

BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

20

numero 2 anno 2020



BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

20

numero 2 anno 2020

**Public Spaces,
Nature-based
Infrastructures
and Common Goods**



BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

Via Toledo, 402
80134 Napoli
tel. + 39 081 2538659
fax + 39 081 2538649
e-mail info.bdc@unina.it
www.bdc.unina.it

Direttore responsabile: Luigi Fusco Girard
BDC - Bollettino del Centro Calza Bini - Università degli Studi di Napoli Federico II
Registrazione: Cancelleria del Tribunale di Napoli, n. 5144, 06.09.2000
BDC è pubblicato da FedOAPress (Federico II Open Access Press) e realizzato con Open Journal System

Print ISSN 1121-2918, electronic ISSN 2284-4732

Editor in chief

Luigi Fusco Girard, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Co-editors in chief

Maria Cerreta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Pasquale De Toro, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Associate editor

Francesca Ferretti, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Editorial board

Antonio Acierno, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Luigi Biggiero, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Francesco Bruno, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Vito Cappiello, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Mario Coletta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Teresa Colletta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Ileana Corbi, Department of Structures for Engineering and Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Livia D'Apuzzo, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Gianluigi de Martino, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Stefania De Medici, Department of Civil Engineering and Architecture, University of Catania, Catania, Italy
Francesco Forte, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Rosa Anna Genovese, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Fabrizio Mangoni di Santo Stefano, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Luca Pagano, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Stefania Palmentieri, Department of Political Sciences, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Luigi Picone, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Michelangelo Russo, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Salvatore Sessa, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Editorial staff

Mariarosaria Angrisano, **Martina Bosone**,
Antonia Gravagnuolo, **Silvia Iodice**,
Francesca Nocca, **Stefania Regalbutto**,
Interdepartmental Research Center in Urban Planning
Alberto Calza Bini, University of Naples Federico II,
Naples, Italy

Scientific committee

Roberto Banchini, Ministry of Cultural Heritage and Activities (MiBACT), Rome, Italy
Alfonso Barbarisi, School of Medicine, Second University of Naples (SUN), Naples, Italy
Eugenie L. Birch, School of Design, University of Pennsylvania, Philadelphia, United States of America
Roberto Camagni, Department of Building Environment Science and Technology (BEST), Polytechnic of Milan, Milan, Italy
Leonardo Casini, Research Centre for Appraisal and Land Economics (Ce.S.E.T.), Florence, Italy
Rocco Curto, Department of Architecture and Design, Polytechnic of Turin, Turin, Italy
Sasa Dobricic, University of Nova Gorica, Nova Gorica, Slovenia
Maja Fredotovic, Faculty of Economics, University of Split, Split, Croatia
Adriano Giannola, Department of Economics, Management and Institutions, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Christer Gustafsson, Department of Art History, Conservation, Uppsala University, Visby, Sweden
Emiko Kakiuchi, National Graduate Institute for Policy Studies, Tokyo, Japan
Karima Kourtit, Department of Spatial Economics, Free University, Amsterdam, The Netherlands
Mario Losasso, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Jean-Louis Luxen, Catholic University of Louvain, Belgium
Andrea Masullo, Greenaccord Onlus, Rome, Italy
Alfonso Morvillo, Institute for Service Industry Research (IRAT) - National Research Council of Italy (CNR), Naples, Italy
Giuseppe Munda, Department of Economics and Economic History, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Spain
Peter Nijkamp, Department of Spatial Economics, Free University, Amsterdam, The Netherlands
Christian Ost, ICHEC Brussels Management School, Ecaussinnes, Belgium
Donovan Rypkema, Heritage Strategies International, Washington D.C., United States of America
Ana Pereira Roders, Department of the Built Environment, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands
Joe Ravetz, School of Environment, Education and Development, University of Manchester, Manchester, United Kingdom
Paolo Stampacchia, Department of Economics, Management, Institutions, University of Naples Federico II, Naples, Italy
David Throsby, Department of Economics, Macquarie University, Sydney, Australia



Indice/Index

- 225 Editoriale
Luigi Fusco Girard
- 231 Assessing the balance between urban development and densification: consolidated practices and new challenges
Elisa Conticelli, Claudia De Luca, Simona Tondelli
- 241 Città e pandemie. Densità urbana e densificazione dopo il COVID-19
Alessandro Sgobbo
- 261 Reinventing wastescapes in port cities. A resilient and regenerative approach to plan Naples at the time of logistics
Marica Castigliano, Paolo De Martino, Libera Amenta, Michelangelo Russo
- 277 ValoreNapoli: la valutazione dei servizi ecosistemici culturali per un modello di città circolare
Maria Cerreta, Eugenio Muccio, Giuliano Poli
- 297 Strategie operative per la valorizzazione e la resilienza delle aree interne: il Progetto R.I.P.R.O.VA.RE
Adriana Galderisi, Pierfrancesco Fiore, Piergiuseppe Pontrandolfi
- 317 Riabitare il patrimonio urbano ed edilizio dei territori interni: spazio digitale per servizi sanitari efficienti
Antonella Mami, Elvira Nicolini

- 337 Il riuso delle emergenze architettoniche dei centri minori come strategia di recupero per le aree interne
Francesca Ciampa, Patrizio De Rosa
- 357 Consumo di suolo e sequestro di carbonio nella Regione Sardegna: uno studio basato sull'utilizzo del *Normalized difference vegetation index*
Maddalena Floris, Corrado Zoppi
- 375 Un approccio *Sentinel 2a based* a supporto della pianificazione ed il monitoraggio delle infrastrutture verdi
Michele Grimaldi, Emanuela Coppola
- 393 Processi di *Parametric e Computational Design* per la definizione di strategie di *regenerative climate adaptive design* per il distretto di Secondigliano
Eduardo Bassolino, Francesco Palma Iannotti

**PROCESSI DI PARAMETRIC E COMPUTATIONAL DESIGN PER LA
DEFINIZIONE DI STRATEGIE DI REGENERATIVE CLIMATE
ADAPTIVE DESIGN PER IL DISTRETTO DI SECONDIGLIANO**

Eduardo Bassolino, Francesco Palma Iannotti

Sommario

Lo studio si propone di determinare processi di simulazione con strumenti IT di *Parametric* e *Computational Design* quale supporto nell'analisi ambientale degli spazi aperti e nell'analisi energetica degli edifici. Lo scopo è quello di definire strategie di *regenerative climate adaptive design*, quale risposta agli stimoli ambientali dovuti ai cambiamenti climatici con ripercussioni sullo spazio aperto costruito, in particolare all'aumento delle temperature in città. Tale approccio stabilisce un avanzamento metodologico rispetto ad esperienze analoghe nella definizione controllata, mediante strumenti IT, delle possibili scelte da operare all'interno di processi edilizi complessi, offrendo la possibilità di descrivere molteplici scenari d'intervento in base all'evoluzione e al raffinamento degli scenari climatici futuri.

Parole chiave: computational design, environmental analysis, energy analysis

**PARAMETRIC AND COMPUTATIONAL DESIGN PROCESSES FOR
THE DEFINITION OF REGENERATIVE CLIMATE ADAPTIVE DESIGN
STRATEGIES FOR THE SECONDIGLIANO DISTRICT****Abstract**

The study aims to define simulation processes with IT tools of *Parametric* and *Computational Design* as support in the environmental analysis of open spaces and the energy analysis of buildings. The aim is to define strategies of *regenerative climate-adaptive design* in response to the environmental stimuli due to climate change with repercussions on the built open space, in particular to the increase in temperatures in the city. This approach establishes a methodological advancement to similar experiences in the controlled definition, using IT tools, of the possible choices to be made within complex building processes, offering the possibility of describing multiple intervention scenarios based on the evolution and refinement of the scenarios future climatic conditions.

Keywords: computational design, environmental analysis, energy analysis

1. Introduzione

Il dibattito sul ruolo delle periferie delle città, dell'inadeguatezza della vita e della qualità urbana, è al centro del rinnovato dibattito nel nostro paese, il cui destino rappresenta il metro di misura per il futuro sostenibile delle grandi aree metropolitane. Tale aspetto si riflette coerentemente con quanto previsto dall'Obiettivo 11 dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Sostenibile, che prevede di sviluppare il maggior numero di aree urbane a carattere sostenibile e di inclusività sociale, garantendo alloggi adeguati e sicuri, ed allo stesso tempo di ridurre l'impatto ambientale negativo per le città causato da calamità naturali, anche quali effetti dei cambiamenti climatici in atto.

In tale contesto, una strategia di azioni per la rigenerazione delle periferie, quale sfida al superamento delle disuguaglianze ambientali e sociali è tra gli obiettivi della ricerca dipartimentale "Per_Cent/Periferie al Centro", all'interno del DiARC – Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II e coordinata dal prof. Mario Losasso. La ricerca vuole mettere a punto modalità di interventi progettuali interscalari e multidisciplinari per quelle aree esterne, liminari, periferiche della città contemporanea, in cui le modalità di intervento e le metodologie da sviluppare siano differenti da quelle applicabili all'interno di tessuti consolidati e stratificati, alla luce della diversa qualità urbana, funzionale e strutturale dei tessuti edificati e degli edifici.

Oggetto di approfondimento e di studio è l'area a nord di Napoli, in cui l'ambito della progettazione ambientale e tecnologica ha posto l'attenzione sulla definizione di interventi di rigenerazione urbana di matrice clima-adattiva in quei quartieri periferici, definiti d'autore, che presentano elevate qualità architettoniche e funzionali-spaziali e in cui gli interventi dovranno essere indirizzati da uno sviluppo innovativo dei processi edilizi, soprattutto grazie allo sviluppo ed all'utilizzo di *enabling technologies*.

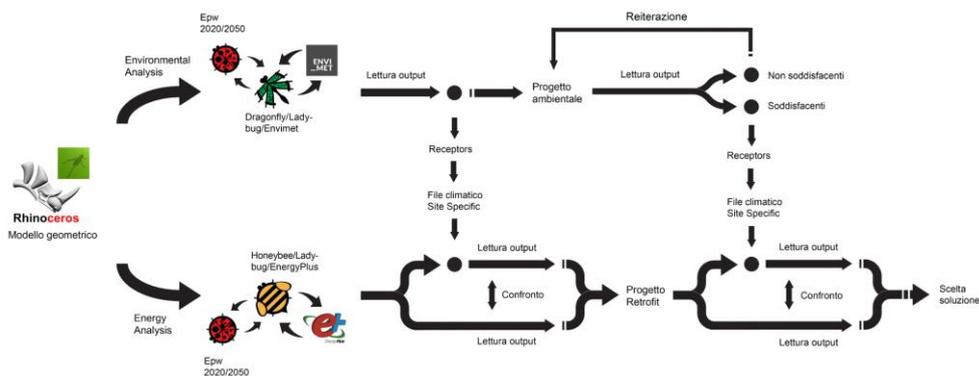
2. Metodologia per la definizione di interventi di *regenerative climate adaptive design*

Il processo metodologico sviluppato mira a definire una sequenza strutturata di processi di simulazione mediante l'uso di strumenti IT di *Parametric e Computational Design* quale supporto alle decisioni nell'analisi ambientale degli spazi aperti costruiti e nell'analisi energetica degli edifici, allo scopo di definire strategie di *regenerative climate adaptive design* in risposta agli stimoli ambientali dovuti all'impatto che i cambiamenti climatici hanno e avranno nel prossimo futuro sullo spazio urbano costruito, ed in particolare in relazione all'aumento delle temperature in città durante la stagione estiva.

Attraverso la definizione di un workflow algoritmico di operazioni di *data exchange* (Fig. 1), mediante la lettura e la comparazione dei risultati ottenuti all'interno di un unico ambiente software, è possibile attuare un processo di simulazione ricorsivo capace di simulare l'interazione ambientale e gli scambi termici *site specific* che avvengono tra edifici e spazi aperti (Peng & Elwan, 2014). Lo scopo di tale processo è quello di definire specifici interventi capaci di garantire le migliori condizioni di benessere *indoor* e *outdoor* per gli utenti, in particolare durante il verificarsi di condizioni estreme dovute all'incremento anomalo delle temperature estive. A partire dall'analisi delle condizioni microclimatiche dell'area in cui si interviene e parallelamente dell'analisi del comportamento energetico degli edifici oggetto di studio, è possibile definire le più adeguate alternative tecniche d'intervento su edifici e spazi aperti, capaci di ottimizzare il rapporto tra le prestazioni e i benefici ottenibili in termini di comfort e di definire azioni di rigenerazione urbana di tipo clima-adattiva.

Il vantaggio di tale approccio si caratterizza per la sua totale adattabilità e replicabilità in condizioni e contesti differenti. Ogni dato del processo (dati climatici, materiali e pacchetti tecnologici, geometrie, ecc.), può essere aggiornato o modificato con diverse e più accurate informazioni, senza per questo alterare il processo. Intervenire in risposta ai cambiamenti climatici, in una fase in cui la costruzione di scenari climatici previsionali è in costante evoluzione, risulta un problema di tipo multi-criteriale, per il quale viene richiesta una maggiore flessibilità sia nella scelta degli strumenti di simulazione, sia nella definizione delle soluzioni d'intervento. Tale approccio, si pone quale ulteriore avanzamento metodologico di studi condotti in precedenza (Bassolino e Ambrosini, 2016; Bassolino e Scarpati 2017; Davino e Bassolino, 2019), in cui gli strumenti utilizzati offrono non solo la possibilità di definire molteplici scenari d'intervento a seconda dell'evoluzione e del raffinamento degli scenari climatici futuri, ma in particolare, di aggiungere software, tool, plug-in e componenti ai processi di simulazione di cui si è verificata l'affidabilità.

Fig. 1 – Workflow di Parametric e Computational Design



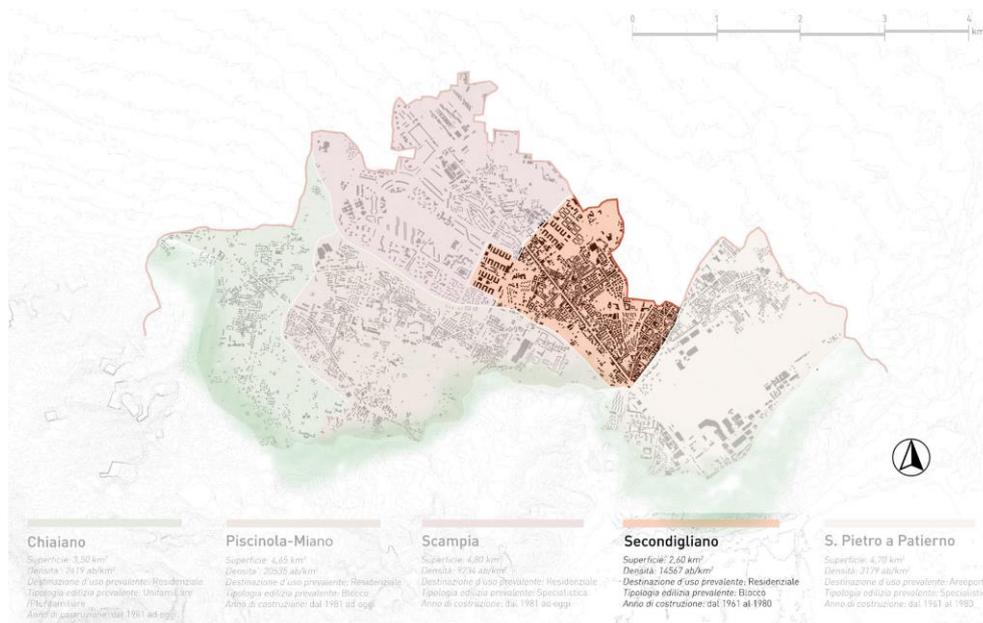
3. Il contesto urbano

Il campo di applicazione sperimentale della metodologia introdotta è stato il caso del quartiere PSER degli architetti Giancarlo Buontempo, Antonio Lavaggi, Luigi Piscioti e Dante Rabitti (Fig. 3), collocato all'interno del distretto di Secondigliano, individuato nel più ampio ambito di studio dell'area a nord di Napoli, campo di sperimentazione dalla ricerca dipartimentale Per_Cent (Fig. 2).

Il quartiere, oggi definito d'autore, fu realizzato dal Comune di Napoli a seguito del terremoto occorso nel 1980. "L'area di sedime si presentava dai confini irregolari, disordinatamente edificata lungo i bordi e articolata fra due strade parallele, via del quadrivio di Arzano e via del Camposanto. La soluzione sviluppa una doppia tematica, un impianto fortemente connotato e di chiara lettura e un'articolazione tipologica che riprende i temi dell'edilizia locale, ossia l'edificio a corte. Un asse longitudinale si articola tra le due strade predette e imposta un impianto emisimmetrico dettato dal disassamento degli accessi alla viabilità esistente e dalla giacitura del limitrofo campo militare: baricentro dell'intervento è il centro civico con la sede dell'U.S.L. e del centro sociale. I lotti

residenziali sviluppano il tema della corte articolando attorno a questa due corpi in linea alti tre piani sui lati lunghi e due torri alte sette piani sui lati corti. L'unica eccezione è rappresentata dalle due testate di accesso dove è sviluppato il tema della "porta". La tecnologia a disposizione della Concessionaria, ossia la tecnologia a "tunnel trasversale" ha fortemente condizionato il progetto dei singoli corpi di fabbrica; e se l'assetto tipologico non ne ha risentito, le soluzioni morfologiche realizzate ne denunciano chiaramente i limiti. Il gran cortile presenta un'articolazione ben riuscita nel rapporto fra la volumetria dei diversi corpi di fabbrica, i percorsi pedonali, le zone di sosta e il disegno del verde. La corte dunque si propone quale elemento di aggregazione sociale in continuità con le soluzioni tipologiche desunte dalla tradizione locale" (Picone, 2017, p. 41).

Fig. 2 – Individuazione del distretto urbano di Secondigliano



Tuttavia, allo stato attuale, il quartiere, in relazione al sistema fisico che lo connota, denuncia un'assenza protrattasi negli anni di interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, mentre gli edifici risultano carenti sia sul piano manutentivo, sia sul piano prestazionale rispetto alle soluzioni tecniche adottate, alla luce delle mutate esigenze e agli sviluppi normativi sia in relazione al contenimento energetico degli edifici, sia al miglioramento delle condizioni di comfort per gli occupanti.

A seguito di un'analisi tecnologica del degrado e dei guasti sulle superfici e gli elementi tecnici di cui è costituito lo spazio aperto, ed in particolare sulle pavimentazioni e sulle aree a verde, sono emerse numerose criticità che suggerirebbero la necessità di un intervento significativo (Fig. 4). Le pavimentazioni che definiscono l'area pedonabile presentano una

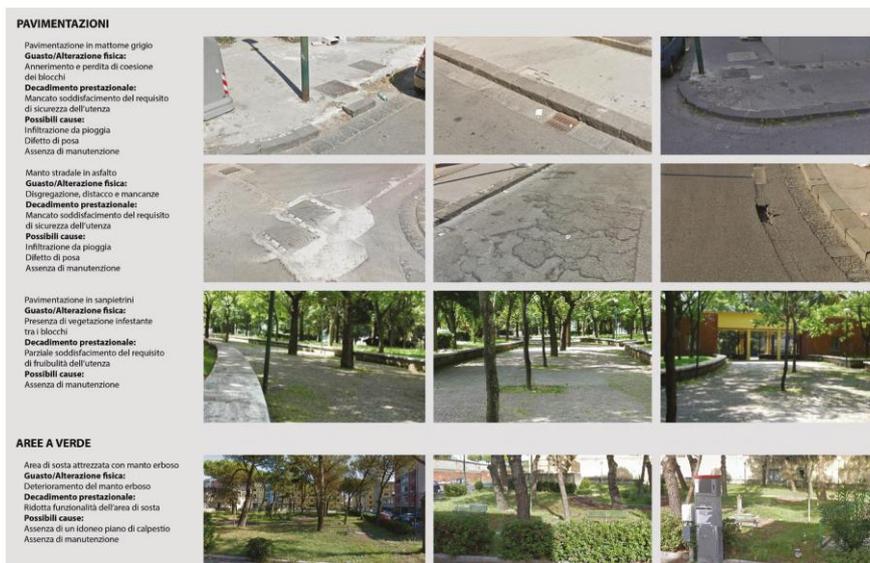
perdita di coesione tra le piastrelle in pietra lavica, mentre per quanto riguarda le pavimentazioni carrabili, queste presentano fenomeni di disgregazione e mancanza, compromettendo il requisito della sicurezza (UNI, 1981). Inoltre, sono stati individuati numerosi requisiti non soddisfatti, in particolare il requisito della sicurezza dell'utenza per quanto riguarda i manufatti architettonici e per il rischio di caduta di materiale dall'alto per il distacco di frammenti dei copriferro.

Fig. 3 – L'intervento PSER di Secondigliano



Fonte: Picone (2017)

Fig. 4 – Analisi tecnologie del degrado e dei guasti dello spazio aperto



Inoltre, in seguito ad un'analisi tecnologica delle stratigrafie dei pacchetti tecnologici di cui sono costituite le chiusure orizzontali e verticali, il requisito del benessere (indoor) non risulta essere soddisfatto in relazione all'insufficiente inerzia termica e lo scarso isolamento termico degli elementi di chiusura opaca, nonché alla presenza di evidenti ponti termici. Di fatto, emerge che i valori di trasmittanza U , sfasamento θ e attenuazione f (Tab. 1), risultano ben al di sopra dei valori limite presenti nel D.M. 26 giugno 2015 - Decreto Requisiti Minimi.

Tab. 1 – Prestazioni termiche degli involucri opachi

Tipo	Trasmittanza termica U W/m ² K	Sfasamento θ	Attenuazione f	Spessore m
Chiusura orizzontale verso l'esterno	1.44	7h 42'	0.36	0.25
Chiusura verticale	1.49	5h 30'	0.67	0.19
Chiusura orizzontale di copertura	1.84	7h 40'	0.36	0.28

Ulteriori requisiti non soddisfatti sono relativi alla gestione di interventi di manutenzione, all'utilizzo razionale delle risorse e al requisito della salvaguardia ambientale.

Questa fase iniziale di analisi condotta attraverso l'osservazione, lo studio del progetto originale da fonti documentali e dal confronto normativo, ha suggerito l'esigenza di definire e di ipotizzare azioni progettuali atte a garantire un adeguamento delle prestazioni in termini di benessere per i residenti e di contenimento energetico, oltre che la necessità di adottare soluzioni tecniche e progettuali capaci di riqualificare gli spazi aperti del comparto, garantendo al tempo stesso l'aggiunta di nuove qualità e prestazioni capaci di rispondere in termini di adattamento e mitigazione alle sollecitazioni ambientali ed alle condizioni climatiche estreme, conseguenza dei cambiamenti climatici in atto.

4. Definizione di processi algoritmici e data exchange

Il processo metodologico sviluppato (Fig. 1), si connota per la definizione di fasi ed operazioni ricorsive all'interno di un unico ambiente software, ovvero l'applicativo di modellazione tridimensionale e di gestione dei processi parametrici Rhino-Grasshopper. Tale modello gestionale di operazioni di simulazione iterativa, di interoperabilità tra la VPL (*visual programming language*) di Grasshopper, e consente di computare input ed output *site specific* tesi alla restituzione di risultati simulati il più possibile aderenti alla realtà fenomenica descritta, analizzata e studiata attraverso le specifiche condizioni ambientali e microclimatiche in cui gli organismi edilizi si inseriscono.

L'avvio del processo avviene in seguito alla realizzazione di un modello geometrico tridimensionale rappresentativo degli edifici e degli spazi aperti, per avviare in seguito sia analisi ambientali degli spazi aperti costruiti, sia analisi energetiche degli edifici, attraverso la definizione di processi algoritmici sviluppati *ad hoc* per la metodologia sperimentata.

Per lo sviluppo del processo algoritmico all'intero di Grasshopper, finalizzato all'avvio di analisi ambientali di tipo microclimatico, ci si è serviti del software di simulazione microclimatica tridimensionale ENVI-met 4.4.5 che, grazie all'interoperabilità ottenuta mediante il plug-in Dragonfly, è stato eseguito all'interno del VPL di Grasshopper. Inoltre, grazie al plug-in Ladybug, è stato possibile importare i dati climatici in formato EPW relativi alle condizioni climatiche attuali con riferimento al trentennio 1990-2019 (2000s) e provenienti dell'archivio italiano di dati climatici "Gianni De Giorgio" (IGDG), oltre che la proiezione di questo al trentennio 2040-2069 (2050s), elaborate attraverso operazioni di *morphing* mediante il tool "CCWorldWeatherGen" che si basa sul modello HadCM3 A2 di cambiamento climatico del Terzo Rapporto di Valutazione dell'IPCC.

Per la definizione delle analisi energetiche degli edifici, il processo algoritmico sviluppato si basa sull'utilizzo di diversi plug-in, quali Honeybee, per la gestione dei processi di *energy design* e per la connessione del flusso di dati con il motore di simulazione EnergyPlus, e Ladybug per l'inserimento dei dati climatici in formato EPW. Lo sviluppo delle analisi energetiche è stato condotto in prima istanza facendo riferimento ai file climatici EPW relativi alle condizioni climatiche attuali e alle proiezioni al 2050s, restituendo un quadro complessivo sul comportamento energetico-prestazionale relativamente all'intero anno solare, successivamente, dall'estrazione degli output generati dall'analisi microclimatica, è stato possibile generare un file climatico *site specific* relativo ad un giorno della stagione estiva in cui le condizioni climatiche avessero fatto registrare il picco di temperatura, risultando rappresentativo delle anomalie climatiche ed ambientali e dei fenomeni di ondate di calore conseguenza dei cambiamenti climatici in atto.

Tra gli output ottenibili dalle simulazioni, è stato scelto quale esemplificativo il Predicted Mean Vote (PMV), in quanto permette di valutare lo stato di benessere di un individuo tenendo in considerazione le variabili soggettive e ambientali all'interno, o all'estero, dello spazio che lo circondano. Il PMV, che restituisce quale risultato un valore numerico su una scala da -3 (indice di sensazione di molto freddo) a +3 (indice di sensazione di troppo caldo) e dove lo stato di benessere termico è espresso tra -1 e +1, rappresenta in questo processo il *benchmark* di riferimento per determinare la risposta performativa del comportamento prestazionale di edifici e spazi aperti.

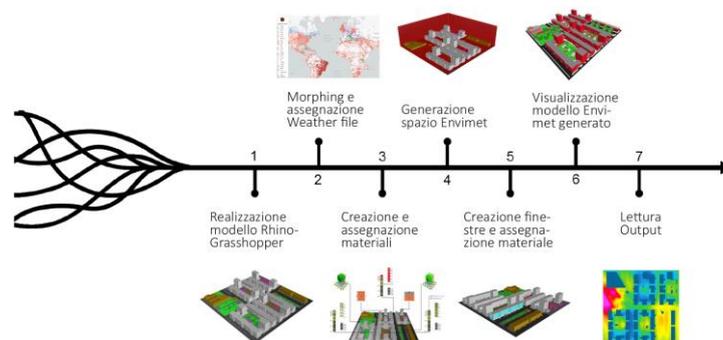
Di seguito sono riportate le fasi dei processi algoritmici relativi sia all'analisi ambientali degli spazi aperti, sia all'analisi energetica degli edifici.

Definizione *Environmental Analysis Workflow* (Fig. 5):

- realizzazione di un modello Rhino-Grasshopper: modellazione dell'area oggetto di analisi con definizione degli edifici e relativa modellazione di superfici opache e trasparenti, sporti e aggetti, la modellazione degli elementi che costituiscono gli spazi aperti, quali superfici orizzontali, elementi vegetali, eventuali sistemi di copertura e fonti d'acqua, ai quali sono assegnate corrispondenti geometrie fittizie all'interno dell'ambiente parametrico;
- *morphing* e assegnazione di *weather file*: importazione di file climatici odierni di tipo EPW mediante il plug-in Ladybug e relativo processo di *morphing* per la proiezione al 2050s attraverso l'utilizzo del tool CCWorldWeatherGen;

- creazione e assegnazione di materiali in ENVI-met: attraverso l'analisi dettagliata sull'area oggetto di studio è possibile ricostruire all'interno del database del software i materiali che definiscono le superfici orizzontali, assegnando le relative stratigrafie e proprietà termofisiche ai materiali, quali la rugosità, l'albedo, l'emissività, la conducibilità termica, ed anche il grado di permeabilità. Mentre, per un grado più alto di interazione con l'edificato sono introdotte all'interno del modello le stratigrafie delle chiusure orizzontale e verticali opache, con l'imputazione all'interno del database le proprietà termofisiche dei materiali quali la conducibilità termica, il calore specifico, la densità, la riflettanza superficiale e l'emissività dei materiali. Per quanto concerne la vegetazione e le alberature presenti, queste sono identificate per tipologia e altezza e riportate all'interno del modello;
- generazione dello spazio ENVI-met: la generazione dello spazio ENVI-met è un processo fondamentale per la definizione e il passaggio dal modello geometrico al modello ENVI-met;
- creazione di superfici trasparenti e assegnazione materiale: attraverso un processo di intersezione booleana si definiscono le chiusure trasparenti dei fabbricati e si assegna il relativo materiale presente nel database;
- visualizzazione del modello ENVI-met generato, settaggio e avvio del processo di analisi: preordinata alle analisi è la verifica del modello ENVI-met generato al fine di verificarne la bontà della modellazione e l'assegnazione dei materiali. In seguito, si procede al settaggio della simulazione, collegando il file climatico EPW, definendo il giorno e il tempo della simulazione e il contesto urbano attraverso il fattore di rugosità dell'edificato (lunghezza di rugosità della superficie espresso in metri). Infine, è avviato il processo di analisi che darà la possibilità di ottenere numerosi output;
- lettura di output bidimensionali e tridimensionali: generati i file di output, sono estratti i dati relativi alla temperatura dell'aria, la temperatura media radiante (Mean Radiant Temperature), la temperatura superficiale, la velocità del vento, l'umidità relativa e il Predicted Mean Vote (PMV), quest'ultimo calcolato per un individuo considerato standard (uomo, altezza 175cm, 75kg, 35 anni di età, vestiario con valore di clothing: 0,70).

Fig. 5 – Schema procedurale del workflow di analisi ambientali

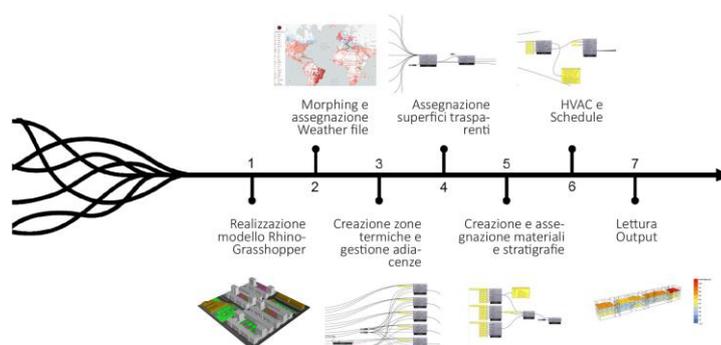


Definizione *Energy Analysis Workflow* (Fig. 6):

- realizzazione del modello Rhino-Grasshopper: la modellazione dell'edificio oggetto di analisi deve essere restituita dividendo il volume in zone termiche, ossia aree con caratteristiche termiche omogenee che corrispondono per semplificazione e per velocità di calcolo alle unità abitative considerate quali volumi riscaldati, mentre i corpi scala e i locali cantinati e deposito, sono considerati volumi non riscaldati. Inoltre, viene effettuata la modellazione volumetrica del contesto urbano. Mediante l'uso del plug-in Honeybee, i solidi di contesto sono impostati quali elementi di *Context Surfaces*. Durante la simulazione, il software EnergyPlus tiene conto delle ombre portate per calcolare le temperature superficiali e quelle interne all'edificio e che influiscono sui consumi energetici e sul comfort percepito;
- morphing e assegnazione di *weather file*: analogamente a quanto avviene per il processo algoritmico degli spazi aperti, anche in questo caso avviene l'importazione di file climatici odierni di tipo EPW mediante il plug-in Ladybug e del corrispondente file climatico di proiezione al 2050s ottenuto attraverso un processo di *morphing* mediante il tool CCWorldWeatherGen;
- creazione di zone termiche e gestione adiacenze: il primo step per la definizione di un modello energetico consiste nell'assegnazione in Grasshopper dei volumi modellati in Rhinoceros. Attraverso l'apposito componente *Masses Zone*, fornito dal plug-in Honeybee, le suddette masse vengono trasformate in zone termiche, alle quali è possibile assegnare informazioni relative al condizionamento termico. Ciascuna zona termica risulterà caratterizzata da diverse proprietà quali le condizioni al contorno, carichi di occupazione e sistemi HVAC.
- assegnazione di superfici trasparenti: successivamente alla realizzazione delle zone termiche si procede all'assegnazione delle chiusure trasparenti, le quali possono essere inserite nel modello energetico mediante il plug-in di Honeybee mediante il componente *Add Glazing*, che consente di aggiungere superfici vetrate personalizzate.
- creazione e assegnazione di materiali e stratigrafie: il software EnergyPlus, che dispone di una libreria di materiali denominata *EPMaterial* risulta ampia, tuttavia questa fa riferimento agli standard statunitensi ASHRAE. Per questo motivo, ciascuno dei materiali presenti nelle stratigrafie dell'edificio è stato inserito in maniera *custom*. Ciascun componente *ad-hoc* necessita l'inserimento di caratteristiche dimensionali e termofisiche quali lo spessore, la conducibilità termica, la densità, il calore specifico oltre alla rugosità, l'assorbimento del calore, della luce solare e termico. Successivamente, in Honeybee il componente *Set EP Zone Construction* consente di assegnare alle superfici delle zone termiche dei pacchetti di materiali costruttivi, definiti *EPConstruction*. I pacchetti di materiali costruttivi *EPConstruction* sono ottenuti mediante Honeybee con il componente *EnergyPlus Construction* che compone i materiali *EPMaterial* creati precedentemente e caricati nella libreria.
- HVAC e *Schedule*: durante questa fase è possibile operare su qualsiasi apporto ed attività si prevede verrà effettuata nelle zone termiche, con la possibilità di modificare i carichi di occupazione delle persone, di illuminazione, di attrezzature, di ventilazione, ecc. incluse le così dette *schedule*, che rappresentano la variazione temporale oraria di ventilazione, occupazione, gradi di riscaldamento e raffrescamento, oltre all'utilizzo dell'impianto di illuminazione artificiale e degli apparecchi, ipotizzando un comportamento standard da parte degli utenti. Nel caso in esame la *Schedule* degli

- occupanti utilizzata considera per ogni appartamento una famiglia tipica di 4 persone (un lavoratore, due studenti e una casalinga) e tiene conto della presenza diversificata degli occupanti nell'arco delle ore della giornata di tutto l'anno. L'impianto di riscaldamento è stato considerato costituito da caldaia bitermica alimentata a gas, radiatori in acciaio per il riscaldamento e fan coil per il raffrescamento.
- lettura degli output: gli output considerati sono il consumo di energia (kWh/mq) per il riscaldamento e il raffrescamento, la temperatura operativa percepita dagli occupanti misurata in C° e che prende in considerazione la temperatura dell'aria, la temperatura irraggiante dalle superfici e la velocità dell'aria, e il Predicted Mean Vote (PMV).

Fig. 6 – Schema procedurale del workflow di analisi energetiche



Al termine della prima fase di analisi e a seguito dell'estrazione degli output relativi al comportamento energetico e microclimatico dell'area di studio, è possibile passare ad una fase di tipo progettuale-propositiva che si basa sui risultati e le criticità emerse delle analisi effettuate quale risposta all'adattamento e la mitigazione alle alterazioni del clima.

Dopo aver applicato soluzioni d'intervento per spazi aperti e edifici, e dopo aver riavviato il processo di simulazione sia alle condizioni attuali, sia in riferimento agli scenari previsionali a medio termine, si procede alla lettura degli output delle analisi eseguite per le ipotesi progettuali. Qualora i risultati ottenuti non fossero soddisfacenti, il *workflow* prevede una reiterazione del processo, con un ritorno alla fase di progetto. Nel caso in cui i risultati fossero ritenuti soddisfacenti (range di comfort PMV, valori di temperature superficiali, di temperatura dell'aria, ecc.), si procede alla definizione di un file climatico *site specific* basato sul comportamento microclimatico ottenuto a valle degli interventi ipotizzati per la rigenerazione clima-adattiva degli spazi aperti e che permetterà di configurare il più adeguato intervento sul comparto edilizio in risposta alle mutate e più favorevoli condizioni ambientali outdoor.

5. Analisi ambientali ed energetiche: risultati a confronto

Il processo di simulazione condotto mediante il supporto degli strumenti di *Parametric* e *Computational Design* introdotti ha previsto che per le analisi ambientali sia stato scelto un giorno particolarmente caldo, che risulti rappresentativo di un'anomalia delle temperature

rispetto al periodo di riferimento. A tale riferimento è stato scelto il 28 luglio, che attraverso la lettura dei dati presenti all'interno del file climatico, è risultato il giorno in cui sono stati registrati i picchi più alti di temperatura. Le analisi ambientali sono in questo modo state condotte sia 2000s, sia al 2050s, i cui dati di output sono stati estratti in due orari significativi della giornata, alle ore 14:00 e alle ore 00:00. Per identificare il contesto urbano periferico all'interno del quale è situato il quartiere PSER di Secondigliano, è stato impostato un fattore di rugosità (Roughness Length z_0 at Reference Point), pari al 0,01 m, che identifica le aree periferiche delle città. L'estrazione degli output è avvenuta attraverso l'identificazione di quei punti dello spazio aperto particolarmente critici, identificati quali *hot spot*.

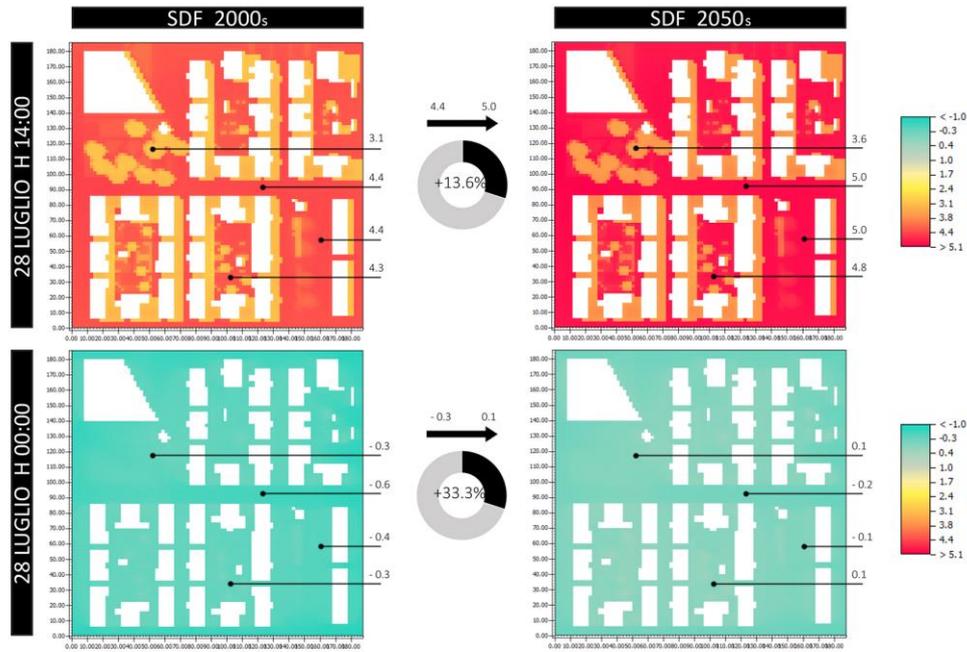
Tab. 2 – Output analisi ambientali: valori medi e variazione percentuale per scenario climatico

Analisi ambientale	2000s	2050s	Variazione percentuale %	2000s	2050s	Variazione percentuale %
	28 luglio h 14:00	28 luglio h 14:00		28 luglio h 00:00	28 luglio h 00:00	
Temperature dell'aria °C	29.3	30.9	+5.5	24.1	25.6	+6.2
Temperatura superficiale °C	50.3	53.0	+5.4	26.3	27.7	+5.3
Predicted Mean Vote	4.4	5.0	+13.6	-0.3	0.1	+33.3
Umidità relativa %	55.8	55.9	+0.2	68.6	68.9	+0.4

La lettura dei dati (Tab. 2), permette di verificare come le condizioni di partenza siano particolarmente critiche e come queste potrebbero aggravarsi in previsione dell'aumento delle temperature. Considerato il contesto urbano di riferimento, si registra un aumento delle temperature medio pari al 5,5% nelle ore diurne, e del 6,2% nelle ore notturne, con il conseguente aumento dei valori di PMV che di giorno sono pari al 13,6%, mentre l'incremento risulta maggiore nelle ore notturne, pari al 33,3% (Fig. 7). Da tutti i dati emerge come l'aggravarsi delle condizioni ambientali è, e sarà dovuto sia al peggioramento delle condizioni atmosferiche generali, sia alle caratteristiche termofisiche dei materiali e degli elementi che costituiscono lo spazio aperto, oltre che alla scarsa presenza di vegetazione o di elementi atti a generare ombra sulle superfici pavimentate dello spazio aperto e le superfici esterne degli edifici, atte a mitigare gli effetti dell'irraggiamento solare, con il conseguente stoccaggio e la re-immissione di energia termica nell'ambiente urbano. Le analisi energetiche sul comparto edilizio, ed in particolare su un edificio campione, sono state eseguite prendendo quale periodo di riferimento l'intero anno solare, la stagione estiva

e quella invernale (in base al tipo di analisi, raffrescamento o riscaldamento). Il raffronto dei dati è avvenuto tra la condizione climatica attuale e la sua proiezione al 2050s.

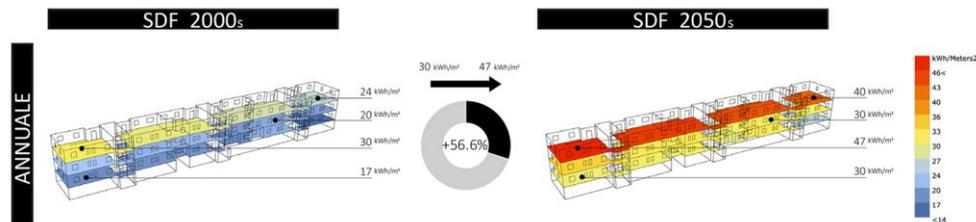
Fig. 7 – Analisi del Predicted Mean Vote allo stato attuale al 2000s e al 2050s



Tab. 3 – Output analisi energetiche: valori cumulativi e variazione percentuale per scenario climatico

Analisi energetiche	Valori cumulativi annuali 2000s	Valori cumulativi annuali 2050s	Variazione percentuale %	Valori cumulativi estivi/invernali 2000s	Valori cumulativi estivi/invernali 2050s	Variazione percentuale %
Raffrescamento o kWh/m ²	30.0	47.0	+56.7	29.0	44.0	+51.7
Riscaldamento o kWh/m ²	67.0	58.0	-13.4	46.0	40.0	-13.0
Temperatura operativa °C	22.1	22.6	+2.3	-	-	-
Predicted Mean Vote	-1	0	+100	-	-	-

Fig. 8 – Analisi del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento delle unità abitative allo stato attuale al 2000s e al 2050s



I dati sulle simulazioni energetiche dell'edificio campione (Tab. 3), fanno emergere che i consumi di energia annuali allo stato attuale risultano eccessivi, ma in media con il parco edilizio locale edificato nello stesso periodo, e questo è dovuto essenzialmente alle scarse prestazioni dell'involucro edilizio. Al variare delle condizioni climatiche in previsione dei cambiamenti climatici, allo scenario 2050s, i consumi di energia aumentano in relazione all'energia primaria per il raffrescamento, con un +56,6% annuale e un +52,0% nella sola stagione estiva. Al contrario, per il riscaldamento vi è un'inversione di tendenza, infatti l'aumento delle temperature, anche invernali, consente di ridurre i consumi di energia per il riscaldamento del 13,4% sull'intero periodo annuale e del 13,0% nella stagione invernale (Fig. 8).

Dalla lettura complessiva dei dati, emerge la necessità di intervenire sul comparto edilizio del quartiere allo scopo di migliorare le condizioni di benessere indoor agendo sul bilancio termico attraverso azioni di retrofit energetico e tecnologico.

6. Definizione degli interventi di *regenerative climate adaptive design*

Dalla lettura dei risultati ottenuti a seguito del processo di analisi, per il quale ci si è avvalsi di processi di *Parametric* e *Computational Design*, è stato possibile identificare quelle che sono risultate le maggiori criticità prestazionali riscontrate sia allo spazio aperto, sia al comparto edilizio.

In risposta alle criticità ambientali e prestazionali emerse, è stata avviata la fase progettuale-propositiva all'interno della quale è stato possibile definire interventi di rigenerazione urbana suddividendoli in categorie di opere atte a individuare quelle strategie che, applicate ad un intervento pilota, possano essere replicate all'interno dello stesso distretto a partire da condizioni ambientali e output prestazionali analoghi (Fig. 9).

Le categorie d'opera individuate per gli interventi sugli spazi aperti sono: *greening*, *permeable surfaces* e *cool materials*. Tali categorie raccolgono quelle soluzioni tecnico-progettuali *climate proof* individuate quali possibili interventi che sulla base dell'avanzamento scientifico, degli strumenti e dei dati sugli scenari previsionali a disposizione, riescano a massimizzare l'azione di rigenerazione in termini di performance ambientale finalizzate all'adattamento alle mutate e mutevoli condizioni climatiche odierne e future, quale risposta all'aumento delle temperature urbane durante la stagione estiva.

Fig. 9 – Individuazione delle categorie d’opera e delle soluzioni tecnico-progettuali



Tra gli interventi proposti all’interno della categoria *greening*, oltre all’inserimento di alberature disposti in filari e capaci di aumentare le zone d’ombra lungo i camminamenti, quindi di ridurre la quantità di radiazione solare incidente al suolo, è stato previsto l’inserimento di *rain garden* lungo i marciapiedi che, costeggiando la viabilità principale all’interno del quartiere, contribuiscano alla definizione di un’infrastruttura verde continua capace di aumentare la percentuale di aree verdi ed aumentare la permeabilità dei suoli, quindi il grado di benessere per gli utenti grazie all’attivazione di fenomeni evapotraspirativi capaci di contribuire all’abbassamento delle temperature esterne. In base agli stessi obiettivi, in prossimità dei parcheggi e lungo la carreggiata che li costeggia, è stata prevista la realizzazione di un *mid-block stormwater*, mentre quale soluzione d’angolo è stata adottata una *corner stormwater*, entrambe desunte dal “City of Philadelphia Green Streets Design Manual” (City of Philadelphia, 2014).

Allo scopo di aumentare la permeabilità dei suoli ed al tempo stesso, in ottica di adattamento alle alte temperature urbane, per ridurre le temperature delle superfici orizzontali pavimentate, le soluzioni adottate prevedono l’utilizzo di una pavimentazione in calcestruzzo drenante di colore mediamente chiaro. In particolare, in sostituzione degli asfalti esistenti è stato previsto un asfalto di tipo drenante e un calcestruzzo di tipo drenante per i marciapiedi e le aree pedonali (Tab. 4). Infine, per le aree a parcheggio, è stato previsto l’uso di masselli autobloccanti inerbati in calcestruzzo, capaci di garantire una maggiore permeabilità dei suoli ed al tempo stesso di garantire l’aumento della percentuale di superficie a verde, con l’obiettivo di coprire più del 50% delle aree estere con elementi vegetali.

Tab. 4 – Proprietà termo-fisiche delle soluzioni *climate proof* per le superfici orizzontali outdoor

	Albedo	Emissività	Rugosità <i>m</i>	Conducibilità termica <i>W/mk</i>
Asfalto drenante	0.60	0.93	0.016	0.70
Calcestruzzo drenante	0.70	0.90	0.010	0.35

Congiuntamente alla definizione delle strategie e gli interventi per lo spazio aperto, sono stati definite categorie d'opera per la riqualificazione del comparto edilizio quali interventi di retrofit energetico e tecnologico e di *green energy*, quest'ultime allo scopo di sfruttare gli apporti gratuiti provenienti da fonti di energia rinnovabile. Per la definizione dell'intervento di retrofit sull'edificio è stata ipotizzata l'aggiunta di un cappotto termico, per il quale sono state ipotizzate due soluzioni alternative, la prima che prevede l'utilizzo di materiali provenienti da cicli di produzioni sostenibili, la canapa, definita *soluzione naturale*, la seconda, definita *soluzione convenzionale*, che prevede l'utilizzo di pannelli in EPS. Entrambe le soluzioni consentono di raggiungere degli ottimi valori di trasmittanza *U*, sfasamento θ e attenuazione *f*, con un leggero scarto nello spessore (Tab. 5).

Tab. 5 – Proprietà termo-fisiche delle alternative tecniche per il retrofit energetico-tecnologico

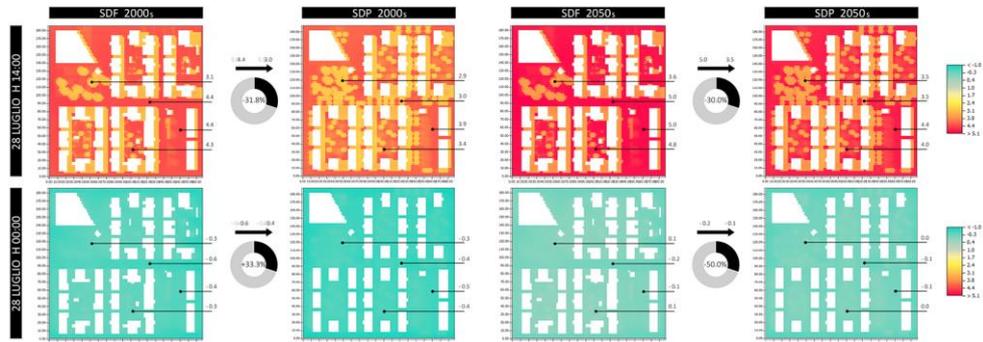
	Trasmittanza termica <i>U W/m²K</i>	Sfasamento θ	Attenuazione <i>f</i>	Spessore
Chiusura orizzontale esterna in EPS	0.34	10h 00'	0.20	0.33
Chiusura verticale in EPS	0.33	8h 56'	0.23	0.284
Chiusura orizzontale di copertura in EPS	0.29	9h 24'	0.12	0.384
Chiusura orizzontale esterna in canapa	0.31	11h 18'	0.18	0.350
Chiusura verticale in canapa	0.30	15h 21'	0.07	0.454
Chiusura orizzontale di copertura in canapa	0.26	12h 15'	0.08	0.454

7. Risultati

In seguito alla reiterazione dei processi di simulazione con l'applicazione degli interventi ipotizzati, la prima operazione di confronto e di verifica prestazionale è stata quella di riscontrare se le criticità emerse dall'analisi degli spazi aperti fossero state superate

attraverso le azioni progettuali individuate. Analogamente a quanto analizzato nella fase di lettura dei dati, sono stati presi in considerazione i dati ottenuti dagli *hotspot*, sia alle condizioni attuali, sia negli scenari previsionali a medio termine.

Fig. 10 – Analisi del Predicted Mean Vote a seguito degli interventi di *climate adaptive design* al 2000s e al 2050s



Tab. 6 – Output analisi ambientali: confronto tra lo stato attuale e l'intervento di *climate adaptive desing*

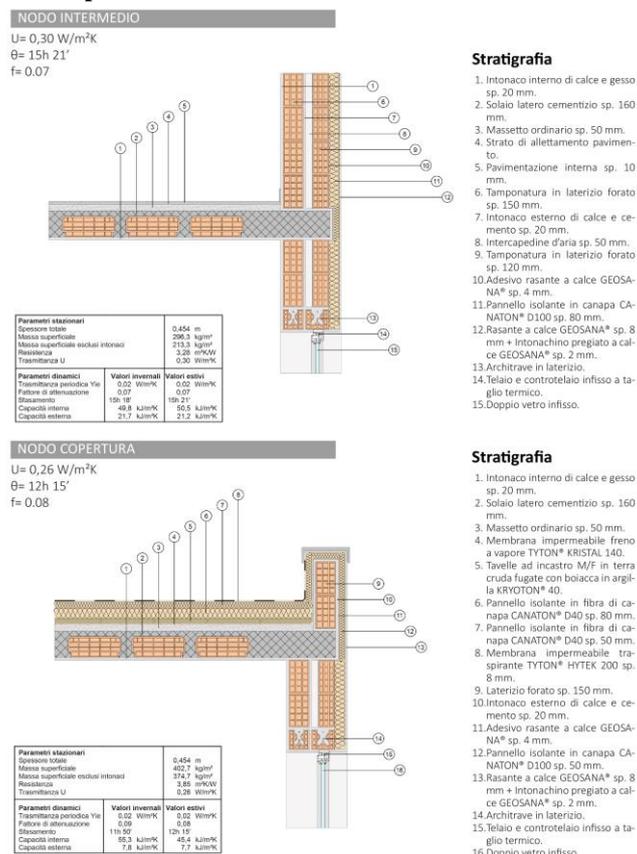
Analisi ambientale	2000s	2000s	Variazione percentuale %	2000s	2000s	Variazione percentuale %
	28 luglio	28 luglio		28 luglio	28 luglio	
	h 14:00	h 14:00		h 00:00	h 00:00	
	SDF	SDP		SDF	SDP	
Temperature dell'aria °C	29.3	28.4	-3.1	24.1	23.2	-3.7
Temperatura superficiale °C	50.3	36.8	-26.8	26.3	23.6	-10.3
Predicted Mean Vote	4.4	3.0	-31.8	-0.6	-0.4	+33.3
Umidità relativa %	55.8	57.3	+2,7	68.5	71.1	+3.8

Dalla lettura dei dati emerge quanto il miglioramento auspicato sia stato ottenuto e come da una condizione di partenza estremamente critica, le soluzioni adottate riescano ad assicurare migliori condizioni diffuse di benessere, condizione riscontrabile dai dati emersi in relazione alle temperature superficiali, alle temperature dell'aria e al PMV (Fig. 10), sia allo scenario climatico attuale, sia nello scenario previsionale al 2050s.

Tab. 7 – Output analisi ambientali: confronto tra lo scenario previsionale al 2050s e l'intervento di climate adaptive desing

Analisi ambientale	2050s	2050s	Variazione percentuale %	2050s	2050s	Variazione percentuale %
	28 luglio h 14:00 SDF	28 luglio h 14:00 SDP		28 luglio h 00:00 SDF	28 luglio h 00:00 SDP	
Temperature dell'aria °C	30.9	30.0	-2.9	25.6	24.7	-3.5
Temperatura superficiale °C	53.0	38.1	-28.1	27.7	24.8	-10.5
Predicted Mean Vote	5.0	3.5	-30.0	-0.2	-0.1	-50.0
Umidità relativa %	55.2	57.0	+3.3	67.8	70.8	+4.4

Fig. 11 – Retrofit in canapa



Prima di procedere all'analisi energetica del comparto edilizio, e dopo aver valutato soddisfacenti i dati ottenuti sulla rigenerazione dello spazio aperto, è stato eseguito un ulteriore processo di generazione di file climatici sulla base delle analisi micro-climatiche eseguite sia allo scenario attuale, sia allo scenario al 2050s. Tale operazione è stata condotta attraverso la conversione dei dati ambientali direttamente influenzati dalle caratteristiche dell'ambiente circostante e raccolti da componenti del software ENVI-met definiti "ricettori", che sono stati posizionati intorno al perimetro dell'edificio oggetto di sperimentazione (Peng e Elwan, 2014). I file climatici generati sono relativi al giorno in cui sono state eseguite le simulazioni outdoor e tale operazione è stata eseguita sia alle condizioni attuali, sia a seguito dell'intervento di rigenerazione clima-adattiva degli spazi aperti. In tal modo, i file climatici sono direttamente influenzati dalle condizioni ambientali *site specific* e rappresentano un'accurata alternativa ai soli dati prodotti dalle stazioni meteorologiche che si basano su condizioni ambientali e urbane differenti, quali ad esempio gli aeroporti (Ambosini *et al.*, 2018).

In seguito, è stato possibile condurre operazioni di simulazione energetica considerando le due alternative di retrofit energetico e tecnologico ipotizzate per il comparto edilizio (Fig. 11). Il processo è stato condotto dapprima, attraverso l'immissione di dati climatici generici sulla città di Napoli, successivamente, con l'utilizzo dei dati climatici *site specific* generati. Tale operazione è volta sia a valutare l'efficacia prestazionale di un'operazione di retrofit, sia a verificare quale tra le alternative ipotizzate, soluzione convenzionale e soluzione naturale, risulti quella maggiormente performante in scenari previsionali di cambiamento climatico a medio termine (Tabb. 8-9). L'ipotesi è quella di verificare che tra le due alternative tecniche prese in considerazione per il retrofit energetico e tecnologico, la soluzione naturale, risulti quella maggiormente adatta, quindi adattiva, per fronteggiare l'aumento delle temperature urbane.

Tab. 8 – Output analisi energetiche: valori cumulativi e variazione percentuale allo stato attuale delle alternative tecniche per il retrofit energetico-tecnologico

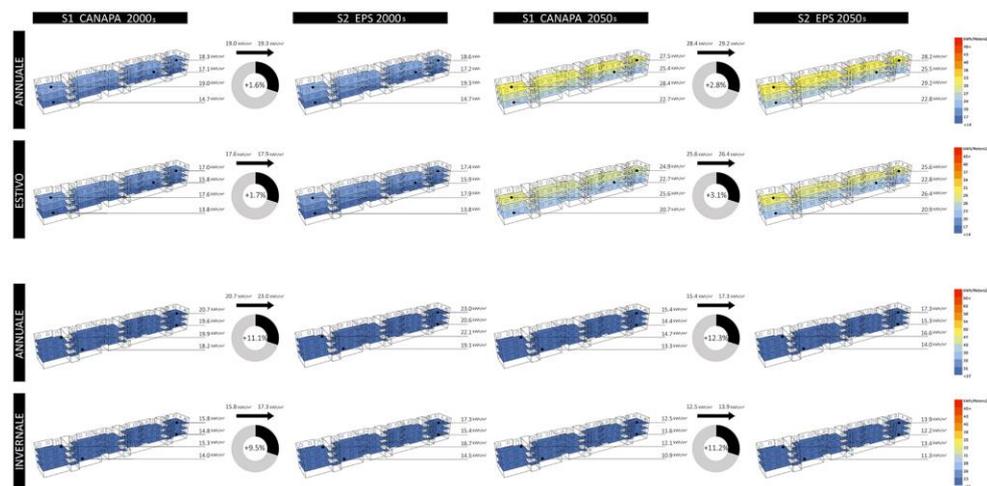
Analisi energetiche	Valori cumulativi annuali 2000s	Valori cumulativi annuali 2000s EPS	Variazione percentuale %	Valori cumulativi estivi/invernali 2000s	Valori cumulativi estivi/invernali 2000s EPS	Variazione percentuale %
	Canapa			Canapa		
Raffrescament o kWh/m ²	19.0	19.3	+1.6	17.6	17.9	+1.7
Riscaldament o kWh/m ²	20.7	23.0	+11.1	15.8	17.3	+9.5
Temperatura operativa °C	22.7	22.6	-0.4	-	-	-
Predicted Mean Vote	0	0	0	-	-	-

Tab. 9 – Output analisi energetiche: valori cumulativi e variazione percentuale allo scenario previsionale 2050s delle alternative tecniche per il retrofit energetico-tecnologico

Analisi energetiche	Valori cumulativi annuali 2050s Canapa	Valori cumulativi annuali 2050s EPS	Variazione percentuale %	Valori cumulativi estivi/invernali 2050s Campa	Valori cumulativi estivi/invernali 2050s EPS	Variazione percentuale %
Raffrescament o kWh/m^2	28.4	29.2	+2.8	25.6	26.4	+3.1
Riscaldament o kWh/m^2	15.4	17.3	+12.3	12.5	13.9	+11.2
Temperatura operativa °C	23.0	22.9	-0.4	-	-	-
Predicted Mean Vote	0	-1	-100	-	-	-

La lettura dei dati conferma la bontà dell'ipotesi. In primo luogo, dal confronto tra la soluzione naturale in canapa e la soluzione convenzionale in EPS, queste risultano equivalenti allo scenario attuale, mentre vi è un netto miglioramento sia nella condizione invernale, sia nella condizione estiva, che al 2050s (Fig. 12). Ciò ha permesso di identificare quale soluzione adattiva, quindi *climate proof*, il cappotto termico con isolante in canapa.

Fig. 12 – Analisi del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento ed il raffrescamento delle unità abitative con le alternative di retrofit al 2000s e al 2050s



In seguito, il confronto è avvenuto tra i dati ottenuti dalle analisi energetiche e del comfort sullo stato di fatto e sul retrofit “naturale”, sia con i dati climatici generici, sia con il file climatico generato a seguito dell’intervento di rigenerazione clima-adattiva (Tabb. 10-11).

Tab. 10 – Output analisi energetiche: valori cumulativi e variazione percentuale allo stato attuale e la soluzione naturale retrofit energetico-tecnologico

Analisi energetiche	Valori cumulativi annuali 2000s SDF	Valori cumulativi annuali 2000s Canapa	Variazione percentuale %	Valori cumulativi estivi/invernali 2000s SDF	Valori cumulativi estivi/invernali 2000s Campa	Variazione percentuale %
	Raffrescamento o kWh/m ²	30.0	19.0	-36.7	29.0	17.0
Riscaldamento o kWh/m ²	67.0	20.0	-70.1	46.0	15.0	-67.4
Temperatura operativa °C	21.1	22.7	+2.7	-	-	-
Predicted Mean Vote	-1	0	+1	-	-	-

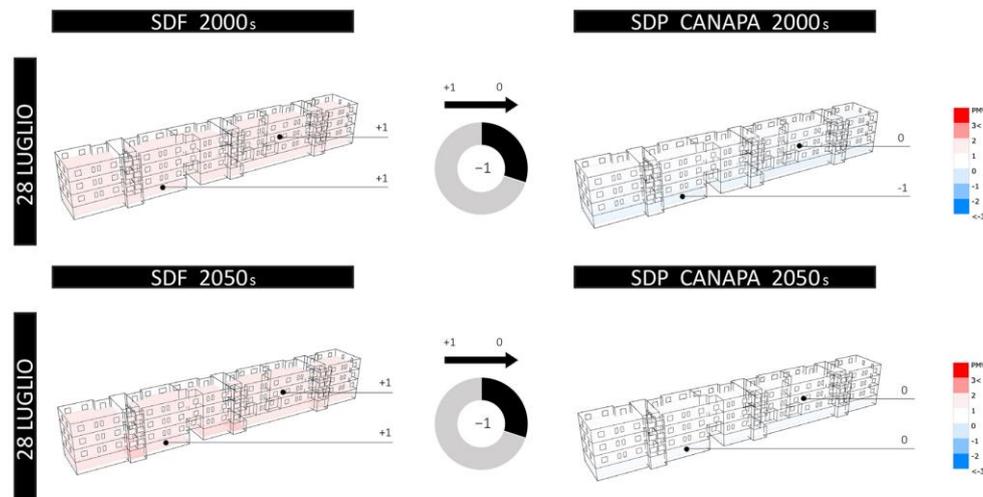
Tab. 11 – Output analisi energetiche: valori cumulativi e variazione percentuale allo scenario previsionale 2050s e la soluzione naturale retrofit energetico-tecnologico

Analisi energetiche	Valori cumulativi annuali 2050s SDF	Valori cumulativi annuali 2050s Canapa	Variazione percentuale %	Valori cumulativi estivi/invernali 2050s SDF	Valori cumulativi estivi/invernali 2050s Campa	Variazione percentuale %
	Raffrescamento o kWh/m ²	47.0	28.0	-40.4	44.0	25.0
Riscaldamento o kWh/m ²	58.0	15.0	-74.1	40.0	12.0	-70.0
Temperatura operativa °C	22.6	23.0	+1.8	-	-	-
Predicted Mean Vote	-1	0	+1	-	-	-

Dalla lettura dei dati emerge come l’intervento di retrofit garantisca un netto miglioramento dei consumi energetici relativi al riscaldamento invernale ed al raffrescamento estivo, e come sia garantito il mantenimento entro limiti accettabili delle temperature operative interne anche a fronte dell’aumento delle temperature esterne negli scenari previsionali. Inoltre, dal confronto dei dati ottenuti mediante i file climatici *site specific*, ed in particolare

quelli relativi alla percezione del comfort indoor (PMV), emerge quanto sia significativo il contributo della rigenerazione clima-adattiva degli spazi aperti, in quanto, attraverso il miglioramento delle condizioni ambientali esterne, è possibile garantire migliori condizioni di benessere all'interno delle unità abitative degli edifici (Fig. 13).

Fig. 13 – Confronto tra le analisi del comfort indoor dello stato di fatto e del retrofit con la soluzione naturale al 2000s e al 2050s



8. Conclusioni

L'insieme delle categorie d'opera e delle soluzioni tecniche ha portato alla definizione di un masterplan d'intervento strategico per la rigenerazione clima-adattiva degli spazi aperti del quartiere capace di apportare un miglioramento sensibile delle prestazioni ambientali e microclimatiche ed energetiche degli edifici in relazione all'aumento delle temperature urbane previsto. Il sistema integrato di strategie e di interventi di progettazione ambientale introdotte, definito a seguito della verifica sull'efficacia delle soluzioni adottate in un'ottica di adattamento climatico, ci permettono di configurare uno scenario più ampio nel quale le azioni adottate per l'intervento pilota, possano essere replicate in contesti analoghi all'interno dell'area del distretto di Secondigliano, ma anche all'interno della periferia nord di Napoli.

Il processo di *parametric e computational design* per la definizione di strategie e interventi di *regenerative climate adaptive design* elaborato, può rappresentare uno strumento processuale per l'analisi e la gestione olistica dei comportamenti dell'ambiente costruito, delle interazioni ambientali e degli scambi termici tra edifici e spazi aperti, introducendo quei fattori ed elementi che concorrono alla determinazione delle prestazioni di benessere all'interno dello spazio urbano.

Quanto elaborato è il risultato di un'implementazione ed una ricerca costante volta all'investigazione ed alla sperimentazione dell'uso di strumenti e tool informatici

interoperabili per l'ottimizzazione di processi di *data exchange* e finalizzato alla definizione di processi di simulazione ambientale ed energetica per la rigenerazione e riqualificazione clima-adattiva in contesti urbani. Accorgimenti aggiuntivi per il miglioramento del processo metodologico sviluppato sono rappresentati dalla possibilità di variare i comportamenti d'uso giornalieri all'interno delle unità abitative, oltre che immaginare una maggiore varietà di condizioni sociali, modificando di volta in volta la composizione dei nuclei familiari, ma soprattutto dalla possibilità di interfacciarsi con strumenti BIM e GIS per la definizione automatica dei modelli di simulazione, oltre che utilizzare un processo per il morphing dei dati climatici che possa utilizzare i dati elaborati per i più recenti scenari previsionali di cambiamento climatico.

Ulteriori scenari di sviluppo futuri per il miglioramento dei processi di simulazione ricorsiva tra condizioni indoor ed outdoor sono rappresentati dalla possibilità di raffinare le informazioni di base attraverso la raccolta di dati ambientali tramite l'utilizzo di strumentazioni installate localmente, quali stazioni meteo e sensoristica capaci di registrare i dati ambientali e microclimatici specifici in un particolare contesto urbano, ma allo stesso tempo di sfruttare tecnologie *smart* quali sensori connessi a piattaforme hardware (ad es. Arduino) e *wearable technologies* capaci di registrare le condizioni ambientali indoor e i parametri biometrici degli occupanti, allo scopo di poter raffinare i processi di simulazione ambientali e prestazionali, e rendere tali strumenti capaci di dare risposte altamente affidabili nella definizione di interventi di rigenerazione urbana clima-adattiva.

Riferimenti bibliografici

- ASHRAE (2001), *RP-1015. Typical weather years for international locations*. New York, NY, Stati Uniti.
- Ambrosini L. and Bassolino E. (2016), "Parametric environmental climate adaptive design: the role of data design to control urban regeneration project of Borgo Antignano, Naples". *Social & Behavioral Sciences*, vol. 216, pp. 948-959
- Ambrosini L., Bassolino E. and Scarpati F. (2018), "Thermal-Perception-Driven Adaptive Design for Wellbeing in Outdoor Public Spaces: Case Studies in Naples", in Aletta F. and Xiao, J. (Eds.), *Handbook of Research on Perception-Driven Approaches to Urban Assessment and Design*. IGI Global, Hershey, New York, pp. 207-239.
- Ascione P. and Bellomo M. (2012), *Retrofit per la residenza – Tecnologie per la riqualificazione del patrimonio edilizio in Campania*. Clean Edizioni, Napoli.
- Bassolino E. and Scarpati F. (2017), "An integrated methodology for the simulation of buildings and open spaces interaction to define climate adaptive strategies: the case study of the Duchesca district in Naples", *Proceedings of International Conference on Urban Comfort and Environmental Quality, URBAN-CEQ*, Genova, Italy, September 28-29, 2017.
- Bianchi R. (1986), *Le tecniche esecutive nell'edilizia residenziale degli anni '80 – Dal tradizionale evoluto al cosiddetto industrializzato*. Franco Angeli, Milano.
- City of Philadelphia (2014), *City of Philadelphia Green Streets Design Manual*, City of Philadelphia, Pennsylvania
- Civiero P. (2017), *Tecnologie per la riqualificazione – Soluzioni e strategie per la trasformazione intelligente del comparto abitativo esistente*. Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.

- Davino G. and Bassolino E. (2019), "Adaptive design strategies for buildings' retrofit in response to climate change". *AGATHÓN - International Journal of Architecture, Art and Design*, vol.6, pp. 192-199
- EEA (2009), *Ensuring Quality of Life in Europe's Cities and Towns – Tackling the environmental challenges driven by European and global change*. EEA Report no. 5/2009, European Environment Agency, Copenhagen.
- Fanger, P. O. (1972), *Thermal Comfort – Analysis and Application in Environmental Engineering*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001), Model output described in the 2001 IPCC Third Assessment Report, https://www.ipcc-data.org/sim/gcm_clim/SRES_TAR/
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2015), *Climate Change 2014 – Synthesis Report*, IPCC, Geneva.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Global Warming of 1.5 °C – Summary for Policymakers*, IPCC, Switzerland.
- Losasso, M. (2015), "Rigenerazione urbana: prospettive di innovazione". *TECHNE. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 10, pp. 4-5
- ONU (2015), *A/RES/70/1. Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile*, Brussels, Belgio.
- Peng C. and Elwan S. (2014), "An outdoor-indoor coupled simulation framework for Climate Change-conscious Urban Neighbourhood Design". *Simulation*, vol. 90, issue 8, pp. 874-891.
- Picone A. (a cura di) (2018), *Antonio Lavaggi. Progetti*. Clean Edizioni, Napoli.
- Roudsari M. S. and Pack M. (2013), "Ladybug: a parametric environmental plugin for Grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design.", *Proceeding of the BS2013, 13th International International Building Performance Simulation Association*, Chambéry, France, August, 26-28, 2013.
- Troup L. and Fannon D. (2016), "Morphing climate data to simulate building energy consumption", *Proceedings of SimBuild 2016, Building Performance Modelling Conference*, Salt Lake City, August 8-12 2016, ASHRAE and IBPSA-USA.
- UNI – Ente Nazionale di Normazione (1981), *UNI 8289- Edilizia. Esigenze dell'utenza finale. Classificazione*. Milano.

Eduardo Bassolino

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II
Via Toledo, 402 – I-80134 Napoli (Italy)
Tel.: +39-081-2538751; fax: +39-081-2538717; email: eduardo.bassolino@unina.it

Francesco Palma Iannotti

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II
Via Toledo, 402 – I-80134 Napoli (Italy)
Email: francesco.palma.iannotti@gmail.com

