes.

pito prevalentemente come spazio destinato allo spostamento di mezzi di trasporto che ha caratterizzato gli ultimi 150 anni di pianificazione. Oggi prevale il concetto di “città per le persone” (Gehl, 2017) puntualizzando su «[...] quanto sia importante dare attenzione alle persone in città per avere città vivaci, sicure, sostenibili e sane, tutti obiettivi importanti per il XXI secolo».

Un esempio concreto di questa inversione di tendenza, la si può identificare nelle diverse operazioni che la città di Copenhagen sta mettendo in atto.

Attraverso strategie di pianificazione e progettazione urbana il fulcro dello spazio costruito si sposta dal traffico di veicoli alla persona, al traffico lento, agli spazi di aggregazione, allo sviluppo dell'infrastruttura verde, non solo sul piano orizzontale a quota zero, ma anche al di sopra degli edifici, “green roof”¹.

Un caso studio che unisce i vari parametri descritti possono essere racchiusi nel progetto del 2013/2014 di Philippe Rahm “Public Air” dove la città di Copenhagen chiede di riprogettare l'intera rete ciclabile e pedonale, cercando di separarla dal flusso dei veicoli e prendendo in considerazione parametri come i materiali del suolo e delle facciate e la relazione che quest'ultime con l'uomo. «[...] ad esempio le facciate potrebbero assorbire il suono o i materiali potrebbero essere riscaldati in inverno o comunque apportare del comfort alle persone» (Scuderi, 2014). Il tema del controllo dell'isola di calore urbana associato ad una maggiore attenzione ai parametri di vivibilità strettamente legati alla persona possono generare interventi interessanti con punti di vista alternativi e innovativi.

Non sempre, però, si necessita di pesanti interventi architettonici per migliorare il comfort urbano. Con un'attenta lettura e corretti strumenti di analisi, si può capire nel dettaglio dove e come agire.

Finally, it will address questions tied to the empathic aspect of architecture intended as an ‘emotional catalyst and an ideal transmission vehicle for content that can be shared socially (Garramone, 2013) and measured through comfort indices.

In addition to deeming necessary recourse to the inclusion of new tools and data within contemporary design parameters (Scuderi, 2014), it an initial study was made within a range of indicators that refer specifically to the theme of climate change and land consumption, interweaving them with factors related to the form and dimension of the built environment.

The initial concept is that individuals inevitably establish an empathic relationship with the surrounding environment. One no longer speaks of urban space with a Modernist reminiscence, that is, a city designed mainly

as a space destined for the movement of transport, which has characterized the last 150 years of planning. Rather, what prevails today is the concept of “cities for people” (Gehl, 2017) that see «[...] how important it is to pay attention to people in cities in order to have vibrant, safe, sustainable, and healthy cities, all important objectives for the twenty-first century».

A concrete example of this change in trend can be seen in the different operations that the City of Copenhagen is implementing. Through urban planning and design strategies, the focus of the built space has moved from vehicle traffic to people, to slow spaces, to spaces for interaction, to the development of green infrastructure, not only on the horizontal plane on the ground floor, but also on top of the buildings, i.e., ‘green roofs’¹.

One example that combines the various parameters described above is the by

Un esempio di intervento leggero a livello di impatto sulla città lo ritroviamo a New York, NYC° COOL ROOFS². Questo programma, svolto in collaborazione tra NYC Service e NYC Department of Buildings, ha coinvolto un gruppo di volontari e proprietari di edifici che per migliorare il comfort urbano hanno deciso di dipingere i tetti di alcune costruzioni con un materiale riflettente, bianco, riducendo l'assorbimento del calore solare, con la conseguente diminuzione fino al 30% delle temperature all'interno dell'edificio. Grazie all'alta riflettanza del colore si riduce anche la temperatura nelle zone circostanti, contribuendo a contrastare l'isola di calore urbana.

Ma come si possono determinare parametri iniziali capaci di restituire una visione il più possibile oggettiva del comfort di una specifica area? La tecnologia immateriale in questo caso è un fattore determinante. Un progetto urbano deve poter usufruire di dati certi, derivanti da un complesso di strumenti tecnologici in grado di monitorare i fenomeni ambientali e umani per poter poi essere elaborati in analisi preliminari complesse capaci di racchiudere le molteplici informazioni che derivano da diversi ambiti.

La tecnologia immateriale è figlia di questo nuovo millennio, e pervade la città in ogni suo ambito delineando una nuova infrastruttura importante sia per le analisi progettuali sia per una buona vivibilità e funzionalità dello spazio. Questo sistema di controllo invisibile è, e sarà ancora di più in futuro, presente in ogni dimensione dello spazio urbano e privato, come strumento necessario per prevedere e progettare la città.

Si passa quindi, dalla smart city alla “senseable city” definita da Carlo Ratti: «Ottimizzazione più umanizzazione non da adito ad un computer di dimensione metropolitana né ad un far west co-

Philippe Rahm, Public Air, where the City of Copenhagen requested that the entire biking and pedestrian network be redesigned in order to separate it from the flow of vehicles. Emphasis was placed on parameters such as the materials used on the ground and façades and their relationship with people. «[...] for example, the façades could absorb sound or the materials could be warmed in winter or at least lead to human comfort» (Scuderi, 2014).

The idea of controlling the urban heat island by placing more attention on the parameters of liveability, prioritizing people, can generate interesting interventions from alternative, innovative points of view. However, weighty architectural interventions are not always needed to improve urban comfort. With a careful reading and correct analysis tools, one can understand in detail where and how to act.

One example of light intervention on the level of city impact is found in New York with its NYC “CoolRoofs” programme, carried out in collaboration with NYC Service and the NYC Department of Buildings². The initiative involves a group of volunteers and building owners who decided to improve urban comfort by painting the roofs of some buildings with a white reflective material, reducing the absorption of heat from the Sun and consequently decreasing the internal temperature of the building by up to 30%. Thanks to the high reflectance of the colour chosen, the temperature of the surrounding area is also reduced, helping to counteract the urban heat island. ² But how can the initial parameters be determined in order to render the most objective vision possible of the comfort of a specific area? Immaterial technology in this case is a decisive

struito in rete. È la convergenza di bit e atomi: sistemi e cittadini interagiscono» (Ratti, 2017).

Se si integra la tecnologia all'interno del tessuto urbano, essa diviene mezzo di trasmissione di dati reali e utilizzabili, sia dal punto di vista dei flussi di veicoli, di persone e di dati climatici. Il dato ambientale implementato con le attuali tecnologie di trasmissione delle informazioni, potrebbe essere potenziato e facilmente utilizzato, prendendo il posto delle ancora rare stazioni di rilevamento sparse nel territorio. Nel futuro, la persona che abita la città potrebbe essere vettore e trasmettitore di dati in luoghi specifici mappando con precisione tutto lo spazio urbano.

Materiali e metodologia proposta

La forma della città, la sua struttura, la densità e le sue caratteristiche morfologiche e materiche sono elementi da sempre indagati nell'analisi dell'evoluzione delle città e del suo cambiamento. Lo studio della interconnessione tra morfologia, clima ed energia ha caratterizzato nei tempi gran parte della storia della città e dell'architettura (De Pascali, 2008, Givoni, 1998, Olgyay, 1963, Rogora, 2012, Barucco, 2007). In particolare la morfologia urbana, che studia le forme della città, ha garantito un solido sostegno alla analisi dei principali fattori che hanno determinato l'assetto spaziale, le sue mutazioni nel tempo e le alterazioni a volte anche brutali di un determinato paesaggio costruito. La morfologia della città contemporanea è mutata coerentemente con le evoluzioni della società che la abita e delle attività che si distribuiscono sul territorio generando processi di de-urbanizzazione e di ri-urbanizzazione. Una complessità del sistema urbano, fortemente legato anche alla proiezione locale (sempre più evidente) di un cambiamento climatico globale.

factor. An urban design should be able to make use of certain data deriving from a set of technological tools to monitor environmental and human phenomena. The data can then be processed in complex preliminary analysis that encompasses the varied information deriving from different areas. Immaterial technology is the fruit of this new millennium, permeating the city in each of its areas and delineating a new infrastructure that is important both for design analysis and for the good liveability and functionality of the space. This system of invisible control is — and will be even more in the future — present in every dimension of urban and private space as a necessary tool to foresee and design the city. There is a shift, therefore, from a smart city to the 'senseable city' defined by Carlo Ratti: «Optimization plus humanization do not give access to a

metropolitan- seized computer nor to a network-based far west. It is the convergence of bits and atoms; systems and citizens interact» (Ratti, 2017). If technology is integrated within the urban fabric, it becomes the means to transmit real, usable data regarding flows of vehicles, people, and the climate. Environmental data implemented with current information-transmission technologies could be strengthened and used easily, taking the place of the sparse surveying stations spread over the territory. In the future, a person living in the city could be a vector and transmitter of data in specific places, mapping the entire urban space with high precision.

Materials and methodology proposed

The form of the city, its structure, density, and morphological and material

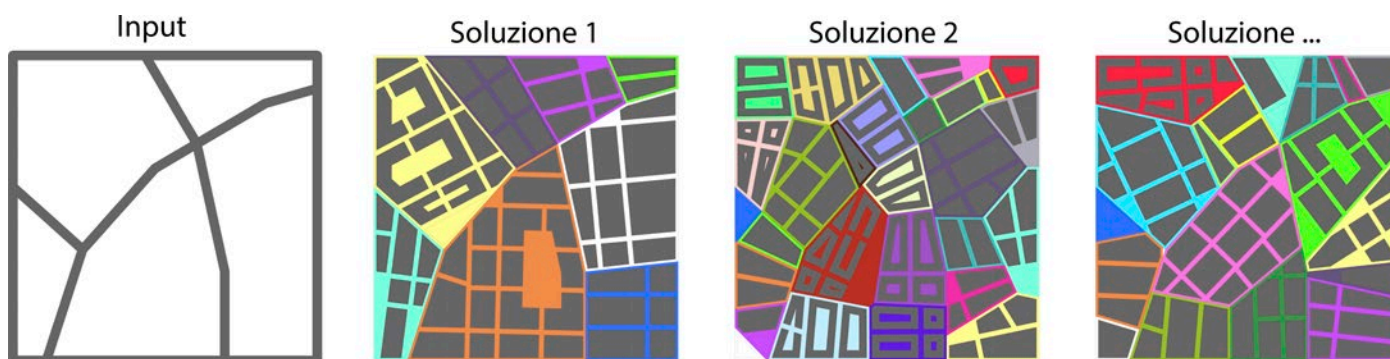
La grande portata di tali sollecitazioni e delle trasformazioni in atto comporta, necessariamente, un cambiamento anche negli strumenti che ad oggi sono stati utilizzati per lo studio e l'analisi dei fenomeni urbani e delle strategie di intervento a scala urbana e architettonica, che ad oggi purtroppo si sono rivelati insufficienti nel garantire il raggiungimento di quegli obiettivi legati agli aspetti energetici ed alla qualità ambientale della città. Sono necessari strumenti capaci di modellare la complessità della città (Barucco 2007) intesa come connessione di elementi che concorrono nella generazione dello spazio edificato, secondo logiche aggregative individuabili da parametri. I modelli parametrici consentono di associare informazioni ai modelli digitali di simulazione che possono essere considerati come "contenitori informativi" consultabili in tempo reale e rapidi nei loro tempi di utilizzo. La modellazione parametrica si basa sulla formalizzazione di vincoli ed elementi in grado di connettere e mettere a sistema variabili formali e relazioni (ad esempio climatiche, ambientali, energetiche). Tali programmi (i.e Grasshopper ed i suoi plug in) possono gestire modalità di rappresentazione verticale per l'ambiente costruito e sono parallelamente in grado di aggregare orizzontalmente secondo le logiche più disparate, in modo da caratterizzare la complessa densità urbana. Da queste considerazioni si origina la necessità di un proporre un nuovo strumento basato sul paradigma associativo delle informazioni capace di disegnare la città complessa, legarla a tutte le sue sollecitazioni esterne (forzanti climatiche, vincoli energetici, variazioni materiche, etc) e leggere in tempi contenuti le caratteristiche del tessuto urbano e le condizioni di comfort ambientali generate. Si propone, quindi, uno strumento parametrico per la generazione di volumi urbani (sostitutivo alle tecniche classiche del disegno

characteristics are elements that have always been investigated when analysing the evolution of cities and the change in evolution. The study of the interconnection between morphology, climate, and energy has, over time, characterized a large part of the history of cities and architecture (De Pascali, 2008, Givoni, 1998, Olgyay, 1963, Rogora, 2012, Barucco, 2007). In particular, urban morphology, which studies the form of the city, has guaranteed solid support for the analysis of the main factors that determine the spatial structure, its changes over time, and the sometimes violent alterations in a given built landscape. The morphology of contemporary cities has changed along with changes in the resident societies and activities distributed throughout the territory, generating de-urbanization and re-urbanization processes. It is an intricate

urban system that is also closely tied to the (increasingly evident) local projection of global climate change.

The great weight of these demands and current transformations necessarily also leads to a change in the tools that are used today to study and analyse urban phenomena and strategies for intervention on an urban and architectural scale. As of today, however, these have unfortunately been shown to be insufficient in guaranteeing the achievement of those objectives tied to energy and the environmental quality of the city. What is necessary are tools that are capable of modelling the city's complexity (Barucco 2007), intended as a combination of elements that generate the built space according to a logic of aggregation that can be identified via parameters. Parametric models allow information to be associated with digital simulation models,

01 |



manuale) capace di modificare rapidamente le geometrie e le caratteristiche materiche della “porzione” di città considerata e permettere l’analisi ed il confronto tra molteplici scenari.

Il workflow sviluppato si compone di 3 fasi sviluppate in ambiente Grasshopper:

1) La prima fase riguarda la composizione dell’aggregato urbano. L’intero processo di generazione delle geometrie urbane richiede le geometrie del perimetro più esterno a scala urbana e la viabilità principale sotto forma di spezzate aperte

In tale fase avviene la definizione delle geometrie urbane. Partendo dal perimetro più esterno, che conterrà tutti gli edifici e le strade si definisce il set di strade principali presenti sul territorio e, quindi, il formarsi di agglomerati, strade secondarie e aree verdi. L’intero processo è regolato da una serie di parametri:

- lato massimo dell’isolato;
- rapporto di forma dei lotti;
- offset dal fronte strada principale;
- offset da altre strade;
- lato del lotto interno;
- dimensione della corte interna;
- range di altezza degli edifici.

which can be considered “information containers” that are quick to use and can be consulted in real time. Parametric modelling is based on the formalization of limits and elements that connect and systematize formal and relational variables, e.g., climate, environment, energy. These programmes, i.e., Grasshopper and its plug-ins, are able to manage means of vertical representation for the built environment and, in parallel, are also capable of horizontal aggregation according to the most varied logic, thereby allowing the complex urban density to be characterized. These considerations give rise to the need to propose a new tool based on the association of information. The tool is capable of drawing the complex city, tying it to all external demands (climate forcing, energy limits, changes in materials, etc.) and quickly reading the characteristics of the urban

fabric and conditions of environmental comfort generated. Therefore, a parametric tool is proposed to generate urban volumes (replacing the classical technique of manual drawing), quickly modifying the geometries and material characteristics of the given portion of city and allowing for the analysis and comparison of multiple scenarios. The workflow developed is composed of three phases developed in the Grasshopper environment:

1) The first phase regards the composition of the urban aggregate. The entire process to generate the urban geometries requires the geometries of the outermost urban perimeter and the main practicability under the form of open fragments. This phase entails the definition of the urban geometries. Starting from the outermost perimeter, which should contain all the buildings and roads, the set of main streets pre-

Questo strumento assegna le caratteristiche elencate a zone omogenee permettendone la modifica in tempo reale (Fig. 1).

2) La seconda fase utilizza Urban Weather Generator (UWG) connesso a Grasshopper mediante il plug in di Grasshopper Dragonfly (Mackey, et al., Aug 7-9 2017). UWG è un tool sviluppato dal Massachusetts Institute of Technologies per analizzare gli effetti locali generati dalle geometrie urbane sul comfort urbano e sul consumo energetico. Rappresenta uno strumento di simulazione atmosfera-costruito in grado di valutare l’effetto “isola di calore urbana” e modificare un file di dati meteorologici generici (qui chiamati “rural”) in un file di dati meteorologici “urban”. Il suo compito è quello di trasformare dati meteo solitamente rilevati in stazioni extraurbane (es. gli aeroporti) in dati meteorologici più aderenti alle caratteristiche morfologiche, materiche e di utilizzo della città. La rielaborazione del dato è possibile grazie all’utilizzo di molti parametri, quali per esempio le proprietà dei materiali (suoli, tetti, pareti), la forma urbana, la generazione di calore antropogenica (in strada e all’interno di edifici) e la presenza di aree verdi. UWG non si limita al calcolo di fattori tradizionali come lo Sky View Factor o il rapporto di verticalità del canyon urbano, ma approfondisce l’analisi calcolando diversi

sent in the territory is defined, thus forming the agglomerates, secondary streets, and green areas. The entire process is regulated by a series of parameters:

- maximum side of the block;
- ratio of shape of the plots;
- offset from the front main street;
- offset from other streets;
- side of the internal plot;
- size of the internal courtyard;
- range of heights of the buildings;

This tool assigns these characteristics to uniform zones, allowing for their modification in real time (Fig. 1).

2) The second phase uses the Urban Weather Generator (UWG), which is connected to Grasshopper through the Grasshopper Dragonfly plug-in (Mackey, et al., 2017). The UWG is a tool developed by Massachusetts Institute of Technology to analyse local effects generated by urban geom-

etries on urban comfort and energy consumption. This tool simulates the atmosphere/built environment and is capable of assessing the urban heat island effect and modifying a file of generic meteorological data (here called “rural”) to create a file of “urban” meteorological data. Its task is to transform meteorological data usually obtained from exurban stations (e.g., airports) into meteorological data adhering more to the morphological and material characteristics and use of the city. The data is processed using a variety of parameters, for example, material properties (solid, roofs, walls), the urban form, the generation of anthropogenic heat (in the street and within buildings), and the presence of green areas. The UWG is not limited to calculating traditional factors like the sky view factor or the vertical ratio of the urban canyon; it expands

Tab. 01 | Indici di densità delle superfici nella dimensione verticale ed orizzontale valutati per città differenti con diverse tipologie urbane (Roma A e B, Atene A e B)

Density indices of surfaces in the vertical and horizontal directions, evaluated for different types of urban cities (Rome A and B, Athens A and B, Barcelona, New York, Oxnard)

	Roma A	Roma B	Atene A	Atene B	Barcellona	New York	Oxnard
Average Bldg Height	15 m	13 m	12 m	10 m	17 m	106 m	6 m
Site Coverage Ratio	0.47	0.49	0.38	0.41	0.47	0.6	0.39
Facade-to-Site Ratio	1.25	0.96	0.8	0.94	0.82	7.78	0.6
Tree Coverage Ratio	0.04	0.03	0.01	0.01	0.0	0.0	0.06
Grass Coverage Ratio	0.3	0.03	0.12	0.1	0.06	0.0	0.8

Tab. 01

rapporti fra l'edificato e il territorio. In particolare tiene conto di tre dati: rapporto di copertura (site coverage), rapporto di facciata (façade-to-site) e altezza media degli edifici (average building height). I parametri utilizzati, e riportati nella Tabella 1, descrivono i tessuti urbani omogenei attraverso indici di densità delle superfici nelle dimensioni verticale ed orizzontale, adattandosi "rapidamente" ai differenti tessuti urbani (Fig. 2).

L'edificato è caratterizzato dal punto di vista energetico considerando (rispetto alla tipologia e all'età della costruzione), il rapporto di superficie vetrata, l'albedo delle pareti orizzontali e verticali e, infine, la presenza di un tetto giardino. Inoltre, UWG caratterizza la città in base alla presenza di verde urbano (orizzontale e verticale), alla quantità di superficie non permeabile e al traffico viario presente nell'area di studio.

Mettendo in relazione tutte queste informazioni il modello trasforma il dato meteorologico dell'area "rurale" in un dato climatico "urbano" che meglio aderisce al microclima della città.

3) La terza fase si avvale dello strumento che gestisce gli aspetti energetico-ambientali attraverso il plug in di Grasshopper Ladybug (Sadeghipour Roudsari & Pak, Aug 25-28 2013) per il calcolo dell'indice Universal Thermal Climate Index (UTCI) rappresentativo del comfort outdoor percepito restituendo valori in gradi centigradi delle temperature percepite dal soggetto che fruisce l'area studio. I valori di comfort ambientale sono individuati all'interno della fascia 19°C e 26 °C, mentre valori compre-

si tra i 26°C e 28° C è definita zona di comfort per brevi periodi. Tale processo permette di comprendere come gli aspetti geometrici e materici influiscono sul microclima e, di conseguenza, sul comfort ambientale e sulla percezione empatica del luogo definibile come empatia architettonica (Wölflin, 2010, Mario Cucinella Architects, 2016).

I dati necessari per tale analisi sono:

- temperatura a bulbo secco;
- velocità del vento a 10 metri d'altezza dal suolo;
- umidità relativa;
- temperatura media radiante;
- dati relativi all'utente (età, genere, altezza, massa, metabolismo, vestiario).

Le prime tre voci sono fornite dai valori del profilo meteorologico modificato nella frase precedente da UWG, mentre la temperatura media radiante viene calcolata numericamente (secondo la norma UNI-EN 27726) e rappresenta la temperatura di un ambiente fittizio termicamente uniforme che scambierebbe con il corpo umano la stessa potenza termica radiante scambiata nell'ambiente reale.

Ottenuti i valori dell'indice UTCI nei vari punti della mappa e visualizzati come gradiente colorimetro sulla mappa urbana, si possono individuare gli effetti dell'isola di calore urbano presente nelle nostre città e ipotizzate strategie progettuali tese alla mitigazione climatica (Fig. 3).

the analysis, calculating various relationships between the built environment and the territory. In particular, it considers three factors: site coverage ratio, façade-to-site ratio, and average building height. The parameters used, which are reported in Table 1, describe homogeneous urban fabrics using indices of the surface density in the vertical and horizontal directions, "rapidly" adapting to different urban fabrics (Fig. 2).

The built environment is characterized from the energy point of view, considering (with respect to the type and age of buildings) the relationship of glass surfaces, the albedo of horizontal and vertical surfaces, and, finally, the presence of a garden roof. In addition, the UWG characterizes the city based on the presence of urban greenery (horizontal or vertical), the amount of impermeable surface area, and road

traffic present in the area of study. By interrelating all this information, the model transforms the "rural" meteorological data into "urban" climate data that better agrees with the microclimate of the city. 3) The third phase is to manage energy/environmental aspects via the Ladybug plug-in for Grasshopper (Sadeghipour Roudsari & Pak, 2013) in order to calculate the universal thermal climate index (UTCI), a quantity representing perceived outdoor comfort. Values of the temperature perceived by the subject using the study area are returned in degrees Celsius. Environmental comfort is defined within the band from 19°C to 26 °C, while values between 26°C and 28°C define the comfort zone for brief periods. This process allows for an understanding of how geometric and material aspects affect the microclimate and, as a consequence, the

environmental comfort and empathic perception of the place, i.e., "architectural empathy" (Wölflin, 2010, Mario Cucinella Architects, 2016).

The data necessary for this analysis are:

- dry bulb temperature;
- wind speed 10 m above the ground;
- relative humidity;
- average radiant temperature;
- user-related data (age, gender, height, weight, metabolism, clothing).

The first three are provided by values of the meteorological profile modified by the

UWG in the preceding phase. The average radiant temperature is calculated numerically (according to UNI-EN 27726 standards) and represents the temperature of an artificial, thermally uniform environment that would exchange the same thermal radiant thermal energy with the human body as

is exchanged in the real environment. Once the values of the UTCI are obtained at various points and visualized as a colour gradient on the urban map, one can identify the effects of the urban heat island present the city and design strategies for climate mitigation.

Application of the methodology and analysis of case studies

The methodology developed was applied to the case studies, which were chosen based on their geometric and environmental characteristics. In particular, urban fabrics were sampled pertaining to cities with a Mediterranean climate (Csa in the Köppen climate classification: Rome, Athens, Barcelona, Oxnard) (Peel, 2007) and a humid subtropical climate (Cfa classification: New York). The cities in the first group have a primarily horizontal development, while New York is obviously the sym-

Applicazione della metodologia e analisi dei casi studio

In particolare sono stati campionati tessuti appartenenti a città della fascia climatica Csa secondo la classificazione di Köppen (Peel, 2007) (Roma, Atene, Barcellona, Oxnard) e Cfa (New York). Le prime sono città tendenzialmente a sviluppo orizzontali, mentre New York è ovviamente il simbolo di un tessuto urbano tipicamente verticale. La città caratterizzata da una maggiore presenza di verde (e quindi maggiore permeabilità del suolo) è Oxnard, mentre New York può essere considerata la più “impermeabile”.

Ricostruiti tutti i tessuti urbani, questi sono stati caratterizzati dal punto di vista materico e hanno prodotto diversi file climatici utilizzati nella fase successiva per la valutazione del comfort outdoor (mediante la determinazione dell’UTCI). Ogni campione copre una superficie di circa 500 m2. Ogni città è stata valutata nella propria settimana più calda (scenario Hot Week) definita a partire dal file climatico (Fig. 3).

Per ogni campione è stato valutato l’UTCI a partire dal file climatico originale (Weather data 1) per poi confrontarlo con i valori restituiti con il file climatico “urbano” modificato da UWG (Weather data 2) ed, infine, con un’ennesima modifica del file climatico in cui è riportato una condizione paradossale nella quale la città, pur mantenendo le stesse caratteristiche formali e rapporti geometrici, presenta la condizione Paradosso grazie all’utilizzo di materiali con un albedo pari a 1 (massima riflettanza dei materiali considerati) e totale copertura un green-roof (Weather data 3).

bol of a typically vertical urban fabric. The city with the highest presence of green areas (and therefore greater permeability) is Oxnard, while New York is the most impermeable. Once all the urban fabrics were reconstructed, they were characterized from the material point of view and various climate files were produced and used in subsequent phases to assess outdoor comfort (by determining the UTCI). Each sample covers a surface area of about 500 m², and each city was evaluated for its own hottest week (hot week scenario), defined based on the climate file (Fig. 3). For each sample, the UTCI was evaluated starting from the original climate file (weather data 1) and then compared with values obtained with the “urban” climate file modified using the UWG (weather data 2). The climate file was then modified further to create a paradoxical condition in which the

La metodologia sviluppata è stata applicata ai casi studio scelti in base alle caratteristiche geometriche e ambientali. In

particolare sono stati campionati tessuti appartenenti a città della fascia climatica Csa secondo la classificazione di Köppen (Peel, 2007) (Roma, Atene, Barcellona, Oxnard) e Cfa (New York). Le prime sono città tendenzialmente a sviluppo orizzontali, mentre New York è ovviamente il simbolo di un tessuto urbano tipicamente verticale. La città caratterizzata da una maggiore presenza di verde (e quindi maggiore permeabilità del suolo) è Oxnard, mentre New York può essere considerata la più “impermeabile”.

Ricostruiti tutti i tessuti urbani, questi sono stati caratterizzati dal punto di vista materico e hanno prodotto diversi file climatici utilizzati nella fase successiva per la valutazione del comfort outdoor (mediante la determinazione dell’UTCI). Ogni campione copre una superficie di circa 500 m2. Ogni città è stata valutata nella propria settimana più calda (scenario Hot Week) definita a partire dal file climatico (Fig. 3).

Per ogni campione è stato valutato l’UTCI a partire dal file climatico originale (Weather data 1) per poi confrontarlo con i valori restituiti con il file climatico “urbano” modificato da UWG (Weather data 2) ed, infine, con un’ennesima modifica del file climatico in cui è riportato una condizione paradossale nella quale la città, pur mantenendo le stesse caratteristiche formali e rapporti geometrici, presenta la condizione Paradosso grazie all’utilizzo di materiali con un albedo pari a 1 (massima riflettanza dei materiali considerati) e totale copertura un green-roof (Weather data 3).

city, while maintaining the same formal characteristics and geometric ratios, presents a paradoxical condition wherein all materials have an albedo equal to 1 (maximum reflectance) and there is total green-roof coverage (weather data 3).

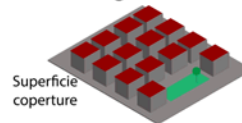
Results

The analysis shows that this methodology allows the local climate characteristics to be assessed quickly and expeditiously. Different effects of the urban heat island were revealed depending on the season (winter/summer). These effects are represented by the UTCI, which allows users’ perception of comfort, i.e., the perceived well-being of the place, to be evaluated. This also represents a competing element in defining the architectural empathy. In winter, the urban heat island is effective in fabrics with greater vertical density, such as

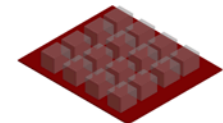
Average Bldg Height



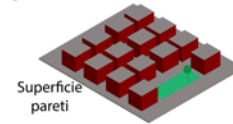
Site Coverage Ratio



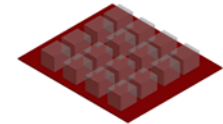
$$\frac{\cdot}{\cdot}$$



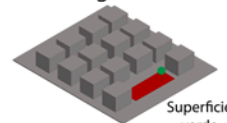
Façade-to-Site Ratio



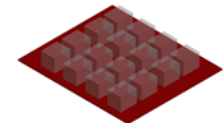
$$\frac{\cdot}{\cdot}$$



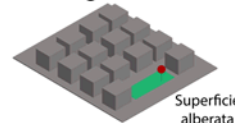
Grass Coverage Ratio



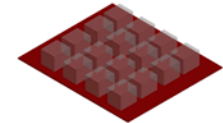
$$\frac{\cdot}{\cdot}$$



Tree Coverage Ratio



$$\frac{\cdot}{\cdot}$$



Risultati

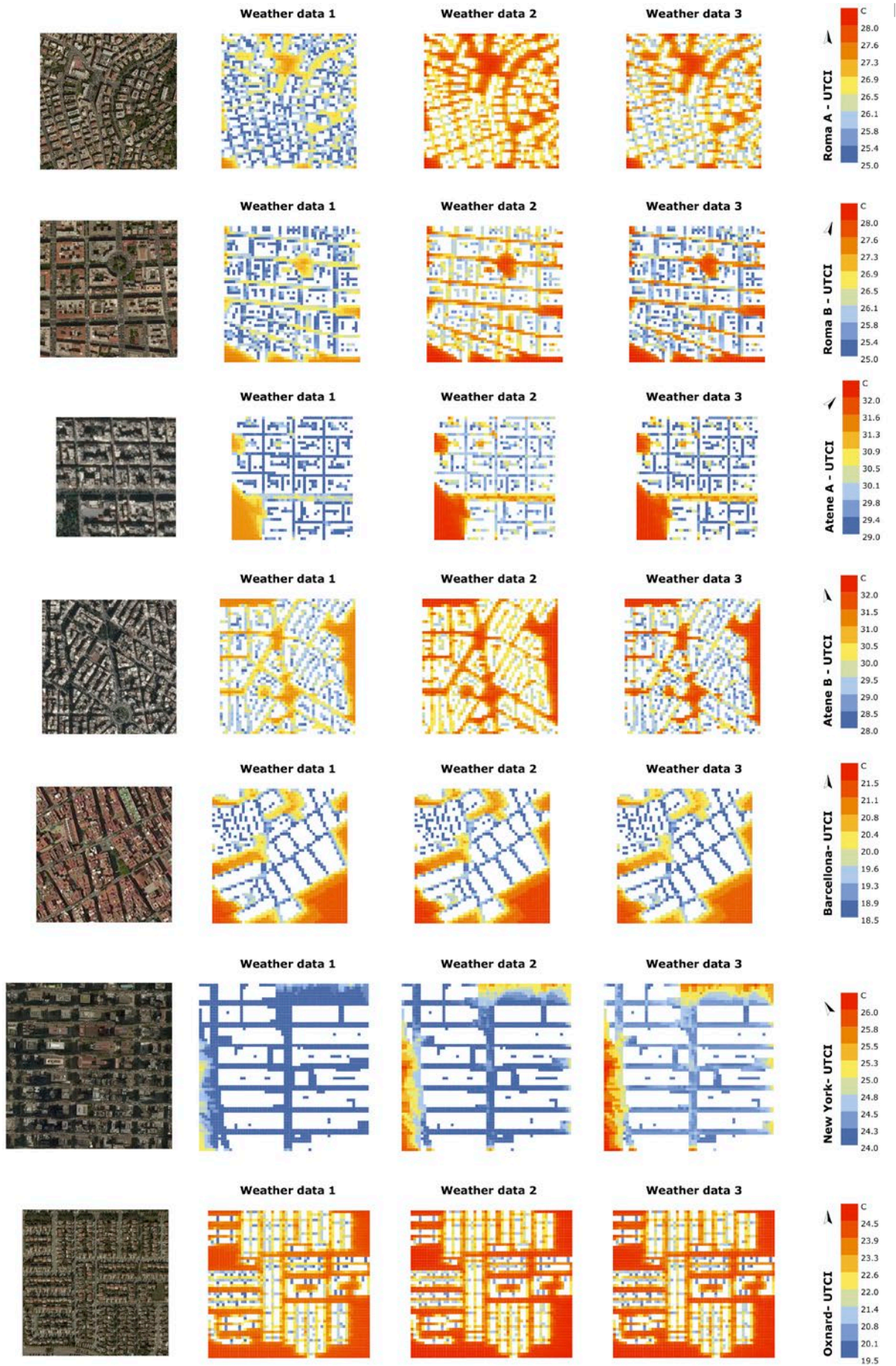
L’analisi effettuata mostra che la metodologia presentata permette una valutazione rapida e speditiva delle caratteristiche climatiche a scala locale. Sono stati rilevati differenti effetti dell’isola di calore urbana dipendenti dalla stagionalità (Inverno/Estate). Gli effetti sono rappresentati dall’indice UTCI che consente di valutare la percezione del comfort da parte degli utenti e quindi il benessere percepito nel luogo. Quest’ultimo rappresenta anche un elemento concorrente nella definizione della cosiddetta “empatia architettonica” (Wölfflin, 2010, Mario Cucinella Archi-

New York (Fig. 4), which has a façade-to-site ratio (Tab. 1) that is much higher than the other portions of city considered. In summer, however, a higher horizontal density exacerbates the intensity of the urban heat island effect and, as a consequence, also the negative effects tied to urban overheating. In Europe, it is clear how, for this type of simulation, it is now impossible to overlook the use of the climate file without the necessary proper characterization. The increases, even if a little less than 1°C, are, however, important (Fig. 5). The American cities should be considered limiting cases: Oxnard, with its moderate horizontal density (low, sparse buildings), does not show appreciable variations in perceived urban comfort between the urban and peri-urban areas throughout the year, nor are there evident improvements in the paradoxical case (Fig. 3). In

New York, on the other hand, the urban heat island effect creates a slight increase in summer temperatures, but seems to draw greater benefit in the winter when the urban temperature increases punctually, creating a thermal gradient of 6–7°C (Fig. 4). The annual value is about 1°C.

Conclusion

This research proposes an in-depth, quick method of analysis, a workflow, to delineate an urban design that is sustainable and controlled energetically because it is capable of simulating the effect of design proposals on the urban heat island. The method proposed aims to decode the highly complex city system, considering meteorological data, technological aspects, and architectural empathy. The resulting isopleths and graphs are meant to act as support for design, providing a pre-



tecs, 2016). In inverno l'isola di calore è efficace nei tessuti con maggiore "densità verticale", come ad esempio il caso studio di New York (Fig. 4) che presenta un parametro di Facade-to-Site Ratio (Tab. 1) molto maggiore rispetto alle altre porzioni di città considerate. In estate, invece, la "densità orizzontale" esaspera maggiormente l'intensità dell'isola di calore urbana e di conseguenza i suoi effetti negativi legati al surriscaldamento urbano. In Europa è evidente come, per questo tipo di simulazione, sia ormai impossibile prescindere dall'utilizzare il file climatico senza la necessaria caratterizzazione. Gli innalzamenti anche se di poco inferiori a 1°C, ma comunque sempre significativi (Fig. 5). Le città americane sono da considerarsi casi limite: la città Oxnard, con caratteristiche riconducibili ad una moderata "densità orizzontale" (edificato basso e rado), non presenta apprezzabili variazioni del comfort urbano percepito tra la l'area urbana e periurbana in entrambe le stagioni, nè sono evidenti i miglioramenti nel caso "paradosso" considerando materiali ad albedo pari a 1 e tetti verdi (Fig. 3).

A New York, di contro, l'effetto isola di calore urbana ha un leggero innalzamento puntuale delle temperature estive, ma sembra trarre maggiore beneficio in inverno dove la temperatura urbana aumenta puntualmente individuando un gradiente termico di 6-7 °C (Fig. 4), mentre annualmente si ha un valore di circa 1°C.

Conclusioni

La ricerca presentata propone un metodo di analisi, un workflow, approfondito e veloce per delineare un progetto urbano sostenibile ed energeticamente controllato perché in grado di effettuare simulazioni dell'incidenza delle proposte progettuali sul fenomeno dell'isola di calore urbano.

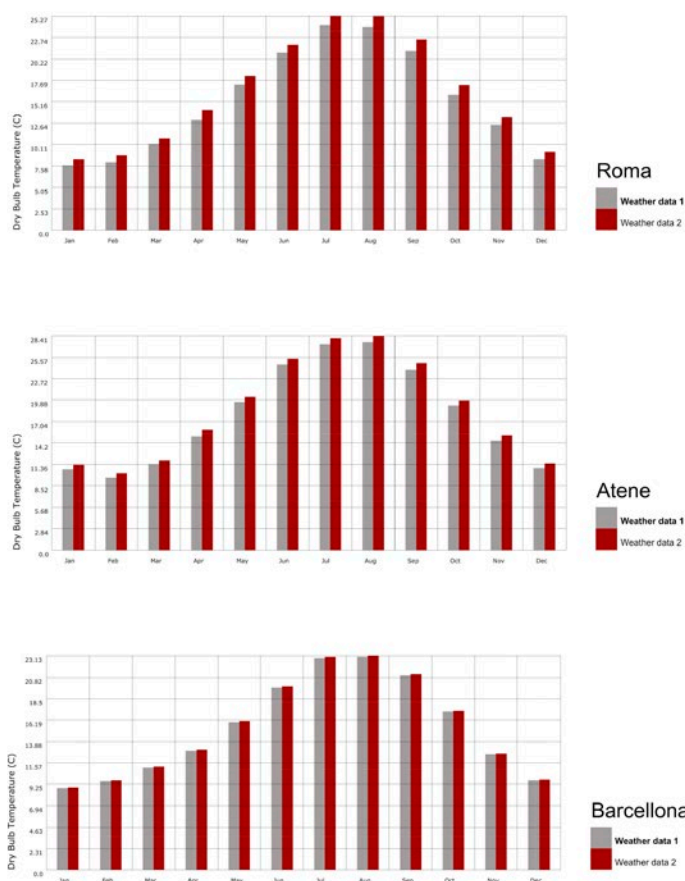
liminary detailed analysis and becoming a fundamental means to design climate and technological devices that can improve the urban context analysed. Since this is an open, complex analysis capable of determining additional effective solutions and output that can be validated, this work represents the first step in defining a tool that is even more effective in hypothesizing interventions that consider the parametric variables referring to the dynamics of urban transformations, such as economic and social factors.

NOTES

¹ An account of these changes can be found in the numerous initiatives promoted by the Copenhagen City Administration and the report "Green Roofs Copenhagen" promoted by Copenhagen Together. This report illustrates the tendency for change in the

city, starting from the requirement for green roofs in most new local plans as of 2010 and including a list of different current or completed interventions whose main theme is urban renewal on a human and sensory scale. Available at: http://en.klimatilpasning.dk/media/704006/1017_sj43Q6DDyY.pdf.

² The programme supports the City's objective of reducing carbon emissions by 80% by 2050 (80 x 50), as indicated in "One New York: The Plan for a Strong and Just City" by Mayor de Blasio. The initiative is a partnership between the NYC Department of Small Business Services, the Mayor's Office of Sustainability, the Mayor's Office of Recovery and Resiliency, and Sustainable South Bronx, a division of The HOPE Program. Available at: <http://www.nyc.gov/html/onenyc/downloads/pdf/publications/OneNYC.pdf>



La metodologia proposta cerca di decodificare il sistema città altamente complesso considerando i dati meteorologici, gli aspetti tecnologici e “l’empatia architettonica”.

Le isoplete e i grafici che ne derivano vogliono essere di supporto alla progettazione, fornendo un’analisi preliminare dettagliata e divenendo mezzo fondamentale per poter progettare dispositivi climatici e tecnologici, capaci di migliorare il contesto urbano analizzato.

Trattandosi di una metodologia aperta e complessa, in grado dunque di determinare soluzioni più efficaci e output validabili, il lavoro presentato rappresenta il primo step per la definizione in futuro di uno strumento ancora più efficace nelle ipotesi di intervento che tengano conto di variabili parametriche riferite alle dinamiche di trasformazione urbana, quali ad esempio i fattori economici e sociali.

NOTE

¹ Un resoconto di questi cambiamenti si ritrova in innumerevoli iniziative promosse dall’amministrazione della città di Copenaghen riscontrabili anche nel report “GREEN ROOF COPENAGHEN” promosso da Copenaghen Together dove viene illustrata la propensione di cambiamento della città, partendo dall’imposizione di tetti verdi nella maggior parte dei nuovi piani locali dal 2010 fino ad arrivare ad un elenco dei diversi interventi in atto o già realizzati avente come tema principale la riqualificazione urbana a scala umana e sensoriale. Available at: http://en.klimatilpasning.dk/media/704006/1017_sj43Q6DDyY.pdf.

² Il programma supporta l’obiettivo del Comune di ridurre le emissioni di carbonio dell’80% entro il 2050 (80 x 50), come indicato nel One New York: The Plan for a Strong and Just City dal Sindaco de Blasio. L’iniziativa è una partnership tra NYC Department of Small Business Services, the Mayor’s Office of Sustainability, the Mayor’s Office of Recovery and Resiliency, and Sustainable South Bronx, a division of The HOPE Program. Available at: <http://www.nyc.gov/html/onenyc/downloads/pdf/publications/OneNYC.pdf>.

REFERENCES

Balbo, M. (2005), *L’intreccio urbano. La gestione della città nei paesi in via di sviluppo*, Franco Angeli, Milano.

Behringer, W. (2016), *Storia culturale del clima. Dall’era glaciale al riscaldamento globale*, Bollati Boringhieri, Torino.

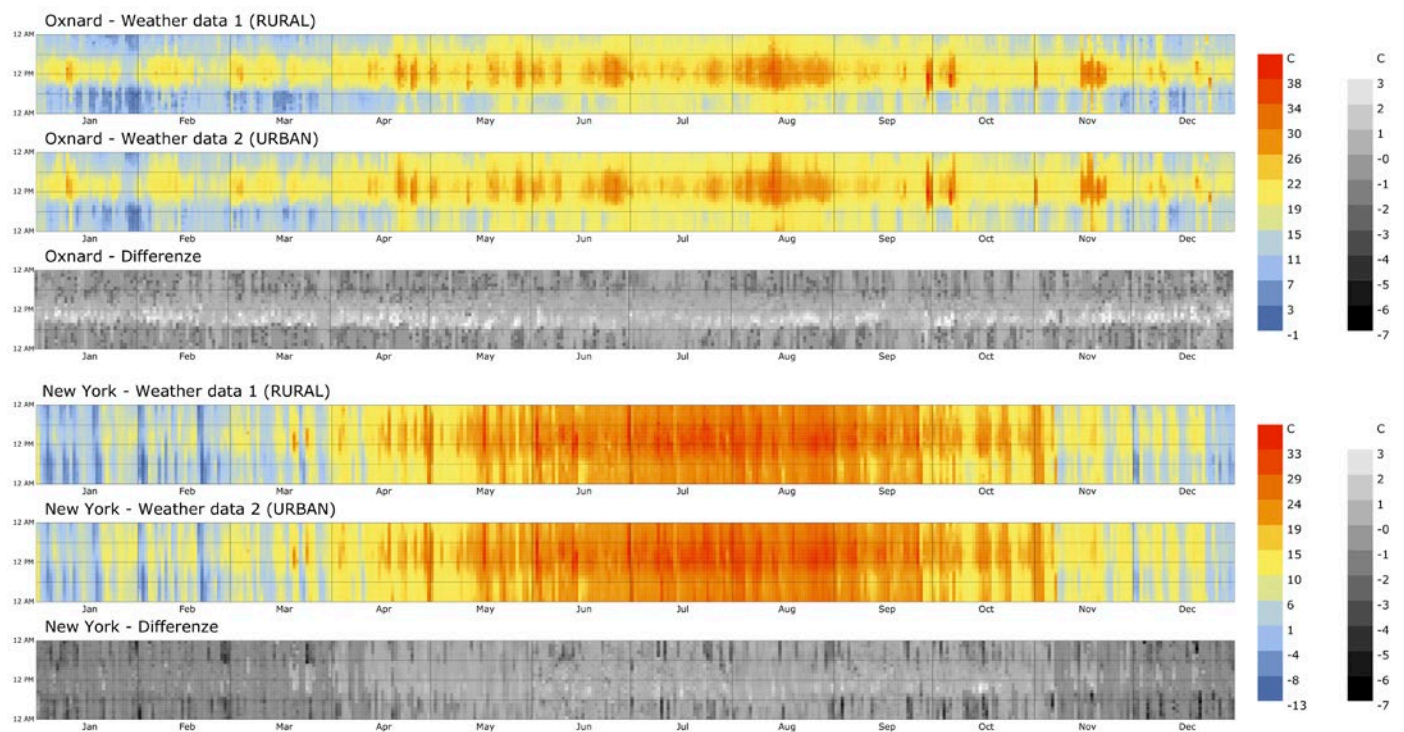
De Carlo, G. (1973), *L’architettura della partecipazione*, Saggiatore, Milano.

De Certeau, M. (2011), *The practice of everyday life*, University of California Press, Paris.

De Pascali, P. (2008), *Città ed energia: la valenza energetica dell’organizzazione insediativa*, Franco Angeli, Milano.

Garramone, V. (2013), *Studio dell’empatia in Architettura. Analisi Metodi ed Esperimenti*, Dissertazione Finale per il conseguimento del titolo di Dottore di ricerca in Architettura degli Interni, Facoltà di Architettura, Università la Sapienza di Roma.

Gehl, J. (2017), *Città per le persone*, Maggioli Editore, Rimini.



- Givoni, B. (1998), *Climate Considerations in Building and Urban Design*, Van Nostrand Reinhold.
- Koolhaas, R. (2006), *Delirious New York. Un manifesto retroattivo per Manhattan*, Electa Mondadori, Milano.
- Landry, C.B.F. (1995), *The creative city*, Demos, London.
- Barucco, M.D.T. (2007), *Architettura, energia. Un'indagine sul complesso rapporto tra la professione dell'architetto e la questione energetica*, EdicomEdizioni.
- Mackey, C., Galanos, T., Norford, L. and Sadeghipour Roudsari, M. (2017), *Wind, Sun, Surface Temperature, and Heat Island: The Critical Variables for High-Resolution Outdoor Thermal Comfort*, San Francisco, USA.
- Mario Cucinella Architects (2016), *Creative empathy*, Skira Editore, Milano.
- Olgay, V. (1963), *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton University Press Rogora.
- Ottone, M.F. (2016), "Mountain Settlements: Energy Efficiency and Tourist Needs", in Sargolini, M. (a cura di), *Mountain landscapes. A decision support system for the accessibility*, List, Trento – Barcellona.
- Peel, M.C.F.B.L.M.T.A. (2007), "Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification", *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, Vol. 11, pp. 1633-1644.
- Ratti, C. (2017), *City of Tomorrow*, Einaudi editore, Torino.
- Rogora, A. (2012), *Progettazione bioclimatica per l'architettura Mediterranea*, Wolters Kluwer Italia.
- Rossi, A. (1966), *L'Architettura della città*, Marsilio.
- Sadeghipour Roudsari, M. and Pak, M. (2013), *Ladybug: a Parametric Environmental Plugin for Grasshopper to Help Designers Create an Environmentally-Conscious Design*, Chambery, France.
- Scuderi, M. (2014), *Philippe Rahm architectes. Atmosfere costruite*, Postmedia Books, Milano.
- Secchi, B.V.P. (2009), *Antwerp - Territory of a New Modernity*, Sun Publishers.
- Sitte, C. (1981), *L'arte di costruire le città: l'urbanistica secondo i suoi fondamenti artistici*, Jaca Book.
- Venturi, R.S.B.D.I.S. (1977), *Learning from Las Vegas*, Cambridge.
- Vergara, A.d.I.R.J.L. (2004), *Territorios inteligentes: nuevos horizontes del urbanismo*, Fundación Metropoli, Madrid.
- Waldheim, C. (2006), *The Landscape Urbanism Reader*, Princeton Architectural Press.
- Wölfflin, H. (2010), *Psicologia dell'architettura*.