TECHNE

Journal of Technology for Architecture and Environment

15 | 2018

RESILIENZA ARCHITETTONICA

architectural resilience

Poste Italiane spa - Tassa pagata - Piego di libro
Aut. n. 072/DCB/FII/VF del 31.03.2005

on line ISSN 2239-0243

FIRENZE UNIVERSITY PRESS

SITdA

TECHNE

Journal of Technology for Architecture and Environment

Issue 15
Year 8

Director
Maria Teresa Lucarelli

Scientific Committee
Ezio Andreta, Gabriella Caterina, Pier Angiolo Cetica, Gianfranco Dioguardi, Stephen Emmitt, Paolo Felli, Cristina Forlani, Rosario Giuffré, Lorenzo Matteoli, Achim Menges, Gabriella Peretti, Milica Jovanović-Popović, Fabrizio Schiaffonati, Maria Chiara Torricelli

Editor in Chief
Emilio Faroldi

Editorial Board
Ernesto Antonini, Eliana Cangelli, Tiziana Ferrante, Massimo Lauria, Elena Mussinelli, Riccardo Pollo, Marina Rigillo

Assistant Editors
Alessandro Claudi de Saint Mihiel, Paola Gallo, Francesca Giglio, Maria Pilar Vettori

Editorial Assistants
Viola Fabi, Serena Giorgi, Flavia Trebicka Valentini Puglisi

Graphic Design
Veronica Dal Buono

Editorial Office
c/o SITdA onlus,
Via Toledo 402, 80134 Napoli
Email: redazionetechne@sitda.net

Issues per year: 2

Publisher
FUP (Firenze University Press)
Phone: (0039) 055 2743051
Email: journals@fupress.com

Journal of SITdA (Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura)

SITdA

Società Italiana della Tecnologia
dell'Architettura

RESILIENZA ARCHITETTONICA
ARCHITECTURAL RESILIENCE

NOTA *NOTE*

7 | Nota
Note
Maria Teresa Lucarelli

PROLOGO *PROLOGUE*

9 | Equilibrio dinamico. Mutazioni e proiezioni della nuova architettura
Dynamic balance. Developments and predictions in current architecture
Emilio Faroldi

DOSSIER a cura di/*edited by* Mario Losasso

16 | Progetto, Ambiente, Resilienza
Design, Environment, Resilience
Mario Losasso

21 | Riflessioni su un percorso storico-critico. Dalla pianificazione economico-sociale del XX secolo alla resilienza degli anni 2.0
Observations regarding a historical/critical process. From 20th-century socio-economic planning to resilience in the 2.0 era
Ferdinando Terranova

27 | Is there something we can do? Le città del Mediterraneo di fronte al cambiamento climatico
Is there anything we can do? Mediterranean cities in the face of climate change
Josep Bohigas, Marc Montlleó

31 | Resilienza e progetto urbano: cosa ci insegnano le alluvioni del 2016 in Francia?
Resilience and urban design: what does the French flood of 2016 teach us?
Bruno Barroca, Chantal Pacteau

39 | Ripensare la resilienza, progettare la città attraverso il suo metabolismo
Rethinking resilience, design the city through its metabolism
Michelangelo Russo

45 | Non muri sed mentes. Progettare, trasgredire e tutelare
Non muri sed mentes. Designing, trasgressing, and protecting
Andrea Sciascia

51 | La resilienza verso eventi estremi come chiave della sostenibilità delle città del futuro
Resilience to extreme events as a requirement for sustainability of future cities
Domenico Asprone, Gaetano Manfredi

55 | Materiali nel design e resilienza
Material in design and resilience
Niccolò Casiddu

60 | Resilienza e cultura tecnologica: la centralità del metodo
Resilience and technological culture of design: the centrality of method
Maria Teresa Lucarelli, Marina Rigillo

SCATTI D'AUTORE *ART PHOTOGRAPHY* a cura di/*edited by* Marco Introini

65 | Pietra di Langa
Langa Stone

CONRIBUTI ***CONTRIBUTIONS***

SAGGI E PUNTI DI VISTA *ESSAYS AND VIEWPOINTS*

71 | Sistemi a esoscheletro adattivo per la resilienza dell'ambiente costruito
Adaptive exoskeleton systems for the resilience of the built environment
Oscar Eugenio Bellini, Alessandra Marini, Chiara Passoni

81 Il patrimonio delle comunità resilienti. Mappe e codici nell'Italia dei terremoti
The heritage of resilient communities. Maps and codes in Italy's earthquake zones
Emilia Corradi, Andrea Gritti

92 *Scenario's evaluation by design*. Un approccio "per scenari" al tema della resilienza
Scenario's evaluation by design. A "scenarios approach" to resilience
Roberto Di Giulio, Luca Emanueli, Gianni Lobosco

101 Anticipazione progettuale come strumento per la resilienza sociale dell'ambiente costruito
Project anticipation as a tool for built environment social resilience
Daniele Fanzini, Irina Rotaru

108 Problematiche di conservazione nell'area di Fener - Balat, nel contesto della resilienza
Conservation issues in Fener - Balat region in the context of resilience
Emre Kishali, Elisabetta Rosina

116 Il ruolo delle *Nature-Based Solutions* nel progetto architettonico e urbano
The role of Nature-Based Solutions in architectural and urban design
Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia, Luca Bisogni, Sergio Malcevschi

124 *Knowledge management* e resilienza dei sistemi urbani e territoriali
Knowledge management and resilience of urban and territorial systems
Giancarlo Paganin, Cinzia Talamo, Nazly Atta

134 The third space_tra terra e mare
The third space between land and water
Marina Tornatora

143 L'esperienza del *Regenerative Design* nel dibattito su ambiente costruito e resilienza
The Regenerative Design experience in the built environment and resilience discussion
Corrado Trombetta

153 Resilienza ed economie *green* per il futuro dell'architettura e dell'ambiente costruito
Resilience and green economies for the future of architecture and the built environment
Fabrizio Tucci

RICERCA E SPERIMENTAZIONE *RESEARCH AND EXPERIMENTATION*

165 Infrastrutture sportive complesse e resilienza urbana: tecnologie e paradigmi
Complex sports infrastructure and urban resilience: technologies and paradigms
Davide Allegri, Maria Pilar Vettori

175 Progetto MoNGUE per lo sviluppo sostenibile del Mozambico
MoNGUE project for the sustainable development of Mozambique
Liala Baiardi, Valentina Puglisi

184 Resilienza e sostenibilità per il riuso del patrimonio costruito
Resilience and sustainability for the reuse of cultural heritage
Daniela Besana, Alessandro Greco, Marco Morandotti

193 Bologna città resiliente: dal piano di adattamento alle azioni locali
Bologna resilient city: from the adaptation plan to local actions
Andrea Boeri, Giovanni Fini, Jacopo Gaspari, Valentina Gianfrate, Danila Longo

203 Metodologia circolare *site-specific* per la resilienza dei quartieri urbani: il Green City Circle
Site-specific circular methodology for the resilience of existing districts: the Green City Circle
Saveria Olga Murielle Boulanger, Marco Marcatili

212 Sant'Agabio Resiliente: inclusione e solidarietà per l'ambiente urbano
Sant'Agabio Resiliente: inclusion and solidarity for the urban environment
Paolo Carli, Luca Maria Francesco Fabris, Guido Granello

219 Il costruito come fattore di rischio urbano
Buildings as an urban risk factor
Roberto Castelluccio

228 Sistemi prefabbricati ad alta resilienza per l'edilizia industriale in aree sismiche
High resilience prefabricated systems for the industrial buildings in seismic areas
Eleonora Chesi, Paola Perazzo, Chiara Calderini, Andrea Giachetta

237 Valutare la vulnerabilità urbana ai cambiamenti climatici e alle isole di calore urbano
Assessing climate change and urban heat island vulnerabilities in a built environment
Giacomo Chiesa, Massimo Palme

246 Vulnerabilità climatica, scenari di impatto e strategie di adattamento per la città resiliente
Climate vulnerability, impact scenarios and adaptation strategies for resilient cities
Valeria D'Ambrosio

257 Resilienza urbana dei centri storici italiani. Strategie di pianificazione preventiva
Urban resilience in the historical centres of Italian cities and towns. Strategies of preventative planning
Alessandro D'Amico, Edoardo Currà

269 *Workflow* computazionale per architetture resilienti
Computational workflow for resilient architectures
Angelo Figliola, Monica Rossi

279 Ripensare il margine: ambiente costruito e resilienza nella città informale
Rethinking the edge: the built environment and resilience in the informal city
Paola Gallo, Rosa Romano

291 Impatti ambientali LCA del patrimonio residenziale europeo e scenari di prevenzione
LCA environmental impacts of Europe's housing stock and prevention scenarios
Monica Lavagna, Serenella Sala

299 Metodi progettuali multiscalari e mitigazione adattiva per la resilienza climatica delle città
Multi-scale and adaptive-mitigation design methods for climate resilient cities
Mattia Federico Leone, Jeffrey Raven

311 Resilienza e strategie di trasformazione per una qualità dell'abitare in divenire
Resilience and transformation strategies for a becoming housing quality
Luciana Mastrolonardo, Donatella Radogna, Manuela Romano

323 La resilienza del *curtain wall* ad eventi atmosferici eccezionali
Exceptional atmospheric events resilience of the curtain wall
Angela Mejorin, William Douglas Miranda, Dario Trabucco

331 Progettare la resilienza: un contributo al City Resilience Framework
Designing resilience: a contribution to the City Resilience Framework
Ilaria Montella, Chiara Tonelli

341 Reti Bayesiane come resilience tool per processi decisionali in condizioni di incertezza
Bayesian networks as a resilience tool for decision-making processes in uncertainty conditions
Federico Novi

348 Resilienza e ambienti urbani aperti. Misure di adattamento e di mitigazione a confronto
Resilience and open urban environments. Comparing adaptation and mitigation measures
Paola Marrone, Federico Orsini

358 Un rating system per la resilienza degli edifici
A rating system for building resilience
Fulvio Re Cecconi, Nicola Moretti, Sebastiano Maltese, Mario Claudio Dejaco, John M. Kamara, Oliver Heidrich

DIALOGHI *DIALOGUES* a cura di/*edited* by Maria Pilar Vettori

366 Resilienza fra competenze multidisciplinari e coscienza collettiva
Resilience: a combination of multidisciplinary expertise and collective consciousness
Un Dialogo tra | *A Dialogue between* Laura Daglio e | *and* Piero Pelizzaro

373 RECENSIONI *REVIEWS* a cura di/*edited* by Francesca Giglio

375 Gunter Pauli, *Blue Economy 2.0. 200 progetti implementati, 4 miliardi di dollari investiti, 3 milioni di nuovi posti di lavoro creati*
Donatella Radogna

377 Ernesto Antonini, Fabrizio Tucci (a cura di), *Architettura, Città e Territorio verso la GREEN ECONOMY*
Teresa Villani

379 Filippo Angelucci, Rui Braz Afonso, Michele Di Sivo, Daniela Ladiana, *The technological design of resilience landscape. Il progetto tecnologico del paesaggio resiliente*
Antonella Violano

Workflow computazionale per architetture resilienti

Angelo Figliola[a], Monica Rossi[b],
[a]Dipartimento di Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura, Università La Sapienza di Roma, Italia
[b]Institut für Hochbau, Baukonstruktion und Bauphysik, HTWK Leipzig, Germania

angelo.figliola@uniroma1.it
monica.rossi@htwk-leipzig.de

Abstract. Il contributo presenta i risultati di una ricerca applicata finalizzata allo sviluppo di una metodologia operativa e del relativo *workflow* computazionale per la progettazione di architetture resilienti in grado di rispondere in maniera responsiva al variare delle condizioni ambientali. La metodologia proposta consiste in un processo di *form searching* che prevede una serie di fasi consequenziali e interrelate finalizzate, alla riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio e al miglioramento delle condizioni di confort indoor e outdoor. L'analisi dei processi, oltre a definire i limiti e le potenzialità dell'approccio progettuale proposto, apre il dibattito sugli strumenti di progettazione parametrica che permettono di esplorare sistematicamente lo spazio delle opportunità progettuali.

Parole chiave: architetture resilienti, performance – based design, digital form – finding, computational workflow, efficienza energetica.

Architettura resiliente e informazione dei processi

Il concetto di resilienza in riferimento ad un'architettura identifica la capacità della stessa di assorbire gli stress a cui è sottoposta e di adeguarsi ai cambiamenti esterni di ogni tipo, al fine di ridurre il fabbisogno di risorse primarie e l'impatto ambientale. È possibile operare un parallelismo tra il concetto di architettura resiliente e quello di architettura responsiva in quanto in entrambi i casi l'organismo edilizio assume la capacità di mediare e reagire in maniera dinamica agli input esterni, fungendo da interfaccia tra due sistemi complessi: quello spazio-funzionale interno e quello ambientale esterno, influenzato da fattori climatici ed ambientali (Turrin, 2014). Affinché tale relazione risulti resiliente è possibile sfruttare le potenzialità di alcune innovazioni tecnologiche come dispositivi responsivi cinetici o basati sull'utilizzo di materiali innovativi. Se i benefici derivati dal loro utilizzo rappresentano un dato di fatto, altrettanto evidenti sono le criticità quali l'elevato costo e la difficoltà di applicazione a scale progettuali differenti. Al fine di ottimizzare il processo progettuale di edifici responsivi, negli ultimi anni sono stati messi a punto sistemi di informazione dei processi progettuali *performance–based* PB, (Kolarevic e Malkawi, 2005) finalizzati alla messa a punto di metodologie operative innovative sulla base delle quali la generazione formale viene informata dalle *performance* che diventano input progettuale piuttosto che mero parametro quantitativo di verifica (Fig.1). La responsività visivamente dinamica, ottenuta mediante la riconfigurazione morfologica dei sistemi diventa statica attraverso l'informazione dei processi progettuali. All'interno di questo scenario la computazione digitale e gli strumenti parametrici svolgono un ruolo fondamentale in virtù della loro capacità di concentrare in un unico *workflow:* generazione formale, simulazione di fenomeni e ottimizzazione delle prestazioni. La metodologia operativa prevede la definizione di un meta-design (Kolarevic, 2015) attraverso il quale definire i limiti del *form searching* e al contempo di stimolare il processo creativo. A riguardo, risulta necessario avviare una riflessione sulla metodologia progettuale e sul relativo apparato strumentale, *toolkit*, da impiegare nella progettazione di architetture resilienti in grado di semplificare il processo progettuale e facilitare l'analisi dei risultati per agevolare il processo decisionale. Lavorare sul concetto di resilienza, intesa come capacità intrinseca dei luoghi e degli edifici di ripristinare le condizioni di equilibrio del sistema, permette di trasformare sistemi *low performance - high carbon* in sistemi *high performance - low carbon* e creare vere e proprie *living comunities* (Coyle, 2011) che agiscono e interagiscono come organismi naturali, in grado di operare da agenti concilianti piuttosto che di compromesso tra due forze contrapposte di attivazione e restrizione.

Computational workflow for resilient architectures

Abstract. The paper shows the results of an applied research aimed at developing an operative methodology and its corresponding computational workflow for the design of resilient architectures able to responsively react to the variation of the environmental conditions. The proposed methodology consists in a form-searching process built-up by a series of consequential and interrelated phases aimed at reducing the energy needs of the building and improving indoor and outdoor comfort conditions. The analysis of the processes, above defining the limits and potentials of the chosen design approach, opens the debate on parametric tools that allow to systematically explore the space o design possibilities.

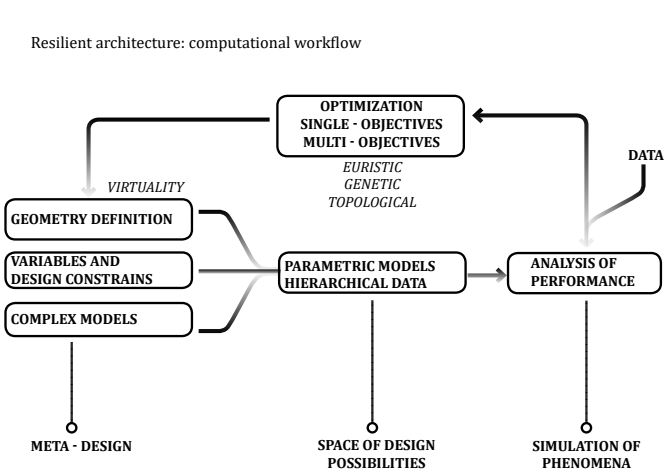
Keywords: resilient architectures, performance – based design, digital form - finding, computational workflow, energy efficiency.

Resilient architectures and informative processes

The concept of resilience relating to architecture identifies its ability to absorb stresses to which it is exposed and to adapt to external changes of any kind in order to reduce the demand for primary resources and its subsequent environmental impact. It is possible to find a parallelism between the concept of resilient architecture and responsive architecture as in both cases the architectural organism assumes the ability to mediate and react dynamically to external inputs acting as an interface between two complex systems: the internal space and the external environmental one, influenced by climatic and environmental factors (Turrin, 2014). In order for this relationship to be resilient, it is possible to exploit the potential of some technological innovations such as kinetic devices or based on the use of innovative materials. If the benefits deriving from their use are a fact, also critical issues such as the high cost and the difficulties of application at different design scale are obvious. In the last few years, information systems for performance-based (PB) design processes have been developed in order to optimize the design process of responsive buildings (Kolarevic & Malkawi, 2005) aimed at fine-tuning innovative operative methodologies based on which the formal generation process is informed by the performances that become design input rather than a mere quantitative parameter used to verify building performances (Fig. 1). The visually dynamic responsiveness, obtained through the morphological reconfiguration of the systems, becomes static through the information of the design processes. Within this scenario, digital computation and para-

ISSN online: 2239-0243 | © 2018 Firenze University Press | http://www.fupress.com/techne
DOI: 10.13128/Techne-22152

01 | Diagramma della metodologia operativa per architetture resilienti, disegno di Angelo Figliola
Diagram of the operative methodology for resilient architecture, designed by Angelo Figliola



Strategia *data-driven*

L'utilizzo di dati nel processo progettuale rappresenta una delle maggiori opportunità offerta dalla computazione digitale e dalle tecnologie emergenti. La possibilità di accedere a una quantità pressoché illimitata di dati, la crescente capacità di processarli per estrarre informazioni utili alla risoluzione di determinate problematiche e l'economicità di questi processi, cambia inevitabilmente le modalità di progettazione. La loro influenza nel settore delle costruzioni ha favorito la definizione di un nuovo paradigma progettuale che prevede l'impiego di dati come combustibile per alimentare il processo creativo e incrementare la qualità delle scelte effettuate (Deutsch, 2015). Questa strategia può essere definita come *data-driven design* (Proving Ground, 2016) e la sua applicazione nella pratica architettonica-costruttiva è favorita dall'impiego di tecniche generative e parametriche di progettazione e in generale dall'ubiquità della computazione digitale. Con il termine *data-driven* si identifica un processo attraverso il quale dati qualitativi e quantitativi vengono utilizzati come parametri guida al fine di prendere decisioni progettuali informate. Il riferimento alla curva di *MacLeamy*è evidente quanto appropriato: l'informazione del processo progettuale nella fase preliminare permette di massimizzare l'impatto delle scelte effettuate in termini prestazionali e diminuire i costi relativi alla loro applicazione. L'applicazione della strategia sopra descritta nella *early-stage* della progettazione di architetture PB ha portato allo sviluppo di numerose ricerche (Raji et al., 2017) perlopiù focalizzate all'esplorazione della relazione che intercorre tra forma e performance energetiche, in relazione alle differenti zone climatiche di applicazione. L'analisi dello stato dell'arte evidenzia come la valutazione delle performance sia perlopiù legata alla variazione di un singolo *benchmark* relativo alla geometria dell'edificio. I risultati ottenuti hanno dimostrato come la variazione di un singolo parametro non può essere significativo per valutare le performance energetiche di sistemi complessi quali gli edifici.

Adaptive Building & Skin, AB&S

La ricerca presentata in questo articolo e denominata *Adaptive Building & Skin* (AB&S), si inserisce nel campo del *data-driven strategy* con l'intento di sviluppare una metodologia operativa innovativa, supportata da un *workflow* computazionale, per la progettazione di architetture resilienti. Elemento innovativo della ricerca è la messa a punto di un *toolkit* che è in grado di gestire, in aree climatiche differenti, le diverse scale del progetto: urbana, edilizia e di dettaglio, sulla base di un processo di *digital form finding* strutturato in tre fasi consequenziali in cui gli output della fase precedente costituiscono gli

metric tools play a fundamental role by virtue of their ability to concentrate in a single workflow the morphological generation processes, the simulation of phenomena and the optimization of the performance. The operative methodology foresees the definition of a meta-design (Kolarevic, 2015) through which to define the limits of the form searching and at the same time to stimulate the creative and explorative process. In this regard, it is necessary to start a reflection on the design methodology and the related instrumental apparatus, *toolkit*, to be used in the design of resilient architectures and capable of simplifying the design process and facilitating the analysis of results to facilitate decision making. Working on the topic of resilience, as the intrinsic capability of places and buildings to restore the equilibrium of the system, allow to transform low performance - high carbon systems into high performance - low carbon systems (Coyle, 2011) that act and interact as natural organisms able to operate as conciliatory agents rather than as compromise agents between two opposing forces of activation and restriction.

Data-driven strategy

The use of data in the design process, represent one of the big opportunities offered by digital computation and emerging technologies. The possibility to access an almost unlimited quantity of data, the growing ability to process them to extract information useful for resolving certain issues and the cost-effectiveness of these processes inevitably change the way we design. Their influence in the construction sector has led to the definition of a new design paradigm that involves the use of data as fuel to feed the creative process and increase the quality of the choices made (Deutsch, 2015). This strategy can be defined as data-driven design (Proving Ground, 2016) and its application in the architectural practice is favoured by use of generative and parametric design techniques and in general by the ubiquity of digital computing. In summary, the term data-driven identifies a process through which qualitative and quantitative data are used as driving parameters in order to make informed design decisions. The Reference to *MacLeamy's* curve is evident as appropriate: the information of the design process in its early stage allows to maximize the impact of design choices in terms of performance and to decrease the costs related to their application. The application of the strategy described above at the early-stage of the design of PB architectures has led to the development of numerous researches (Raji et al., 2017) mainly focused on the exploration of the relationship between form and energy performance, in relation to different climate zones of application. The analysis of the state of the art shows how the performance evaluation is mostly linked to the variation of a single benchmark related to the geometry of the building, the compactness; the obtained results showed how the variation of a single parameter cannot be significant to evaluate the energy performances of complex systems such as buildings.

Adaptive Building & Skin, AB&S

The proposed research, called *Adaptive Building & Skin* (AB&S), is part of the data-driven strategy with the aim of developing an innovative operative methodology, supported by a computational workflow, for the design of resilient architectures. The innovative element

input per la fase successiva. I *toolkit* attualmente a supporto dei progettisti nella concezione di edifici PB possono essere ricondotti a tre categorie: software di verifica rapida, CFD e programmi per la valutazione del comfort outdoor. I programmi della prima categoria, spesso sviluppati in ambito accademico (e.g. *CasaNova*, *ArchiSUN*), non supportano geometrie complesse e forniscono come output solo i dati relativi al consumo energetico. Quelli appartenenti alla seconda categoria (e.g. *Energy Plus, Trynsis*) forniscono output anche sul livello di confort indoor, gestiscono geometrie complesse, ma per il loro utilizzo sono necessarie competenze specifiche differenti da quelle del progettista e sono estremamente costosi. I software della terza categoria, seppur vantaggiosi dal punto di vista economico, forniscono solo informazioni sul comfort outdoor. In riferimento alla panoramica sugli strumenti disponibili, AB&S risulta innovativo in quanto si propone di quantificare già nelle prime fasi del processo progettuale il fabbisogno energetico e il livello di comfort indoor e outdoor in relazione alla variazione morfologica.

AB&S non vuole sostituirsi al progettista nella definizione formale e costruttiva dell'edificio, ma intende costituire un supporto alla progettazione, individuando non un'unica possibile soluzione, ma un range di soluzioni, calcolando per ognuna di queste le conseguenze in termini di consumo energetico per riscaldamento e raffrescamento e livello di comfort indoor e outdoor. È il progettista a scegliere tra le possibili soluzioni quella che intende perseguire e inserire come input nella fase successiva.

Nello specifico, gli obiettivi di AB&S possono essere così riassunti:

– semplificare il processo di generazione formale attraverso la creazione mediante un software di *visual scripting* di un *tool* intuitivo[1] che permette di esplorare lo spazio delle possibilità progettuali integrando le simulazioni energetico-ambientali nello stesso *workflow*;
– riunire in un unico *workflow* i principali *stakeholders* coinvolti nel processo progettuale per definire obiettivi, generare alternative, eseguire analisi, valutare le opzioni e prendere decisioni;
– semplificare la fase decisionale dei processi progettuali sulla base di parametri qualitativi e quantitativi (*benchmark*s);
– limitare il fabbisogno di risorse primarie, l'impatto ambientale e di conseguenza ridurre la vulnerabilità dell'ambiente costruito.

W*orkflow* computazionale per architetture resilienti

La metodologia proposta prevede il conseguimento di una serie di obiettivi intermedi che concorrono al raggiungimento di una soluzione progettuale ottimizzata i cui *benchmark* sono la riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio [kWh/m^{2}a]; il miglioramento delle condizioni di confort indoor (PMV, *Predict Mean Vote* [-]) e outdoor (UTCI, *Universal Thermal Climate Index* [°C]) in relazione alle differenti aree climatiche in cui il progetto è collocato. In riferimento alle molteplici e consolidate linee di ricerca sulle tematiche dell'architettura resiliente, il *workflow* proposto presenta il suo aspetto innovativo nell'approccio multi-scalare e multisettoriale come "intelligente integrazione tra tecnologia e natura" (7Group at al., 2011). L'approccio integrativo al progetto permette di lavorare sulle potenzialità dell'intero sistema partendo dalla consapevolezza che ottimizzare indipendentemente le singole fasi del processo progettuale tende a peggiorare le prestazioni del sistema

is a toolkit that can handle the different scales of the design project (urban, building and detail scale) in different climate zones, based on a *digital form finding* process and structured in three consecutive phases in which the output of the previous phase is the input for the next phase. The toolkits currently supporting designers in the design of PB buildings can be divided into three categories: rapid verification software, CFDs and programs for the evaluation of outdoor comfort. The programs of the first category, often developed in the academic field (e.g. CasaNova, ArchiSUN) do not support complex geometries and supply as output only the data related to the energy demand. Those belonging to the second category (e.g. Energy Plus, Trynsis) also provide output on the level of indoor comfort, manage complex geometries, but for their use specific skills are needed, different from those of the designer and are extremely expensive. The third category software, although advantageous from the economic point of view, only provide information on outdoor comfort. With reference to the overview of the available tools, AB&S aims to innovate the design process by integrating in the early-stage the assessment of the energy needs and the level of indoor and outdoor comfort in relation to the morphological variation. AB&S does not want to replace the designer in the spatial and constructive definition of the building, but intends to support the design, not identifying a single possible solution, but rather a range of solutions; calculating for each of them the consequences in terms of energy consumption for heating, cooling and the corresponding level of indoor and outdoor comfort. It is the designer who chooses from the range of possible solutions the one he intends to pursue and insert as input in the next phase.

Specifically, the AB&S objectives can be summarized as follows:

– to simplify the generative process through the proposition of an intuitive tool[1] that allows to explore the space of design possibilities with the integration of environmental and energetic simulations in the same workflow;
– to unite in a single workflow the main stakeholders involved in the design process in order to define objectives, generate alternatives and perform analyses, evaluate options and make decisions;
– to simplify the decision-making phase of design processes based on qualitative and quantitative parameters (benchmarks);
– to limit the consumption of primary resources, the environmental impact and consequently reduce the vulnerability of the built environment.

Computational workflow for resilient architectures

The proposed methodology foresees to obtain a series of intermediate objectives that contribute to the achievement of an optimized design solution that presents as benchmark parameters the reduction of energy consumption of the building [kWh/m^{2}a] and the improvement of indoor comfort conditions (PMV, Predict Mean Vote [-]) as well as outdoor (UTCI, Universal Thermal Climate Index [°C]) in relation to the different climate zones in which the project is located. Referring to the many and consolidated research paths on the issues of resilient architecture, the proposed workflow presents its innovative aspect in the multi-scalar and multi-sector approach as "intelligent

nel suo complesso. L'utilizzo di AB&S facilita la collaborazione tra esperti di differenti settori e facilita l'integrazione del know-how a disposizione in relazione alle varie tematiche. Nello specifico, la metodologia operativa proposta è alla base di un processo sistematico, collaborativo e iterativo che prevede i seguenti step:

– formulazione della gamma di alternative progettuali da esplorare da parte del team di progettazione;
– generazione delle alternative, dove viene definita la struttura gerarchica dei dati attraverso sistemi parametrici per produrre cataloghi digitali di soluzioni progettuali;
– analisi delle performance in relazione ai parametri performativi scelti come *benchmarks*;
– visualizzazione dei dati e facilitazione del processo decisionale.

Il *workflow* computazionale è organizzato secondo le seguenti scale del progetto (Fig. 2):

Micro-urbana – Partendo dalle richieste della committenza come la funzione e la superfice interna lorda dell'edificio (input) il *toolkit* genera un catalogo digitale di soluzioni progettuali di cui definisce volume ed orientamento dell'edificio rispetto ai punti cardinali (output) che garantiscono un fattore di forma (S/V), in grado di ottimizzare i consumi energetici per il luogo specifico di progetto. Definito il volume e l'orientamento, si definisce la sua collocazione nel lotto (output) ottimizzando sia il fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffrescamento che il livello di comfort outdoor (UTCI).

Edifico – Sulla base della morfologia dell'edificio e la sua collocazione nel sito (input), definiti nella fase precedente, viene ottimizzato il rapporto tra superficie opaca e trasparente (output) nelle quattro facciate al fine di minimizzare il consumo energetico per il riscaldamento, il raffrescamento e l'illuminazione.

Involucro – Nell'ultimo step viene progettato l'involucro partendo dal rapporto tra superficie opaca e trasparente (input) determinato in precedenza. Le performance delle differenti soluzioni di involucro sono verificate su una test-room virtuale dotata di cinque superfici adiabatiche[2] e una con l'involucro da valutare. Le differenti soluzioni sono generate diversificando la morfologia della superficie i materiali della parete opaca e di quella trasparente. Nell'ottimizzazione dell'involucro, basata sulle decisioni dei progettisti e sui vincoli economici della committenza, i *benchmark*s utilizzati sono il fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffrescamento e livello di comfort indoor (PMV).

Gli aspetti teorici e metodologici precedentemente elencati sono stati traslati in un *workflow* computazionale utilizzando il programma di modellazione 3D, *Rhinoceros*©, e un *plug-in open source*, *Grasshopper*© Gh[3], che hanno permesso di semplificare il processo di generazione formale e di analisi delle performance rendendolo accessibile anche agli utenti non esperti o comunque non in possesso di conoscenze specifiche di computazione digitale. Parte dello stesso *workflow* è l'analisi energetico-ambientale condotta attraverso l'*add-on* di Gh *Honeybee,* come interfaccia grafica del software *OpenStudio*©, per la costruzione delle zone climatiche, e *Energy Plus*© come motore di calcolo. Un ulteriore *add-on*, *Ladybug*[4], viene utilizzato per importare il file climatico relativo al sito nel quale il progetto è collocato scegliendo il file climatico in formato *EPW* in diretta connessione con il sito dell'Organizzazione Mondiale Metereologica. Infine, per la costruzione delle stratigrafie sia opache che trasparenti è stata utilizzata l'integrazione con i *software Window*© e *Therm*© sviluppati dal Laboratorio LBNL di Berkeley. L'impiego di questi *tools* non fa altro che semplificare e rendere intuitivo il processo di simulazione e analisi

integration between technology and nature" (7Group et al., 2011). The integrative approach to the design process allows to work on the potentials of the entire system starting from the awareness that optimizing every single phase of the project tends to worsen the performance of the system as a whole. To build-up and explore a series of design opportunities, the design team needs an intuitive toolkit through which it facilitates the collaboration between different professions and integrate the know-how at disposal on the different topics.

Specifically, the proposed operating methodology forms the basis for a systematic, collaborative and iterative process that includes the following steps:

– formulation of the range of design alternatives to be explored by the design team;
– generation of alternatives, where the hierarchical structure of data is defined through parametric systems to produce digital catalogues of design solutions;
– analysis of performance in relation to the parameters chosen as benchmarks;
– data visualization and decision-making facilitation.

The computational workflow is organized according to the following project scales (Fig. 2):

Micro-Urban scale – Starting from the requests of stakeholders, as the functional programme and the gross indoor surface area of the building (input), the toolkit generates a digital catalogue of design solutions of which it defines the volume and the orientation of the building in relation to the cardinal points (output) which provide a form factor, S / V, able to optimize energy consumption for the specific project site. Defined the volume and the orientation, the next phase will define the position on the building site (output) optimizing both the energetic consumption for heating and cooling and the level of outdoor comfort (UTCI).

Building scale – On the basis of the morphology of the building and its location on the site (input) as defined in the previous phase, the ratio between opaque and transparent surface (output) in the four façades is optimized in order to minimize the energy consumption for heating and cooling and lighting.

Skin scale – In the last step the envelope is designed starting from the relationship between the opaque and transparent surface (input) as determined previously. The performances of the different skin solutions are verified in a virtual test-room equipped with five adiabatic surfaces[2] and one with the envelope to be evaluated. The different solutions are generated by diversifying the morphology of the surface, the materials of the opaque and transparent walls. In the optimization of the envelope, based on the decisions of the designers and the economic constraints of the client, the benchmarks used are the energy demand for heating and cooling and the level of indoor comfort (PMV).

The theoretical and methodological aspects previously mentioned were translated into a computational workflow using the 3D modelling program Rhinoceros©, and an open source plug-in, Grasshopper© Gh[3], which allow to simplify the process of formal generation and the analysis of performance, making it accessible also to non-expert users or in any case not in possession of specific knowledge of digital computation. Part of the same workflow is the energy-environmental analysis conducted through the add-on of Gh

02 | Workflow computazionale e metodologia progettuale data-driven: step consequenziali all'interno di una logica input-output, disegno di Angelo Figliola

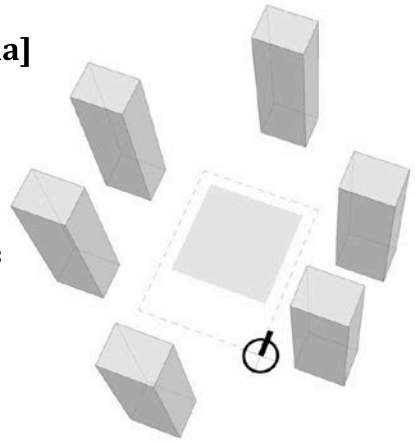
Computational workflow and data-driven design methodology: sequential steps into an input-output design logic, designed by Angelo Figliola

[1 / Micro-urbana]

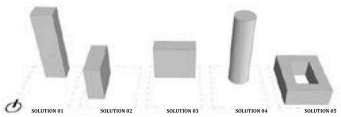
Urban site
Climatic area

Design requirements

Surface (m2)
Public space (m2)
Programm

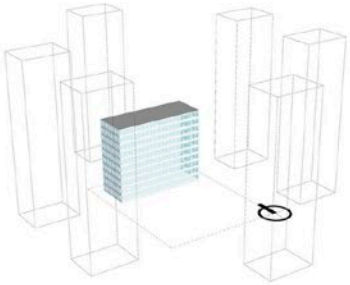


Building orientation
Building dimension (x, y, z)
S/V ratio
Urban green %



Energy for cooling and heating kwh/m2 a
UTCI outdoor comfort

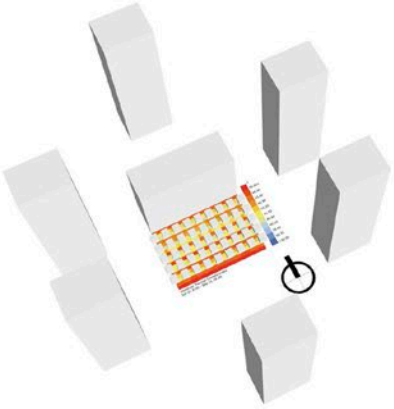
(DESIGN DATA) **(INPUT)** **(OUTPUT)**



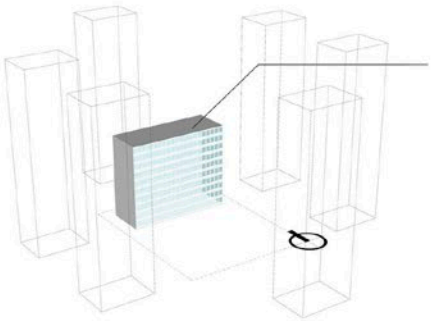
Energy for cooling and heating kwh/m2 a

Glazing Ratio GR
Windows to Walls ratio

Building morphologies
Building position on site

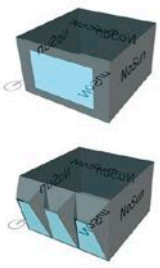


(OUTPUT) **(INPUT)** **[2 / Building]**



Glazing Ratio GR
Windows to Walls ratio

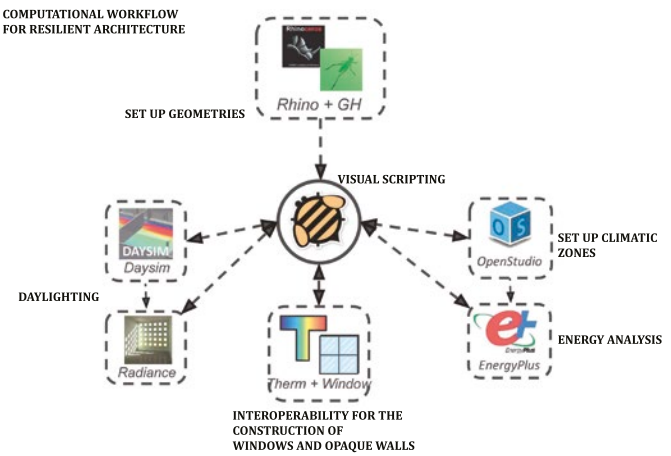
Glazing types
Materials
Opaque wall



Energy for cooling and heating kwh/m2 a
PMV
PPD

[3 / Building Skin] **(INPUT)** **(OUTPUT)**

03 | Cluster per la semplificazione del processo di generazione formale al variare dei dati utilizzati come input in sinergia tra i differenti attori coinvolti nel processo progettuale, disegno di Angelo Figliola
Cluster for the simplification of the generative process at the variation of the data utilized as input in synergy with the different stakeholders involved in the design process, designed by Angelo Figliola



delle performance creando una relazione di *feedback loop* tra generazione formale e parametri quantitativi derivati dal calcolo.

_AB&S_ 2.0: output sperimentale

A seguito di una sperimentazione di *AB&S* nel progetto di un edificio per uffici localizzato a Berlino[5] si è deciso di ottimizzare e verificare ulteriormente il *workflow* in una zona climatica differente ed in particolare ad Abu Dhabi, area climatica desertica o semi-desertica. In questa seconda sperimentazione il *workflow* si arricchisce di un *tool* semplificato, in grado di agevolare il processo di generazione formale al variare dei dati utilizzati come input in sinergia tra i differenti attori coinvolti nel processo progettuale. Il *cluster* è costituito da un semplice modello parametrico che crea alternative a partire da input progettuali grazie al quale le informazioni vengono strutturate per generare le diverse ipotesi progettuali e successivamente condurre le analisi energetico-ambientali.
Micro-urbana – A partire da dati prestabiliti come le dimensioni del sito, la superficie utile lorda che si intende realizzare e i dati climatici di Abu Dhabi, viene utilizzato il *cluster* per generare diverse ipotesi progettuali (morfologia dell'edificio) (Fig. 3). Il modello parametrico è stato strutturato in modo che possano essere generati solo volumi riconducibili ad edifici realizzabili e fornendo ai progettisti la possibilità di variare in maniera intuitiva le coordinate geometriche (x, y, z, raggio e diametro). La morfologia viene definita da parametri come l'altezza e il numero dei piani, il volume e la superfice esterna. Tali parametri, definiti al fine di determinare un fattore di forma S/V ottimale per la zona climatica scelta, possono essere in parte fissati dal progettista o lasciati generare direttamente dal *tool*. In questa prima fase sono state analizzate cinque ipotesi progettuali tenendo in considerazione i parametri sopra elencati e valutando i consumi energetici su base annuale espressi in kWh/m^{2}a. Il rapporto S/V rappresenta un parametro da monitorare in relazione ai consumi energetici. La forma che garantisce i consumi minori, dati i vincoli progettuali, è un parallelepipedo 40 x 15 x 33 m (10 piani di 3,3 m) e rapporto S/V di 0,22 (Fig. 4). La morfologia, output della prima fase, è propedeutica ad affrontare il problema alla scala urbana tenendo in considerazione le prescrizioni relative alla dimensione del lotto pari a 60 x 40 m e lo spazio aperto di pertinenza di circa 1000 m^2. Grazie all'intuitività del *cluster*, la manipolazione delle coordinate geometriche permette di varia-

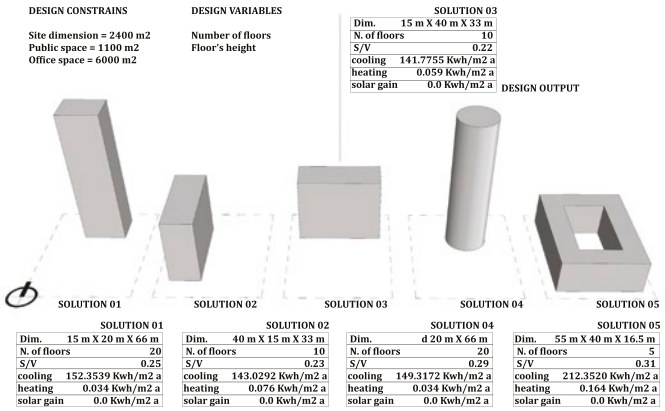
Honeybee, as a graphical interface of the software OpenStudio ©, for the construction of climate zones, and Energy Plus © as a computational engine. A further add-on, Ladybug[4], is used to import the climate file related to the site where the project is located by choosing the climate file in EPW format in direct connection with the World Meteorological Organization website. Finally, the integration of the software Window© and Therm ©, developed by the Berkeley LBNL Laboratory, was used for the construction of both opaque and transparent stratigraphy of the building skin. The use of these tools does nothing more than simplify and make intuitive the process of simulation and analysis of performance by creating a feedback loop relationship between formal generation and quantitative parameters derived from the calculation.

_AB&S_ 2.0: experimental output

Following an AB&S experimentation in the project of an office building located in Berlin[5] it was decided to further optimize and verify the workflow in a different climatic zone and in particular in Abu Dhabi, a desert or semi-desert climate area. In this second experimentation, the workflow is enriched with a simplified tool, able to facilitate the formal generation process as the used data is used as input in synergy between the different actors involved in the design process. The cluster consists of a simple parametric model that creates alternatives starting from design inputs, thanks to which the information is structured to generate the different design hypotheses and subsequently to conduct the energy-environmental analyses.
Micro-urban scale – Starting from pre-established data such as site dimensions, the gross useful area to be built and the climatic data of Abu Dhabi, the cluster is used to generate different design hypotheses (building morphology) (Fig. 3). The parametric model has been structured providing designers the ability to vary in an intuitive manner the geometric coordinates (x, y, z, radius and diameter) in the way that only buildable volumes can be generated. The morphology is defined by parameters such as the height and number of floors, the volume and the external surface. These parameters, defined in order to determine an optimal S/V shape factor for the chosen climate zone, can be partly set by the designer or allowed to be generated directly by the tool. In this first phase five design hypotheses were analyzed taking into consideration the parameters listed above and evaluating the energy consumption on an annual basis expressed in kWh/m2a. In relation to the climatic of Abu Dhabi the S/V ratio does not represent an important parameter but rather a data to be monitored in relation to energy consumption. The morphology which ensures lower consumption, given the design constraints, is a parallelepiped 40 x 15 x 33 m (10 floors of 3.3 m) and S/V ratio of 0.22 (Fig. 4). The morphology, output of the first phase, is preparatory to face the problem at the urban scale taking into account the requirements for the size of the building site equal to 60 x 40 m and the open space of about 1000 m^2. Thanks to the intuitive nature of the cluster, the manipulation of geometric coordinates makes it possible to diversify the location of the building with respect to the four cardinal points and to evaluate its energy consumption. A new evaluation parameter is introduced at this stage: the different loca-

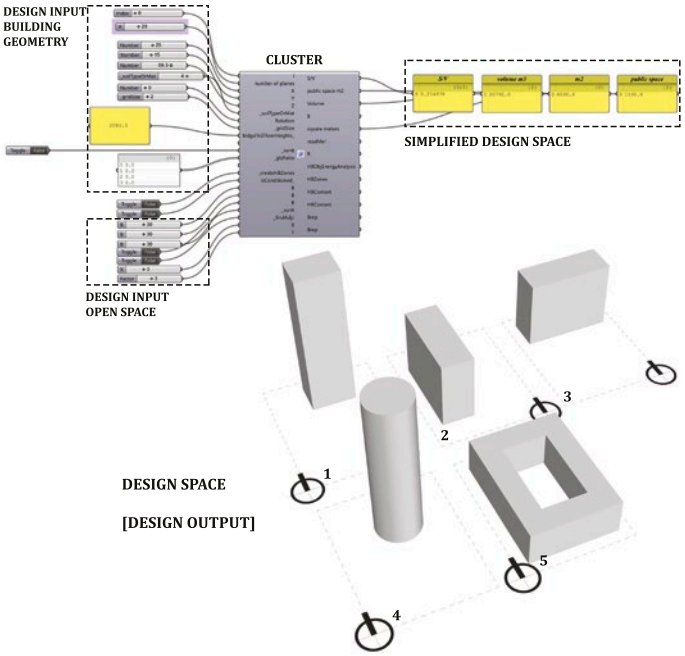
04 | Soluzioni progettuali individuate nella fase 1, micro-urbana, della metodologia operativa e valutazione dei benchmarks di progetto (cooling, heating e solar gain), disegno di Angelo Figliola

Design solutions selected in the phase 1 of the design process related to the micro-urban scale and evaluation of the design's benchmarks (cooling, heaing and solar gain), designed by Angelo Figliola



05 | Valutazione dell'indice UTCI, Universal Thermal Climate Index [°C], nella stagione estiva, giugno-settembre, variando la posizione dell'edificio sul sito di progetto e progettando lo spazio verde, disegno di Angelo Figliola

Evaluation of UTCI index, Universal Thermal Climate Index [°C], in summer season, June-September, related to the variation of the building position on project site and with the design of public green space, designed by Angelo Figliola



re la collocazione dell'edificio rispetto ai quattro punti cardinali e valutarne i consumi energetici. Un ulteriore parametro valutativo introdotto in questa fase è il livello di comfort outdoor (UTCI). Le diverse collocazioni dell'edificio sul sito sono valutate anche considerando la possibilità di aggiungere della vegetazione per mitigare lo stress climatico derivato dalle alte temperature. L'UTCI è stato calcolato considerando la stagione estiva, giugno-settembre, dato che la variazione delle temperature è minima nel corso dell'intero anno. La combinazione dei due parametri valutativi ha permesso di selezionare la soluzione ottimale: l'edificio è collocato nella porzione nord del sito con le facciate principali esposte in direzione nord-sud (Fig. 5). La presenza della vegetazione permette di mitigare lo stress termico negli spazi esterni seppure le condizioni di comfort non sono garantite.

Edifico – Una volta definita la morfologia dell'edificio e identificata la migliore collocazione sul sito di progetto, attraverso il *cluster* è possibile variare il rapporto tra superficie opaca e trasparente, *glazing ratio,* GR. In questa fase sono state analizzate cinque differenti soluzioni progettuali variando le percentuali di GR delle quattro facciate. La soluzione scelta come output presenta una percentuale di superficie vetrata pari al 40% per la parete nord e del 50% per quella sud mentre completamente opache le superfici esposte a est e ovest (Fig. 6). La scelta operata mediante l'informazione del processo computazionale ha convalidato le indicazioni della letteratura in merito (Hausladen et al. 2011).

tions of the building on the site are also evaluated according to the levels of outdoor comfort considering the possibility of adding vegetation to mitigate the climatic stress deriving from high temperatures. The UTCI has been calculated considering the summer season, June-September, since the variation in temperatures is minimal throughout the year. The combination of the two evaluation parameters made it possible to select the optimal solution: the building is located in the north portion of the site with the main façades facing north-south (Fig. 5). The presence of vegetation makes it possible to mitigate the thermal stress in outdoor spaces even if the comfort conditions are not guaranteed.

Building scale - Once the morphology of the building has been defined and the best location on the project site is identified, through the cluster it is possible to vary the ratio between opaque and transparent surface, glazing ratio, GR. In this phase, five different design solutions were analysed, varying the GR percentages of the four façades. The solution chosen as output shows a percentage of glass surface equal to 40% for the north wall and 50% for the south wall while the surfaces exposed to the east and the west are completely opaque (Fig. 6). The choice made by informing the computational process has validated the indications of the relevant literature (Hausladen et al 2011).

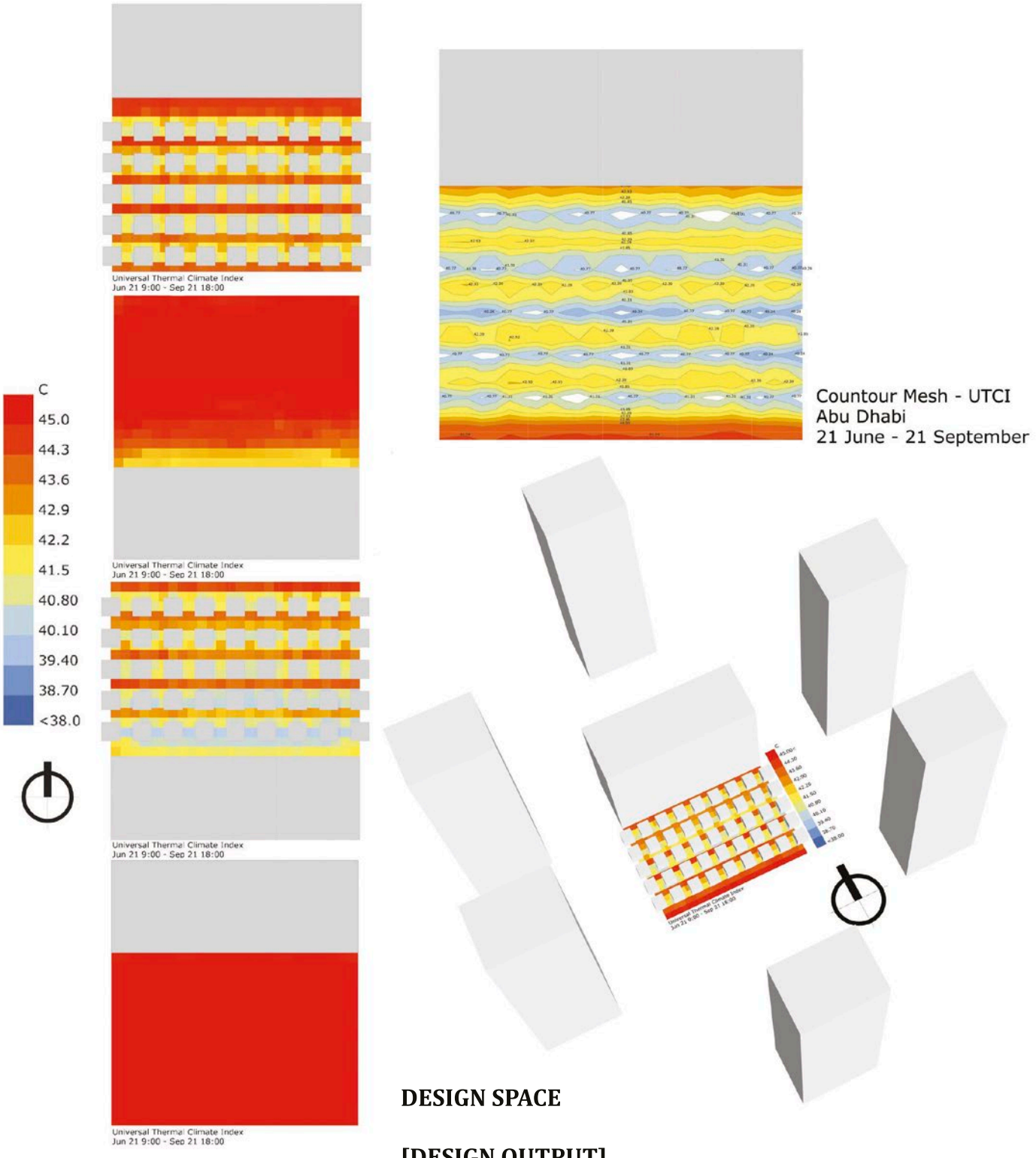
Skin scale - Starting from the GR determined in the previous phase, the study of the envelope is carried out on a test-room the size of a typical office (4.5 x 4.5 x 3.3 m), with five adiabatic surfaces and the surface-test facing south. The analysis was carried out by varying the materials of the opaque and transparent parts as well as the morphological configuration. Starting from data available in the literature, the stratigraphy of the opaque wall has been changed taking into account the maximum value of the acceptable thermal transmittance for this climatic zone, 0.42 W/mK (Al-Shaalan et al., 2014), while for the transparent surface has been considered and tested three different types of glass, mono-layer, low-e and reflective. With regard to the morphological configuration has been considered a flat surface with GR equal to 50% with three different combinations about the opaque part and transparent materials in order to assess the annual energy consumption and the indoor comfort level. The results obtained have been used as a benchmark compared to the variation of the morphological configuration. An irregular diamond surface was tested to which the same materials were applied. From the experimentation conducted it is possible to notice that only thanks to the morphology is obtained an energy saving on an annual basis and an improvement of indoor comfort (Fig. 7). Following a series of simulations, a configuration with PCM, Phase Change Material, and reflecting glass of the SunGuard Solar Silver 20 type with transmittance of 1 W/m2K, a light transmission of 17% and a solar factor of 15% was selected. The annual energy consumption, due to cooling, is 131.72 kWh/m^{2}a with a PMV between 0.0 and 0.5 for 70% of the year (Fig. 8), extremely positive values compared to the standard of tower office buildings in Abu Dhabi.

Conclusions

The conducted experimental application allowed us to test and validate the proposed methodology in the light of the introduced innovations. From

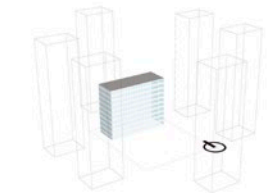
06 | Valutazione del consumo energetico dell'edificio [Kwh/m2 a], variando la percentuale di glazing ratio GR, disegno di Angelo Figliola

Evaluation of energetic consumption of the building [Kwh/m2 a], related to the variation of glazing ratio GR percentage, designed by Angelo Figliola



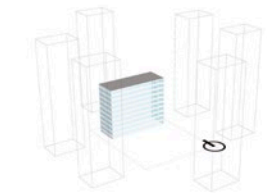
07 | Comparazione di differenti possibilità progettuali per l'involucro dell'edificio e valutazione delle performance energetiche e di comfort indoor, disegno di Angelo Figliola

Comparison of different design possibilities for the building skin configuration and energetic performances evaluation as well as the indoor comfort parameters, designed by Angelo Figliola



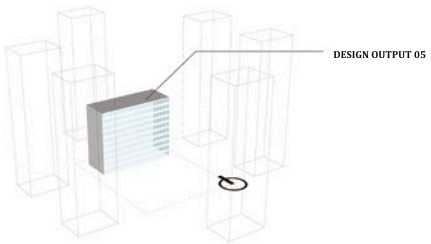
	GR		DESIGN OPTION 01
North	20%	cooling	225.6799 Kwh/m2 a
East - West	5%	heating	0.047 Kwh/m2 a
South	60%	solar gain	95.4185 Kwh/m2 a

glazing ratio %



	GR		DESIGN OPTION 02
North	20%	cooling	225.6799 Kwh/m2 a
East - West	5%	heating	0.047 Kwh/m2 a
South	60%	solar gain	95.4185 Kwh/m2 a

glazing ratio %



	GR		
North	40%	cooling	212.9609 Kwh/m2 a
East - West	0%	heating	0.042 Kwh/m2 a
South	50%	solar gain	78.4587 Kwh/m2 a

glazing ratio %

Involucro – Partendo dal GR determinato nella fase precedente, lo studio dell'involucro è effettuato su una *test-room* delle dimensioni di un ufficio tipo (4,5 x 4,5 x 3,3 m), con cinque superfici adiabatiche e la superficie-test esposta a sud. L'analisi è stata condotta variando i materiali della parte opaca e di quella trasparente oltre che la configurazione morfologica. Partendo da dati reperibili in letteratura la stratigrafia della parte opaca è variata tenendo in considerazione il valore massimo della trasmittanza termica accettabile per questa zona climatica, 0,42 W/mK (Al-Shaalan et al., 2014), mentre per la parte trasparente sono state considerate tre diverse tipologie di vetro, mono strato, *low-e* e riflettente. Per quanto riguarda la configurazione morfologica è stata considerata una superficie piana con GR pari a 50% con tre diverse combinazioni in merito a materiali della parte opaca e trasparente al fine di valutare i consumi energetici annuali e il livello di comfort indoor. I risultati ottenuti sono stati utilizzati come *benchmark* rispetto al variare della configurazione morfologica. Inoltre è stata testata una superficie diamantata irregolare alla quale sono stati applicati gli stessi materiali. Dalla sperimentazione condotta è possibile notare come solo grazie alla morfologia si ottiene un risparmio energetico su base annuale e un miglioramento del comfort indoor (Fig. 7). A seguito di una serie di simulazioni è stata selezionata una configurazione con PCM, *Phase Changing Materials*, e vetro riflettente di tipo *SunGuard Solar Silver* 20 con trasmittanza pari a 1 W/m^{2}K, una trasmissione luminosa del 17% e un fattore solare del 15%. Il consumo energetico annuale, dovuto al raffrescamento, è di 131. 72 kWh/m^{2}a con un PMV compreso tra 0.0 e 0.5 per il 70% dell'anno (Fig. 8), valori estremamente positivi rispetto allo standard degli edifici per uffici a torre ad Abu Dhabi.

Conclusioni

L'applicazione sperimentale condotta ha permesso di testare e validare la metodologia operativa proposta alla luce delle innovazioni introdotte. Da un confronto con gli altri metodi progettuali è possibile individuare tre aspetti innovativi: 1) l'estensione dei parametri variabili di *benchmark* con un approccio multiscalare; 2) la valutazione dei parametri di confort indoor e outdoor contestualmente al fabbisogno energetico; 3) l'impiego di un toolkit open-source e di un *cluster* semplice e intuitivo per guidare il processo di *form searching*. Le varie fasi descritte analiticamente hanno evidenziato come sia possibile trasferire la complessità progettuale dello spazio digitale, derivata dai processi di ottimizzazione PB, nella costruzione di organismi architettonici resilienti finalizzati a ridurre il fabbisogno di risorse primarie oltre che a garantire il soddisfacimento delle condizioni di comfort indoor e outdoor, introducendo *benchmarks* quali i parametri PMV. Lo sviluppo del caso studio ha mostrato come un toolkit semplice ed efficiente permetta di gestire l'intero processo progettuale, dalla scala urbana a quella della pelle, anche a utenti con conoscenze non specialistiche o a piccoli-medi uffici di progettazione riducendo il gap di risorse in termini di tempo e investimento sul know-how necessario. Per operare in questo scenario è essenziale l'uso di algoritmi di ottimizzazione euristici che assicurino che le performance non diventino meri parametri numerici ma una fonte di esplorazione formale e informazione di processo. I parametri di performance, usati come input del processo progettuale, possono essere ottimizzati in relazione a uno spazio di possibilità progettuali definito dal progettista stesso definendo un meta-progetto descritto all'interno del cluster. La resilienza, intesa come capacità di mediare tra sistemi complessi interni ed esterni, è così espressa attraverso una specifica configurazione morfologica informata da parametri geometrici, caratteristiche funzionali e costruttive del sito attraverso la costruzione del meta-progetto. La prossima fase della ricerca riguarderà l'ulteriore semplificazione del cluster, l'incremento del range di parametri variabili in input, la continuazione dei test in differenti zone climatiche e edifici reali e lo sviluppo di un processo valutativo che integri più strettamente gli aspetti di comfort indoor e outdoor con il consumo energetico su base annuale.

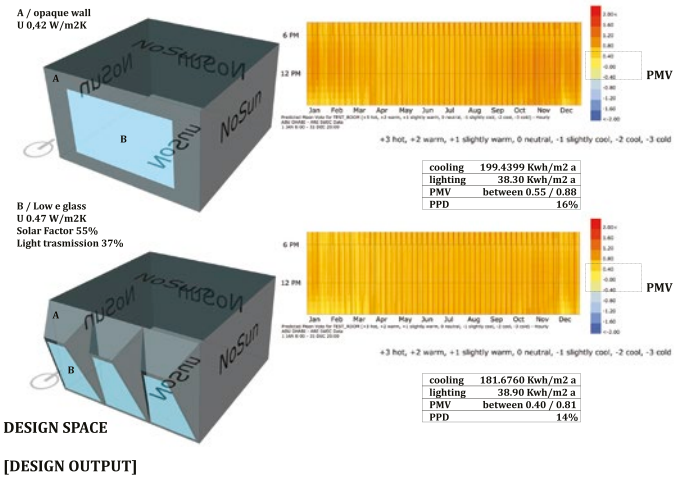
a comparison with the other design methods for PB architectures it is possible to identify three innovative aspects: the first concerns the extension of the variable benchmark parameters, no longer related to the single form factor, and the multi-scalar approach; the evaluation of indoor and outdoor comfort parameters at the same time as the energy needs; the use of an open-source toolkit and a simple and intuitive cluster to guide the form searching process. The various phases analytically described above have shown that it is possible to transfer the design complexity of the digital space, derived from the processes of PB optimization, in the construction of resilient architectural organisms aimed at reducing the need for primary resources as well as ensuring the satisfaction of indoor and outdoor comfort conditions by introducing benchmarks such as UTCI and PMV parameters. The development of the case study has shown that a simple and efficient toolkit allows managing the entire design process, from the urban to the skin scale, even to users with non-specialist knowledge or to small-medium design offices while ensuring a high degree of customization of design solutions and a significant reduction in terms of time and investment on the necessary know-how. To operate within this scenario, the use of heuristic optimization algorithms it is essential to ensure that performance does not become merely numerical parameters but a source of formal exploration and process information. The performance parameters, used as input to the design process, can be optimized in relation to a space of design possibilities defined by the designer himself by defining a meta-project described within the cluster. Resilience, as the ability to mediate between internal and external complex systems, is thus expressed through a specific morphological configuration informed by geometric parameters, functional characteristics and building site through the construction of the meta-project. The next phase of the research will concern the further simplification of the cluster, the increase in the range of variable input parameters, the continuation of the tests in different climatic zones and real buildings and the development of an evaluation process that integrates the outdoor and indoor comfort parameters more closely, with energy consumption on an annual basis.

NOTES

1. Programming language based on graphical manipulation of program elements rather than on specific textual input.
2. Insulated surfaces that do not exchange energy and matter with the external environment.
3. Rutten, D., Grasshopper, version 0.9.0072 (McNeel, 2014), http://www.grasshopper.com/.
4. Roudsari, M.S., LadyBug and Honeybee, http://www.ladybug.tools/.
5. The research was presented at Advanced Building Skin 2017 conference in Bern.

08 | Soluzione ottimizzata: configurazione con PCM, Phase Change Material, e vetro riflettente di tipo SunGuard Solar Silver 20, disegno di Angelo Figliola

Optimized solution: design configuration with PCM material, Phase Change Material, and reflective glass, SunGuard Solar Silver 20, designed by Angelo Figliola



rametri UTCI e PMV. Inoltre, lo sviluppo del caso studio ha dimostrato come un *toolkit* semplice ed efficiente permette di gestire l'intero processo progettuale, dalla scala urbana a quella dell'involucro, anche ad utenti con conoscenze non specialistiche o a studi di progettazione medio-piccoli pur garantendo un elevato grado di customizzazione delle soluzioni progettuali e una riduzione notevole in termini di tempi e investimenti sul *know-how* necessario. Per operare all'interno di questo scenario risulta essenziale ricorrere ad algoritmi di ottimizzazione euristica per far sì che le performance non divengano unicamente parametri numerici ma fonte di esplorazione formale e informazione dei processi. I parametri performativi, utilizzati come input del processo progettuale, possono essere ottimizzati in relazione a uno spazio di possibilità progettuali definito dal progettista stesso attraverso la definizione di un metaprogetto descritto all'interno del *cluster*. La resilienza, come mediazione tra sistemi complessi interni ed esterni, viene così espressa attraverso una determinata configurazione morfologica informata rispetto a parametri geometrici, caratteristiche funzionali e area d'intervento. La fase successiva della ricerca riguarderà la semplificazione del *cluster,* l'incremento dei parametri variabili di input, il proseguo dei test in differenti zone climatiche ed edifici reali e la messa a punto di un processo valutativo che integri maggiormente i parametri di comfort outdoor e indoor con i consumi energetici su base annuale.

NOTE

1. Linguaggio di programmazione basato sulla manipolazione grafica degli elementi del programma piuttosto che attraverso specifiche testuali.

2. Superfici isolate che non scambiano energia e materia con l'ambiente esterno.

3. Rutten, D., Grasshopper, version 0.9.0072 (McNeel, 2014), available at: http://www.grasshopper.com/.

4. Roudsari, M.S., LadyBug e Honeybee, available at: http://www.ladybug.tools/.

5. La ricerca è stata presentata al convegno *Advanced Building Skin*, Berna 2017.

REFERENCES

Al-Shaalan, A. M., Ahmed, W. and Alohaly, A. (2014), "Design Guidelines for Buildings in Saudi Arabia Considering Energy Conservation Requirements", *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 548-549, pp. 1601-1606.

Coyle, S. (2011), *Sustainable and Resilient Communities: A Comprehensive Action Plan for Towns, Cities, and Regions*, Wiley, Hoboken, NJ, USA.

Deutsch, R. (2015), *Data-driven design and construction: 25 strategies for capturing, analyzing and applying building data*, Wiley, Hoboken.

Hausladen, G., Liedl, P. and De Saldanha, M. (2011), *Building to Suit the Climate: A Handbook*, Birkhauser Architecture, Basel, CH.

Kolarevic, B. and Malkawi, A. (2005), *Performative architecture: beyond instrumentality*, Spon Press, New York, USA.

Kolarevic, B. (2015), "From Mass Customisation to Design 'Democratisation", *AD Architectural Design*, No. 238, pp. 48-54.

Proving Ground (2015), *Using data in your design process*, available at: http://provingground.io/2015/08/27/using-data-in-your-design-process/ (accessed 27 August 2016).

Raji, B., Tenpierik, M., Van den Dobbelsteen, A. (2017), "Early-Stage Design Considerations for the Energy-Efficiency of High-Rise Office Buildings", *Sustainability,* Vol. 9 No. 4, pp. 2-28.

7Groups, Reed, B. and Fedrizzi, R. (2011), *The Integrative Design Guide to Green Building: Redefining the Practice of Sustainability*, Wiley, Chicester, UK.

Turrin, M. (2014), *Performance Assessment Strategies. A computational framework for conceptual design of large roofs, Delft University of Technology*, Faculty of Architecture and The Built Environment, Architectural Engineering + Technology Department, Delft, NL.

22 Giugno 2020

ATTESTAZIONE DI AUTORIALITA'

Oggetto: dichiarazione ruolo autori e co-autori nell'ambito della pubblicazione sottoposta a valutazione, Figliola A., Rossi M. (2018). Computational workflow for resilient architectures. TECHNE, vol. 15, p. 269-278, ISSN: 2239-0243, doi: 10.13128/Techne-22152.

Ai Commissari dell'Abilitazione Scientifica Nazionale,

Con la presente si certifica che il sottoscritto, Angelo Figliola nato a Giulianova il 01/06/1986 e residente a Tortoreto (TE), Largo del Vecchio Focolare 1, Tortoreto (TE), ha svolto il ruolo di primo autore, Writing – Original Draft Preparation, nell'ambito della pubblicazione sottoposta a valutazione, Figliola A., Rossi M. (2018). Computational workflow for resilient architectures. TECHNE, vol. 15, p. 269-278, ISSN: 2239-0243, doi: 10.13128/Techne-22152. L'autore ha curato la parte introduttiva teoria e applicativa relativa alla progettazione computazionale, data-driven design, ha condotto la ricerca applicata, caso studio, oltre che redatto le conclusioni dell'articolo congiuntamente al co-autore, Prof. Monica Rossi.

Il co-autore Monica Rossi ha svolto il ruolo di Supervisor, garantendo la revisione del contributo prima di essere sottoposto a peer review e fornendo indicazioni di natura metodologica.

Luogo e data

Tortoreto, 19/06/2020

Firma degli autori

Angelo Figliola

Monica Rossi