

BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

23

numero 2 | anno 2023



BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

23

numero 2 | anno 2023

**Integrating Nature
in the City to Face
Climate Change**



BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

Via Toledo, 402
80 134 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, Italy

Co-editors in chief

Maria Cerreta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

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

Associate editors

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

Giuliano Poli, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Editorial board

Antonio Acierno, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Luigi Biggiero, Department of Civil, Building and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Italy

Mario Coletta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Teresa Colletta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Grazia Concilio, Department of Architecture and Urban Studies, Politecnico di Milano, Italy

Ileana Corbi, Department of Civil, Building and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Italy

Angela D'Agostino, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Gianluigi de Martino, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Stefania De Medici, Department of Civil Engineering and Architecture, University of Catania, Italy

Gabriella Esposito De Vita, Institute for Research on Innovation and Services for Development, CNR, Naples, Italy

Antonella Falotico, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Francesco Forte, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Rosa Anna Genovese, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Eleonora Giovane di Girasole, Institute for Research on Innovation and Services for Development, CNR, Naples, Italy

Fabrizio Mangoni di Santo Stefano, Department of Architecture, University of Naples, Federico II, Italy

Lilia Pagano, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Luca Pagano, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Italy

Salvatore Sessa, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Carmelo Maria Torre, Department of Civil, Environmental, Land, Building Engineering and Chemistry, Politecnico di Bari, Italy

Editorial staff

Mariarosaria Angrisano, Martina Bosone, Francesca Buglione, Paola Galante, Antonia Gravagnuolo, Silvia Iodice, Chiara Mazzarella,

Ludovica La Rocca, Stefania Regalbuto
Interdepartmental Research Centre in Urban Planning
Alberto Calza Bini, University of Naples Federico II, Italy

Scientific committee

Massimo Clemente, Institute for Research on Innovation and Services for Development, CNR, Naples, Italy

Robert Costanza, Faculty of the Built Environment, Institute for Global Prosperity, UCL, London, United Kingdom

Rocco Curto, Department of Architecture and Design, Politecnico di Torino, Italy

Sasa Dobricic, University of Nova Gorica, Slovenia

Anna Domaradzka, University of Warsaw, Poland

Adriano Giannola, Department of Economics, Management and Institutions, University of Naples Federico II, Italy

Xavier Greffe, École d'économie de la Sorbonne, Paris, France

Christer Gustafsson, Department of Art History, Conservation, Uppsala University, Visby, Sweden

Karima Kourtit, Department of Spatial Economics, Free University Amsterdam, The Netherlands

Mario Losasso, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

Enrico Marone, Research Centre for Appraisal and Land Economics (Ce.S.E.T.), Florence, Italy

Giuseppe Munda, European Commission, Joint Research Centre, Ispra, Varese, Italy

Peter Nijkamp, Department of Spatial Economics, Free University Amsterdam, The Netherlands

Christian Ost, ICHEC Brussels Management School, Belgium

Ana Pereira Roders, Department of Architectural Engineering and Technology, Delft University of Technology, The Netherlands

Joe Ravetz, School of Environment, Education and Development, University of Manchester, United Kingdom

Hilde Remoy, Department of Management in the Built Environment, Delft University of Technology, The Netherlands

Michelangelo Russo, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Italy

David Throsby, Department of Economics, Macquarie University, Sydney, Australia

Marilena Vecco, Burgundy School of Business, Université Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France

Joanna Williams, Faculty of the Built Environment, The Bartlett School of Planning, UCL, London, United Kingdom

Milan Zeleny, Fordham University, New York City, United States of America



Indice/Index

- 225 **Editorial**
Editoriale
Luigi Fusco Girard
- 231 **Rigenerazioni circolari per un metabolismo urbano sostenibile: estensione del ciclo di vita dei rifiuti da costruzione e demolizione**
Circular regenerations for a sustainable urban metabolism: extending the lifespan of Construction and Demolition Waste
Federica Paragliola
- 245 **Ripensare gli spazi pubblici attraverso la rigenerazione del waterfront**
Rethinking public spaces through waterfront regeneration
Laura Casanova, Francesco Rotondo
- 265 **The reuse of urban voids as the infrastructure of collective use spaces**
Il riuso dei vuoti urbani come infrastruttura degli spazi di uso collettivo
Francesca Ciampa
- 283 **Abitare frontiere urbane: una nuova strategia urbana per Napoli Porta Est**
Inhabiting urban boundaries: a new urban strategy for Napoli Porta Est
Marianna Ascolese, Alberto Calderoni
- 301 **Dall'emergenza alla transizione. Strategie e progetti per riabitare i "luoghi comuni"**
From emergency to transition. Strategies and designs to re-inhabit 'common places'
Anna Attademo, Maria Gabriella Errico, Orfina Fatigato
- 317 **Tangible and intangible multiple risks: achieving resilience by enhancing cultural heritage**
Rischi multipli tangibili ed intangibili: ottenere la resilienza valorizzando il patrimonio culturale
Marichela Sepe
- 331 **Green blue Youth Vision 2030: nuove comunità culturali creative e sostenibili**
Green blue Youth Vision 2030: new cultural creative and sustainable communities
Gaia Daldanise, Martina Bosone, Domenico Vito
- 351 **Architettura delle infrastrutture e identità portuali. Il caso studio della nuova stazione marittima di levante a Napoli**
The architecture of infrastructures and maritime identities. The case-study of the new eastern maritime station in Naples
Lilia Pagano, Paola Galante
- 371 **Implementazione di un framework metodologico con strumenti ICT per la gestione sostenibile degli spazi aperti urbani in risposta alle ondate di calore**
Implementation of a methodological framework with ICT tools for the sustainable management of urban open spaces in response to heat waves
Eduardo Bassolino, Sara Verde

-
- 399 **Climate adaptation and Water Sensitive Urban Design: the case study of a university campus in the city of L'Aquila**
Adattamento climatico e Water Sensitive Urban Design: il caso studio di un polo universitario nella città di L'Aquila
Camilla Sette
- 421 **Esperimenti per la governance climatica locale. Il Laboratorio Azione Clima di Napoli**
Experiments for local climate governance. The Climate Action Lab of Naples
Maria Federica Palestino, Cristina Visconti, Marilena Prisco
- 439 **Un'infrastruttura verde nel contesto regionale della Sardegna: uno studio sul miglioramento delle funzioni territoriali e della connettività**
A green infrastructure in the Sardinian regional context: a study on the enhancement of spatial functions and connectivity
Federica Isola, Sabrina Lai, Federica Leone, Corrado Zoppi



fedOAPress

Integrating Nature in the City to Face Climate Change

Journal home page www.bdc.unina.it



Implementazione di un framework metodologico con strumenti ICT per la gestione sostenibile degli spazi aperti urbani in risposta alle ondate di calore

Implementation of a methodological framework with ICT tools for the sustainable management of urban open spaces in response to heat waves

Eduardo Bassolino^{a,*}, Sara Verde^b

AUTHORS & ARTICLE INFO

^a Department of Architecture,
University of Naples Federico II,
Italy

^b Department of Architecture,
University of Naples Federico II,
Italy

* Corresponding author
email: eduardo.bassolino@unina.it

ABSTRACT AND KEYWORDS

Implementation of a methodological framework with ICT tools

The contribution aims to develop an operational workflow for the verification and implementation of the setting criteria defined within the methodological framework developed for the subsystem of open spaces with the 'PLANNER' research, a study activity that investigates the definition of climate proof environmental design strategies in the urban context. The testing phase was conducted in the northern area of Naples, the application case of the departmental research 'PER_CENT / Periferie al Centro'. The analysis of the results proposed by the PLANNER web-GIS platform and the implementation of data exchange processes between GIS-based and VPL platforms, already applied in the research project, allowed the identification of critical aspects in the classification of recurring urban form types and the implementation of new recurring urban forms. Meta-design and design actions can be defined on these urban forms through a set of climate proof technical solutions in response to rising urban temperatures and heat waves.

Keywords: computational design, environmental analysis, adaptive approach, data exchange, urban comfort, climatic risk

Implementazione di un framework metodologico con strumenti ICT

L'attività di ricerca e sperimentazione che viene presentata e che indaga in ambito urbano la definizione di strategie di progettazione ambientale *climate proof*, quale risposta alle alterazioni del clima e del microclima nelle città, fa riferimento alla verifica, alla critica e quindi all'implementazione dei criteri d'impostazione già definiti all'interno del *framework* metodologico sviluppato per il sottosistema degli spazi aperti con la ricerca "PLANNER". Ambito di verifica è il contesto di applicazione della ricerca dipartimentale "PER_CENT / Periferie al Centro", l'area a nord di Napoli. L'analisi dei risultati proposti dalla piattaforma web-GIS di PLANNER e l'attuazione di processi di *data exchange* tra piattaforme GIS-based e VPL, già applicati in PLANNER, ha consentito l'individuazione di aspetti di criticità nella classificazione delle tipologie di forme urbane ricorrenti e l'implementazione di nuove forme urbane ricorrenti, sulle quali definire azioni metaprogettuali e progettuali con un set di soluzioni tecniche *climate proof* in risposta all'aumento delle temperature urbana e alle ondate di calore.

Parole chiave: design computazionale, analisi ambientale, approccio adattivo, scambio di dati, comfort urbano, rischio climatico

Copyright (c) 2023 BDC



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution
4.0 International License.

1. Introduzione

Nell'attuale scenario dei cambiamenti climatici è importante avere consapevolezza degli impatti che essi causano sul microclima locale e comprendere quali sono i rischi per la popolazione nelle aree urbane. Tali aspetti sono determinati da diversi fattori quali, la crescita della popolazione, lo sviluppo economico e il cambiamento di destinazione d'uso del suolo (IPCC, 2022), che sono avvertiti con sempre crescente frequenza e intensità dalla popolazione delle aree urbanizzate, sempre più vulnerabili ed esposti ai mutamenti del clima. Gli impatti di maggiore incidenza attesi nei prossimi decenni saranno provocati da: un innalzamento delle temperature, da un aumento della frequenza di eventi meteorologici estremi (ondate di calore, siccità ed episodi di precipitazioni piovose intense), da una riduzione delle precipitazioni annuali medie e una riduzione dei flussi fluviali annui (MASE, 2022). Gli eventi climatici estremi degli ultimi anni (ad es. l'ondata di calore del 2003 e le frequenti alluvioni dovute alle *heavy rains*) mostrano l'inadeguatezza delle città a fronteggiare i cambiamenti in atto. In particolare, l'aumento delle temperature medie in tutto il mondo ha provocato un maggior numero di ondate di calore con numerose conseguenze sulla salute umana, sulle risorse idriche, sulla produzione alimentare e in generale sugli ecosistemi naturali e antropici. Nelle città, le ondate di calore hanno un impatto diretto, in quanto l'aumento delle temperature, correlato anche alla morfologia urbana stessa (Chokhachian et al., 2020), crea disagi agli abitanti con l'insorgere del rischio di patologie correlate al caldo. Ciò fa sì che i rischi per la popolazione nelle aree urbane legati agli impatti climatici siano maggiormente amplificati, in quanto le città risultano maggiormente esposte e vulnerabili (Spano et al., 2020).

Al fine di valutare gli impatti delle ondate di calore in ambito urbano, negli ultimi anni, sono stati sviluppati strumenti digitali per la previsione e la gestione dei loro effetti, attraverso l'identificazione delle zone maggiormente a rischio e la definizione di strategie di adattamento e mitigazione (Zhong, 2019; White Arkitekter, 2017). Le tecnologie digitali possono contribuire allo studio del clima nelle città e delle ripercussioni che questo ha sul microclima alla scala locale, decodificando e analizzando le differenti interazioni fisiche, termiche, climatiche, ambientali del costruito così da restituire con sempre minore incertezza scenari e strategie per il contrasto degli impatti climatici attraverso lo sviluppo di proposte architettoniche misurabili anche alla scala territoriale (Raven, 2011; Bassolino, 2022).

In questo scenario, il progetto di ricerca "PLANNER - Piattaforma per LA GestioNe dei rischi Naturali in ambiEnti uRbanizzati"¹ ha avuto come obiettivo finale quello di realizzare uno strumento di supporto alle decisioni - una piattaforma web-GIS - che consentisse di mappare il livello di vulnerabilità e di esposizione in ambiente urbano rispetto ai rischi di tipo ambientale (hazard sismico, idrogeologico, cambiamenti climatici). La ricerca, finalizzata alla transizione *climate proof* degli insediamenti urbani (spazi aperti ed edifici), in risposta ai fenomeni di cambiamento climatico in atto con un focus sul fenomeno delle ondate di calore, fornisce un kit completo di strumenti interoperabili, tecnologie e metodologie per la valutazione, gestione dei rischi e mitigazione attraverso misure di incremento della resilienza urbana. Lo sviluppo della metodologia di analisi e definizione di strategie di applicabilità di soluzioni tecnico-progettuali *climate proof* per la riduzione della vulnerabilità climatica degli spazi aperti alle ondate di calore, è stato definito attraverso processi di simulazione con strumenti ICT *GIS-based* e di *Parametric e Computational Design*, quali la piattaforma VPL di *Grasshopper* (Xu et al., 2019). Sulla base del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (MASE, 2022), facendo riferimento alla zonizzazione climatica del territorio italiano in 6

macroregioni², sono state scelte 6 città rappresentative (Torino, Napoli, Potenza, Bolzano, Trieste e Palermo), da testare e per le quali determinare il grado di applicabilità e la rispondenza di categorie d'intervento *climate proof* (*greening, depaving, shading, cool materials, water bodies*) (Chatzidimitriou et al., 2017), in differenti tipologie di spazi aperti morfologicamente distinti e rappresentativi, quali edifici a corte, edifici in linea, edifici isolati, edifici a blocco, corti attigue, piazze, larghi, aree a verde (Bassolino et al., 2021), per differenti scenari climatici, quali il trentennio 1990-2019 (2000s), e il trentennio 2040-2069 (2050s).

Il contributo si pone come obiettivo l'implementazione di processi di *data exchange* con strumenti ICT, quali piattaforme *GIS-based* e *Virtual Programming Language* (VPL) (Perini et al., 2017). In particolare, è stato sviluppato un *workflow* per la verifica dell'accuratezza dei risultati del processo di associazione di spazi aperti morfologicamente tipizzati e classificati nella ricerca con i tessuti urbani reali (sezione 2). Il processo si basa su quello che è l'apparato di conoscenze e dei processi metodologici sviluppati dal progetto PLANNER (D'Ambrosio et al., 2020; Verde et al., 2020; Bassolino et al., 2021; Verde et al., 2021; Tersigni et al., 2021). In seguito alla prima fase di verifica, il processo per il controllo dell'accuratezza è stato ulteriormente testato su un campione di 4 tipi di tessuti sui quali sono stati effettuati ulteriori simulazioni per la valutazione dei parametri ambientali (sezione 3). Conclusa la fase di testing, il workflow metodologico proposto è stato applicato per sviluppare un'ipotesi di implementazione del database di spazi aperti morfologicamente tipizzati, esito della ricerca PLANNER (sezione 4). I risultati (sezione 5) hanno dimostrato il grado di affidabilità e di accuratezza dei risultati ottenuti attraverso i processi di modellazione e simulazione formulati, confermando la piattaforma PLANNER quale valido strumento di supporto decisionale per il progetto *climate proof* degli insediamenti urbani urbani (sezione 6).

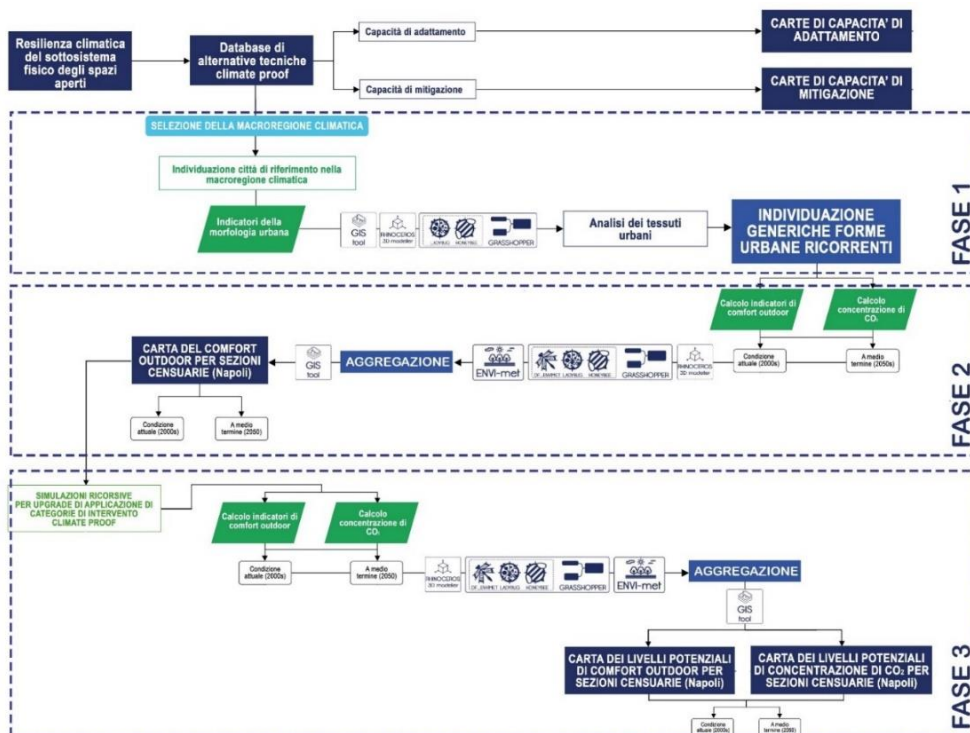
2. Materiali e metodi

Allo scopo di effettuare operazioni di *testing* e verifica relative alla correttezza degli output ottenibili dalla piattaforma web-GIS di PLANNER, e in particolare per il sottosistema degli spazi aperti, è stato sviluppato un approccio metodologico (Figura 1), basato necessariamente su quanto già definito nel progetto di ricerca PLANNER (Bassolino et al., 2021; Verde et al., 2021). Inoltre, il processo metodologico è stato esteso a partire da esperienze analoghe precedentemente sviluppate (D'Ambrosio et al., 2017; Aprea et al., 2019).

Focus del processo metodologico è stata la verifica sulla correttezza dell'associazione di spazi aperti morfologicamente tipizzati e classificati nell'ambito del progetto PLANNER (Figura 2), rispetto a tessuti urbani reali, oltre che la conseguente associabilità di adeguate soluzioni *climate proof* in risposta al fenomeno delle ondate di calore (Figura 3).

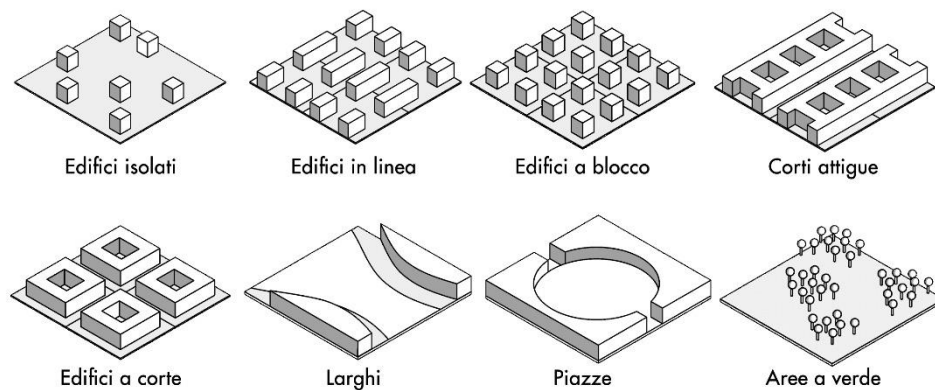
Campo di sperimentazione del processo di verifica e implementazione metodologica è l'area nord di Napoli (Figura 4), i cui confini sono stati definiti all'interno degli esiti del progetto di ricerca dipartimentale PER_CENT/PERiferie al CENTro³, che ha quale obiettivo quello di mettere a punto modalità progettuali di dimensione interscalare e multidisciplinare per la città contemporanea.

Figura 1. Approccio metodologico



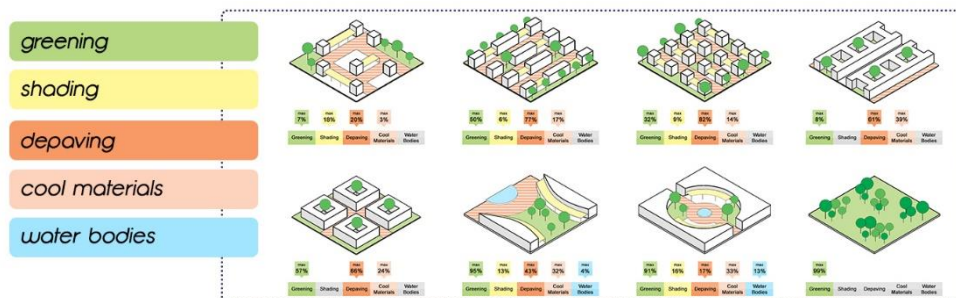
Fonte: Elaborazione degli autori.

Figura 2. Forme urbane tipizzate nell'ambito del progetto di ricerca PLANNER



Fonte: Elaborazione degli autori.

Figura 3. Soluzioni *climate proof* associate alle forme urbane tipizzate

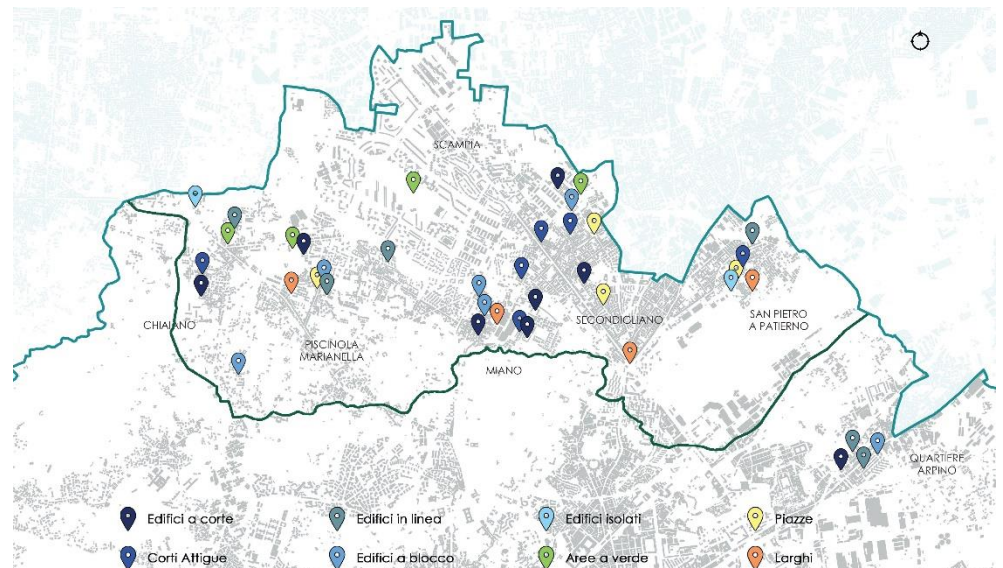


Fonte: Elaborazione degli autori.

2.1 Verifica dell'efficacia della piattaforma PLANNER e individuazione delle criticità

La verifica sull'efficacia della metodologia PLANNER per il sottosistema degli spazi aperti è stata condotta attraverso la consultazione della piattaforma web-GIS e una campagna di *testing* a campione nell'area di studio a Nord di Napoli individuata dal progetto di ricerca PER_CENT. In particolare, è stato individuato un numero di 40 tessuti urbani reali classificabili e associabili alle forme urbane ricorrenti individuate nel progetto PLANNER, quali le corti attigue, gli edifici a corte, gli edifici in linea, gli edifici a blocco, gli edifici isolati, le piazze, i larghi e le aree verdi⁴ (Figura 4).

Figura 4. Aree studio individuate nell'area nord di Napoli



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

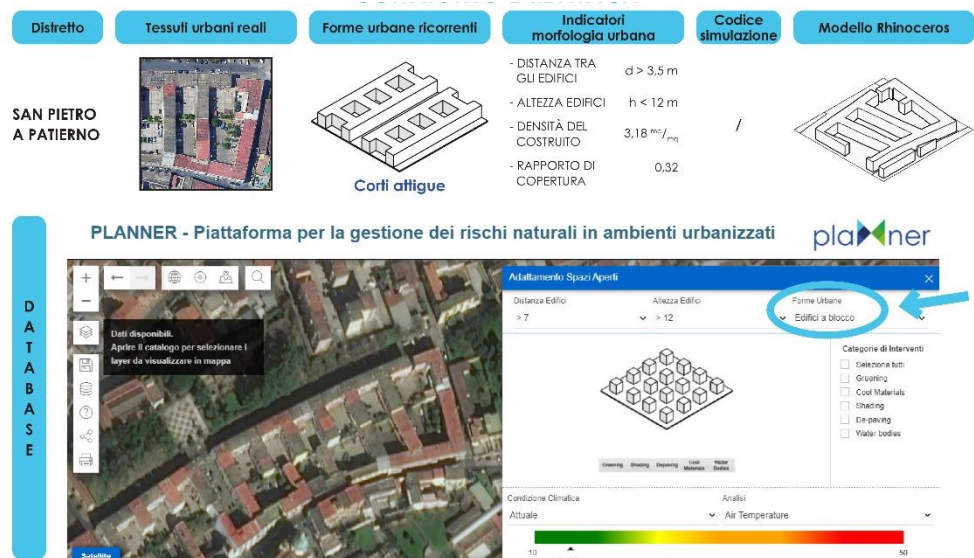
I tessuti urbani utilizzati come campione rispondono anche a uno degli obiettivi della ricerca PER/CENT, quello di individuare e analizzare l'edificato "d'autore". Considerate tali condizioni al contorno, la risposta della piattaforma PLANNER non risulta sempre adeguata ad individuare la forma urbana ricorrente corretta (Figura 5).

Tra le possibili cause riscontrate nella difformità nel restituire *output* "adeguati", possono essere individuate due discriminanti che aumentano il livello di approssimazione, quali: la discretizzazione del tessuto urbano attraverso l'impiego del cluster delle sezioni censuarie, per cui la piattaforma restituisce quale risposta la condizione dell'edificato prevalente all'interno della stessa; l'assenza di alcuni fattori discriminanti tra gli indicatori di morfologia urbana, nella categoria relativa all'altezza degli edifici.

Tra le aree prese in considerazione per la fase di *testing*, alcune tra queste che fanno parte delle categorie di forme urbane ricorrenti associabili alle corti attigue e agli edifici a corte, presentando un'altezza dell'edificato media inferiore ai 12m. L'apparato classificatorio esclude per la forma urbana degli edifici a corte questa possibilità, definendo, per questa categoria, un'altezza sempre maggiore di 12m. Tale imprecisione classificatoria induce la piattaforma in errore, facendole restituire

un *output* errato nel momento in cui sono selezionate sezioni censuarie che presentano caratteristiche non riconosciute nel *database* contenente le variabili individuate.

Figura 5. Utilizzo del *database* per mezzo della piattaforma web-GIS di PLANNER per il confronto e la verifica dei dati nelle aree studio individuate



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

2.2 Un workflow di scambio dati ICT based per la verifica prestazionale microclimatica in ambiente urbano

Attraverso l'impiego di un *workflow* per lo scambio di dati tra diversi strumenti ICT basato su l'uso della piattaforma di *Virtual Programming Language* (VPL), di Grasshopper e alcuni *add-on*, è stato possibile sfruttare le potenzialità analitiche del *software* ENVI-met 5 per determinare, in un processo agile e ricorsivo, il comportamento ambientale e prestazionale di differenti tipologie di tessuti urbani in risposta alle sollecitazioni dell'ambiente nelle stagioni calde, in particolare, durante il verificarsi di condizioni e fenomenologie estreme (aumento delle temperature e ondate di calore). Inoltre, la definizione della sensazione di benessere percepito da diverse categorie di utenti (adulti, bambini ed anziani), per mezzo dell'indice del *Predicted Mean Vote* (PMV) (ISO, 2005; Fanger, 1972), consente l'individuazione dei livelli di criticità riscontrabili nell'ambiente costruito in risposta alle sollecitazioni ambientali e, successivamente, di ottenere risultati sperimentali ed allo stesso tempo attendibili sull'impiego di categorie d'intervento *climate proof* (*greening, depaving, cool materials, shading* e *water bodies*), per aumentare il grado di adattabilità degli spazi aperti urbani.

2.3 Definizione dei processi di analisi e data exchange per la definizione del comportamento microclimatico degli spazi aperti individuati

La determinazione della capacità di adattamento al fenomeno delle ondate di calore in ambiente urbano delle forme urbane di spazi aperti ricorrenti individuate, è stato condotto attraverso un processo di simulazione e analisi del comportamento microclimatico con gli strumenti ICT già citati.

Allo scopo di poter valutare la risposta performativa alle sollecitazioni climatiche estive estreme dovute ai cambiamenti climatici degli spazi aperti individuati, oltre che il possibile grado di adattamento, l'indice del PMV permette di valutare la sensazione di comfort termico outdoor percepito dagli utenti, sulla base delle caratteristiche morfologiche e ambientali e delle caratteristiche termiche e fisiche dei materiali che compongono lo spazio urbano.

Il processo simulativo per la determinazione del calcolo del comfort termico all'interno dei tessuti urbani ricorrenti è stato eseguito sia per lo scenario climatico attuale, sia per uno scenario climatico previsionale a medio termine (2050s) attraverso file climatici di tipo EPW (Energy Plus, 2023; Aprea, 2017), e il *morphing* di questi al 2050s (CCWorldWeatherGen, 2023; Troup et al., 2017).

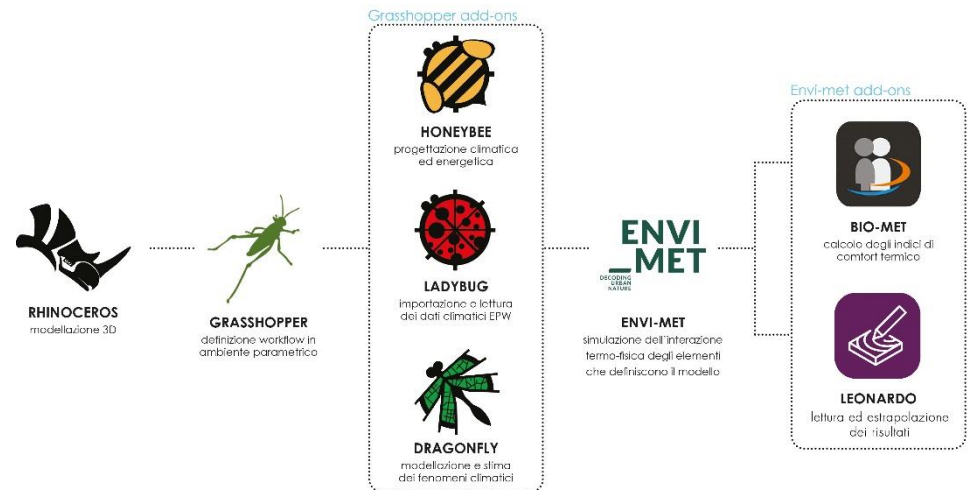
Sulla base di quanto già sviluppato per il *workflow* di PLANNER, è stato impiegato quale giorno di simulazione il 15 luglio (espressione dei dati medi raccolti per un evento di ondata di calore sul territorio italiano), estraendo i relativi dati di simulazione alle ore 12:00.

La valutazione del grado di soddisfacimento in uno spazio aperto in condizioni di ondata di calore è stata calcolata per differenti categorie di utenti, quali: un adulto (uomo, altezza 175cm, 75kg, 35 anni di età, vestiario con valore di *clothing*: 0,70); una persona anziana (uomo, altezza 165cm, 65kg, 75 anni di età, vestiario con valore di *clothing*: 0,70), e un bambino (uomo, altezza 141cm, 30kg, 8 anni di età, vestiario con valore di *clothing*: 0,40).

Inoltre, dai processi di simulazione, oltre ai dati di PMV, sono stati estrapolati i relativi valori di *Potential Air Temperature* espressi in °C e di concentrazioni di gas serra, espressi in ppm (particelle per milione). Quest'ultime, consentiranno di restituire una lettura del potenziale di riduzione delle concentrazioni di CO₂ che le soluzioni per l'adattamento climatico saranno in grado di garantire in termini assoluti, considerando che il *software* ENVI-met è configurato con un valore di partenza di 400ppm (ENVI-met, 2023; Gibbins et al., 2010; IEA, 2019; Mocaglieri et al, 2020), mantenendo inalterato tale valore anche per le simulazioni a medio termine. In tal senso, gli *output* dei livelli potenziali di riduzione delle concentrazioni di CO₂ andranno letti come un'alterazione relativa al solo aumento delle temperature e consentiranno di osservare l'aumento e/o la riduzione assoluta con riferimento al valore predefinito di 400 ppm.

Il processo di simulazione e analisi è stato condotto mediante il *software* di simulazione microclimatica ENVI-met 5⁵, il quale associa al modello tridimensionale di un'area urbana, la simulazione del comportamento fisico degli elementi presenti al suo interno e ne determina l'interazione tra con le componenti ambientali. La costruzione del modello tridimensionale è stata effettuata tramite l'utilizzo del *software* Rhinoceros e delle estensioni del *plug-in* per la progettazione parametrica Grasshopper, Dragonfly e df_envimet (GitHub df_envimet, 2023). L'utilizzo di queste estensioni ha permesso di ridurre i tempi necessari per il processo di costruzione e simulazione dei modelli tridimensionali associati alle generiche forme urbane individuate (Figura 6).

Figura 6. Workflow di data exchange tra strumenti ICT



Fonte: Elaborazione degli autori.

2.4 Analisi dei risultati parziali ottenuti

Il *workflow* basato sugli strumenti ICT impiegati, ha permesso di elaborare le simulazioni sul comportamento ambientale delle 40 forme urbane ricorrenti prese in considerazione, ottenendo risultati sulla percezione del comfort secondo l'indice del PMV i soggetti campione nei due scenari climatici, al 2000s e al 2050s.

I risultati estratti dai processi di simulazione effettuati hanno messo in mostra per ogni forma urbana individuata una situazione complessiva di *discomfort* (Figura 7, Tabella 1). Se confrontati, i dati dello scenario climatico al 2000s e i valori di quello previsionale a medio termine (2050s), si può notare un incremento dei valori che talvolta si aggira anche intorno al 30%. Si evince, quindi, che, a causa del fenomeno dell'ondata di calore, la popolazione è sottoposta ad alti livelli di vulnerabilità con fenomeni climatici che hanno effetti sia sulla salute, sia sulla fruizione stessa degli spazi aperti.

I valori ottenuti sono stati confrontati con quelli presenti all'interno *database* degli spazi aperti di PLANNER per la città di Napoli, che contiene dati sulle simulazioni di forme urbane morfologicamente ricorrenti sia al 2000s, sia al 2050s, considerando un margine di errore massimo del 35%. Tutti i valori sono stati verificati e ritenuti validi con un $\Delta \text{ max} = 29\%$ (Tabella 2).

Il confronto con i dati presenti nel *database* di PLANNER e i risultati ottenuti dalle 40 aree analizzate, evidenziano un grado di approssimazione accettabile, ripercorrendo all'inverso quanto già determinato nel processo di comparazione già eseguito durante la definizione della metodologia in PLANNER e che è servito a determinare il grado di accuratezza tra i dati ottenibili da simulazioni sulle forme urbane reali e quelle definite morfologicamente ricorrenti.

Nonostante il riscontro positivo ottenuto, non è stato possibile confrontare i dati ottenuti per quelle casistiche non presenti nel *database*, corti attigue e edifici a corte con altezza inferiore ai 12 m, e che fanno riferimento alle criticità riscontrate nell'apparato classificatorio degli spazi aperti della piattaforma web-GIS di PLANNER.

Tabella 1. Risultati delle analisi dello stato di fatto per le forme urbane identificate nei distretti di Chiaiano e Miano

Distretto urbano	Forme urbane ricorrenti	Cod. sim	Valori indicatori stato di fatto														
			PMV_CHILD			PMV_ADULT			PMV_OLD			AIR TEMPERATURE [°C]			CO2 CONCENTRATION [ppm]		
			2005	2050	A%	2005	2050	A%	2005	2050	A%	2005	2050	A%	2005	2050	A%
Miano	Corti attigue	\	3,48	4,22	21,26	3,08	3,75	21,75	3,10	3,80	22,58	28,35	30,57	7,83	403,80	403,68	-0,03
	Edifici a corte	\	3,62	4,39	21,27	3,20	3,91	22,19	3,23	3,96	22,60	28,53	30,79	7,92	409,88	409,65	-0,06
	Edifici in linea	EL04	3,66	4,40	20,22	3,24	3,92	20,99	3,27	3,98	21,71	28,54	30,76	7,78	404,07	403,94	-0,03
	Edifici a blocco	EB03	4,23	5,01	18,44	3,71	4,45	19,95	3,76	4,53	20,48	29,25	31,55	7,86	412,30	412,10	-0,05
	Edifici isolati	S01	3,55	4,23	19,15	3,19	3,84	20,38	3,22	3,89	20,81	28,47	30,66	7,69	403,08	402,91	-0,04
Chiaiano	Aree a verde	AV02	4,00	4,75	18,75	3,53	4,26	20,68	3,57	4,33	21,29	29,13	31,42	7,86	411,42	411,24	-0,04
	Corti attigue	\	3,91	4,67	19,44	3,45	4,16	20,58	3,48	4,23	21,55	28,81	31,08	7,88	411,46	411,18	-0,07
	Edifici a corte	CA02	3,78	4,55	20,37	3,33	4,04	21,32	3,36	4,10	22,02	28,81	31,09	7,91	411,80	411,52	-0,07
	Edifici a corte	\	3,09	3,81	23,30	2,74	3,40	24,09	2,75	3,44	25,09	27,21	30,10	10,62	402,04	401,83	-0,05
	Edifici a corte	EC01	3,52	4,26	21,02	3,11	3,79	21,86	3,14	3,84	22,29	28,35	30,56	7,80	403,82	403,65	-0,04
Miano	Edifici a blocco	EB01	3,75	4,49	19,73	3,30	3,99	20,91	3,33	4,04	21,32	28,20	30,40	7,80	403,49	403,31	-0,04
	Edifici a blocco	EB04	3,63	4,40	21,21	3,20	3,91	22,19	3,26	3,97	22,91	28,60	30,89	8,01	411,51	411,26	-0,06
	Larghi	L02	4,03	4,76	18,11	3,57	4,25	19,05	3,62	4,32	19,34	28,77	30,96	7,61	404,44	404,25	-0,05

Fonte: Elaborazione degli autori.

Tabella 2. Confronto dei risultati delle analisi dello stato di fatto per il distretto di Chiaiano con i dati del database degli spazi aperti di PLANNER

Distretto urbano	Forme urbane ricorrenti	Cod. sim	Valori indicatori stato di fatto														
			PMV_CHILD			PMV_ADULT			PMV_OLD			AIR TEMPERATURE [°C]			CO2 CONCENTRATION [ppm]		
			Data-base	2005	A%	Data-base	2005	A%	Data-base	2005	A%	Data-base	2005	A%	Data-base	2005	A%
Chiaiano	Corti attigue	\	\	3,48	\	\	3,08	\	\	3,10	\	\	28,35	\	\	403,80	\
	Edifici a corte	\	\	3,62	\	\	3,20	\	\	3,23	\	\	28,53	\	\	409,88	\
	Edifici in linea	EL04	3,62	3,66	1,10	3,04	3,24	3,58	3,22	3,27	1,55	25,75	28,54	10,83	410,98	404,07	-1,68
	Edifici a blocco	EB03	3,82	4,23	10,73	3,18	3,71	16,67	3,40	3,76	10,59	26,53	29,25	10,25	410,86	412,30	0,35
	Edifici isolati	S01	3,55	3,55	0,00	3,02	3,19	5,63	3,19	3,22	0,94	27,87	28,47	2,15	409,99	403,08	-1,69
Chiaiano	Aree a verde	AV02	4,14	4,00	-3,38	3,34	3,53	5,69	3,62	3,57	-1,38	28,02	29,13	3,96	409,71	411,42	0,42
	Corti attigue	\	\	4,22	\	\	3,75	\	\	3,80	\	\	30,57	\	\	403,68	\
	Edifici a corte	\	\	4,39	\	\	3,91	\	\	3,96	\	\	30,79	\	\	409,65	\
Chiaiano	Edifici in linea	EL04	4,28	4,40	2,80	3,56	3,92	10,11	3,86	3,98	3,11	27,34	30,76	12,51	410,77	403,94	-1,66
	Edifici a blocco	EB03	4,48	5,01	11,83	3,72	4,45	19,62	4,06	4,53	11,58	28,33	31,55	11,37	410,91	412,10	0,29
	Edifici a blocco	S01	4,26	4,23	-0,70	3,60	3,84	6,67	3,90	3,89	-0,26	30,13	30,66	1,76	409,93	402,91	-1,71
	Edifici isolati	S01	4,26	4,87	14,32	3,60	4,37	21,39	3,90	4,44	13,85	30,13	31,40	4,22	409,93	411,42	0,37
	Aree a verde	AV02	5,02	4,75	-5,38	4,04	4,26	5,45	4,49	4,33	-3,56	31,42	31,42	3,08	410,00	411,24	0,30

Fonte: Elaborazione degli autori.

3. Fase di testing e risultati sperimentali su interventi pilota

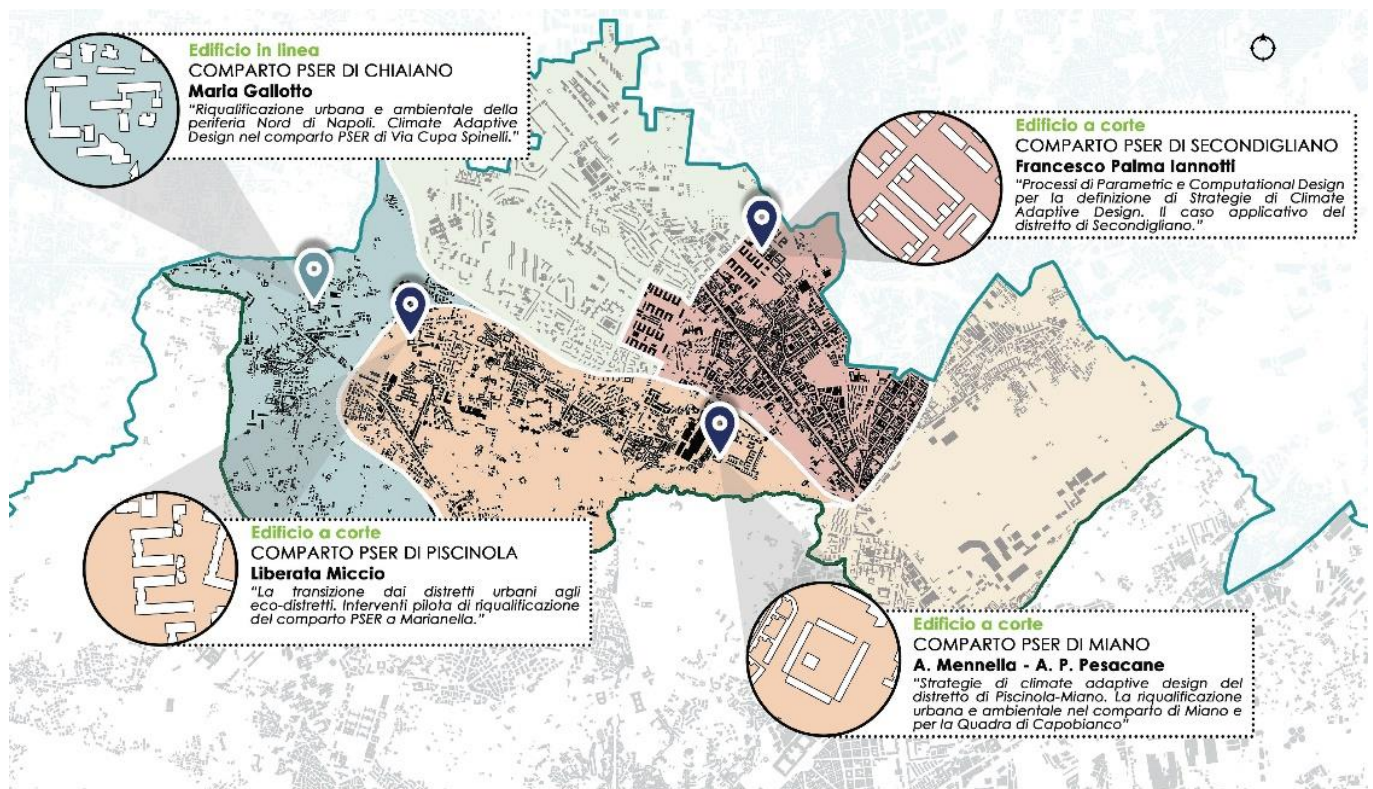
A seguito di questa prima fase di verifica, sui 40 tessuti analizzati ne sono stati individuati 4, per i quali sono stati eseguiti ulteriori processi di simulazione allo scopo di restituire analisi ambientali relativamente ai valori di temperature dell'aria, umidità e emissioni di CO₂, oltre che del benessere percepito dagli utenti secondo l'indice del PMV (adulti, bambini e persone anziane), sia nello scenario climatico attuale (2000s), sia nello scenario climatico a medio termine (2050s) per la città di Napoli (Troup et al., 2016).

Dai risultati numerici e sotto forma di grafici è stato possibile analizzare le criticità ambientali dei 4 tessuti presi in considerazione. Lo scopo è quello di poter definire scenari metaprogettuale con l'introduzione e l'applicazione di soluzioni tecniche facenti parte del ventaglio di categorie d'intervento *climate proof* definite per il progetto di ricerca PLANNER.

Scopo di tale processo, è quello di poter definire l'adeguatezza dei dati presenti nel *database* degli spazi aperti di PLANNER quando confrontati con dati simulativi relativi a condizioni reali.

I 4 tessuti urbani individuati sono localizzati ognuno all'interno di un distretto urbano differente definito nell'ambito della ricerca PER/CENT nell'area nord di Napoli. Questi inquadrano quattro interventi progettuali, considerati progetti d'autore e realizzati a seguito del Programma P.S.E.R.⁶ quali, il complesso residenziale progettato dell'arch. Felici Giunchi nel distretto di Chiaiano, "la Quadra" progettata dall'arch. Michele Capobianco nel distretto di Miano, il complesso residenziali progettato dall'arch. Massimo Pica Ciamarra nel distretto di Piscinola e il comparto residenziale progettato dagli archh. Giancarlo Buontempo, Antonio Lavaggi, Luigi Piscioti e Dante Rabitti nel distretto di Secondigliano (Figura 7).

Figura 7. Individuazione degli interventi pilota nell'area nord di Napoli



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

Delle forme urbane scelte, solo una, quella di Miano, non rientra nei parametri individuati dagli indicatori di morfologia urbana presenti nel *database* della ricerca PLANNER (Figura 8). La conduzione di un'analisi funzionale-spaziale delle aree individuate per gli interventi pilota (Figura 9), ha permesso di categorizzare, quantificare e parametrizzare le quantità e le percentuali degli elementi tecnologici

e naturali che definiscono le aree, allo scopo di poterli simulare, ma soprattutto di evidenziare le necessità di implementazione, riduzione e modificazione di determinati elementi, attraverso l'impiego di soluzioni *climate proof*.

Figura 8. Classificazione sulla base delle categorie fornite dal database PLANNER delle aree degli interventi pilota

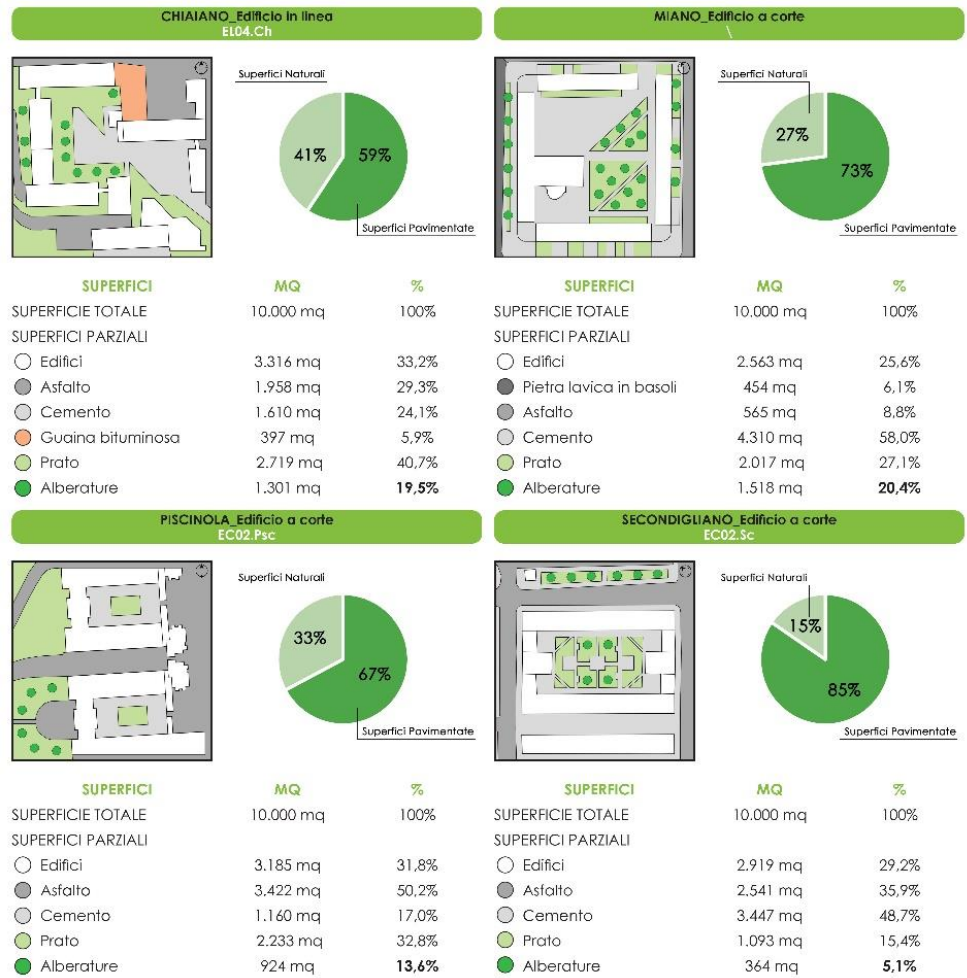
Distretto	Tessuti urbani reali	Forme urbane ricorrenti	Indicatori morfologia urbana	Codice simulazione	Modello Rhinoceros
CHIAIANO			<ul style="list-style-type: none"> - DISTANZA TRA GLI EDIFICI: $d > 7$ m - ALTEZZA EDIFICI: $h > 12$ m - DENSITÀ DEL COSTRUITO: $3.48 \text{ m}^2/\text{m}^2$ - RAPPORTO DI COPERTURA: 0,33 	EL04.Ch	
MIANO			<ul style="list-style-type: none"> - DISTANZA TRA GLI EDIFICI: $d > 7$ m - ALTEZZA EDIFICI: $h < 12$ m - DENSITÀ DEL COSTRUITO: $2.17 \text{ m}^2/\text{m}^2$ - RAPPORTO DI COPERTURA: 0,26 	EC_Mn	
PISCINOLA			<ul style="list-style-type: none"> - DISTANZA TRA GLI EDIFICI: $d > 7$ m - ALTEZZA EDIFICI: $h > 12$ m - DENSITÀ DEL COSTRUITO: $3.48 \text{ m}^2/\text{m}^2$ - RAPPORTO DI COPERTURA: 0,33 	EC02.Psc	
SECONDIGLIANO			<ul style="list-style-type: none"> - DISTANZA TRA GLI EDIFICI: $d > 7$ m - ALTEZZA EDIFICI: $h > 12$ m - DENSITÀ DEL COSTRUITO: $3.45 \text{ m}^2/\text{m}^2$ - RAPPORTO DI COPERTURA: 0,32 	EC02.Sc	

Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

Dai risultati delle prime simulazioni, allo scenario attuale si evidenzia una condizione di partenza già critica. Osservando i dati di temperatura dell'aria e PMV, questi evidenziano una condizione media di discomfort, in cui però la presenza di elementi e soluzioni tecniche asseribili tra quelle definite come *climate proof*, ma anche la sola tipologia morfologica, permettono di osservare aree maggiormente confortevoli. Condizione che si aggraverà però considerando lo scenario di proiezione climatica al 2050s, in cui anche le aree prima osservate con un buon livello di comfort, virano verso una condizione sfavorevole, pur mantenendo valori più bassi (Figure 10 e 11).

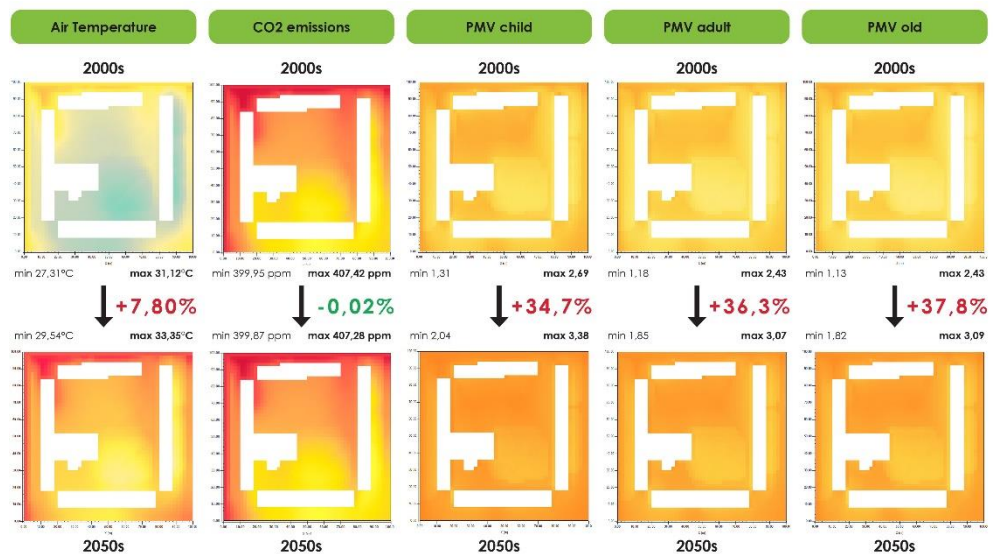
Un'applicazione metaprogettuale consentirà nelle fasi successive, attraverso processi di simulazione ICT ricorsivi, di definire le percentuali di applicabilità delle categorie d'intervento *climate proof* maggiormente adeguate secondo la risposta prestazionale con riferimento alla nuova casistica di tessuto urbano ricorrente e individuata sulla base delle variazioni morfologiche riscontrate.

Figura 9. Analisi funzionale-spaziale delle aree per gli interventi pilota



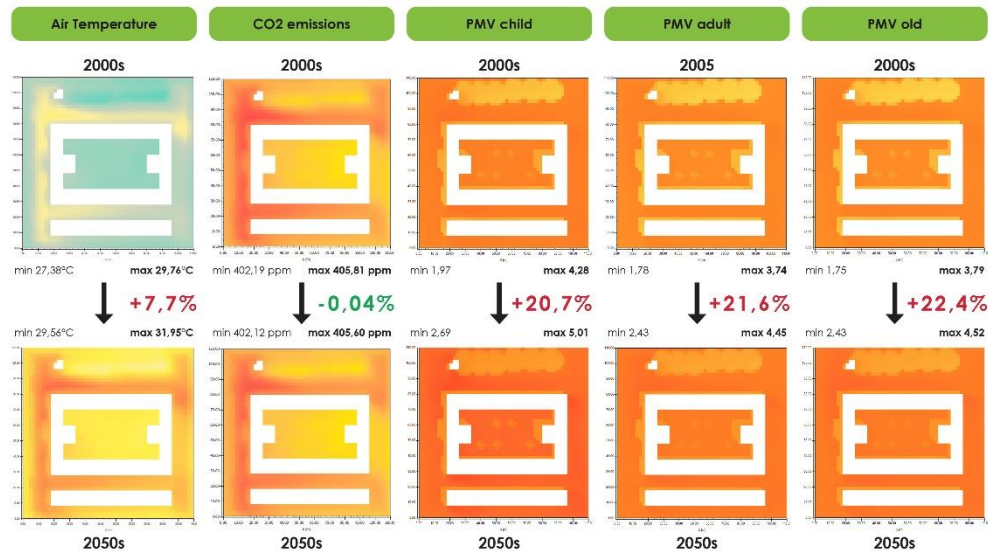
Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

Figura 10. Risultati delle simulazioni allo stato di fatto per l'area nel distretto urbano di Miano



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

Figura 11. Risultato delle simulazioni allo stato di fatto per l'area localizzata nel distretto urbano di Secondigliano.



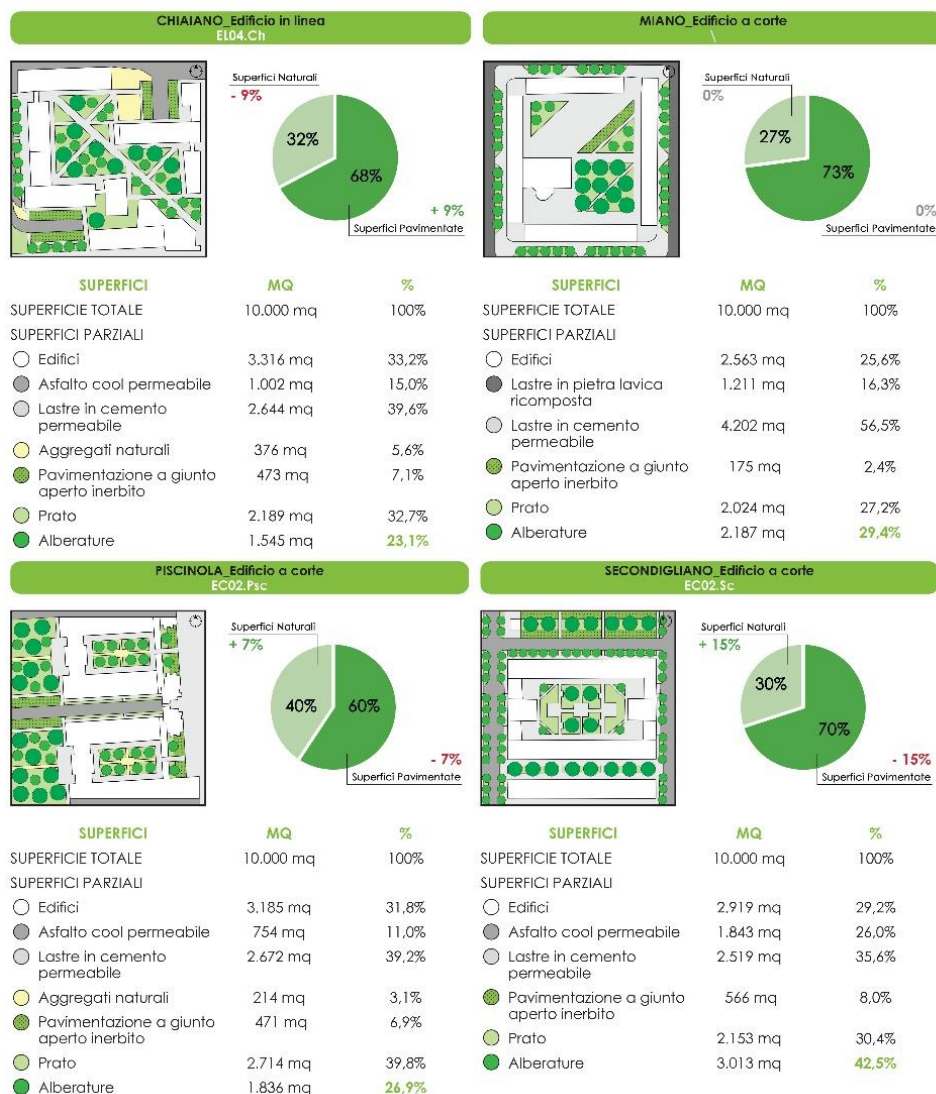
Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

3.1 Testing metaprogettuale

Attraverso un livello di definizione metaprogettuale (Figura 12) si è scelto di testare e verificare il grado di applicabilità e la risposta prestazionale offerta da categorie d'intervento *climate proof* mediante l'applicazione del *workflow* con strumenti ICT. Le soluzioni scelte si caratterizzano per il *greening*, nell'introduzione di filari d'alberi, *rain garden* e aiuole, per le azioni di *depaving*, nella previsione dell'aumento della permeabilità dei suoli con l'introduzione di soluzioni capaci di contenere le temperature superficiali mediante fenomeni evapotraspirativi, oltre che l'introduzione di *cool materials* allo scopo di ridurre la temperatura dell'aria riducendo il *discomfort* percepito durante le stagioni calde.

L'insieme delle soluzioni può garantire un contributo concreto alla definizione di spazi aperti urbani capaci di adattarsi al clima futuro e di mitigare i fenomeni di ondate di calore e l'aumento delle temperature.

Figura 12. Applicazione metaprogettuale nelle aree di intervento delle categorie di intervento *climate proof* previste dalla piattaforma PLANNER per la verifica del grado di applicabilità e della risposta prestazionale



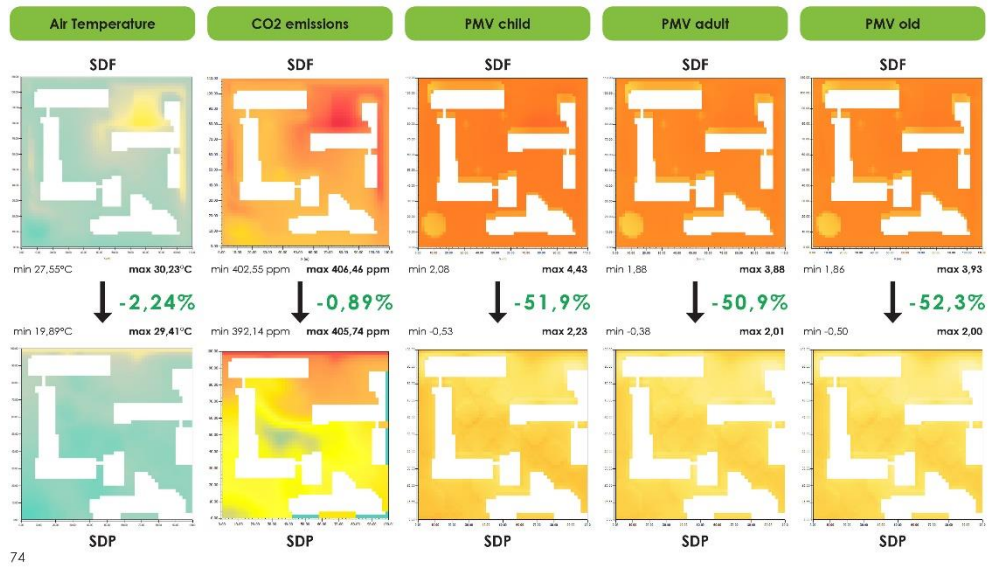
Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

3.2 Risultati sperimentali

Differenti gradi di applicabilità per le soluzioni metaprogettuali *climate proof* sono stati applicati e testati per le 4 forme urbane ricorrenti scelte, utilizzando i parametri definiti all'interno del *database* delle soluzioni di PLANNER. Per l'area di Miano, le cui caratteristiche morfologiche non rientrano all'interno dei parametri individuati dagli indicatori di morfologia urbana di PLANNER, i dati ottenuti dalle simulazioni risultano contrastanti e non in linea con quelli delle altre 3 forme urbane. Dai risultati ottenuti è possibile evidenziare un trend in cui le soluzioni metaprogettuali *climate proof*, adeguatamente calibrate durante le fasi di testing del progetto PLANNER, riescono a garantire un buon grado di miglioramento, sia sui valori di riduzione delle temperature medie (tra -2.00 e -5.00 %), e di emissioni di CO₂ (tra -0.60 e -1.20 %), sia di PMV (tra -50.00 e -67.00 %), in entrambi gli scenari climatici. Altresì, si vede come le soluzioni calibrate per gli edifici a corte con altezza dell'edificato maggiore

di 12 m, non risultino adeguate per la stessa tipologia, ma con altezza inferiore: la temperatura medie aumenta tra +1.98 e +2.56%, le emissioni di CO₂ di circa +0.20%, mentre i valori di PMV, seppur ridotti, non raggiungono l'aumento delle altre tipologie e si attestano tra -5.00 e -9.00 %, in entrambi gli scenari climatici (Figura 14).

Figura 13. Confronto dei risultati delle simulazioni *ex ante* ed *ex post* con applicazione delle categorie di intervento *climate proof* per lo scenario climatico del trentennio 1990-2019 (2000s) per l'area localizzata nel distretto urbano di Milano



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

Figura 14. Quadro di sintesi del confronto dei risultati delle simulazioni *ex ante* ed *ex post* applicazione delle categorie di intervento *climate proof* nelle aree di intervento individuate

	2000s				2050s				
	EC02.Ch	EC_Mn	EC02.Psc	EC02.Sc	EC02.Ch	EC_Mn	EC02.Psc	EC02.Sc	
air T	SDF	28.54 °C	28.98 °C	28.71 °C	28.52 °C	30.76 °C	31.24 °C	30.92 °C	30.72 °C
	SDP	27.90 °C	29.72 °C	27.34 °C	27.38 °C	29.83 °C	31.85 °C	29.44 °C	29.47 °C
CO2	SDF	404.07 ppm	403.84 ppm	404.03 ppm	403.87 ppm	403.94 ppm	403.77 ppm	403.86 ppm	403.71 ppm
	SDP	400.06 ppm	404.69 ppm	399.56 ppm	401.17 ppm	400.37 ppm	404.70 ppm	399.35 ppm	400.95 ppm
PMV child	SDF	3.66	1.99	3.51	3.48	4.40	2.68	4.23	4.20
	SDP	1.76	1.90	1.33	1.20	2.17	2.45	1.93	1.84
PMV adult	SDF	3.24	1.79	3.13	3.10	3.92	2.44	3.79	3.77
	SDP	1.59	1.64	1.20	1.08	1.97	2.24	1.76	1.67
PMV old	SDF	3.27	1.77	3.10	3.12	3.98	2.44	3.84	3.82
	SDP	1.56	1.62	1.08	1.03	1.96	2.23	1.73	1.64

Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

4. Applicazione del *workflow* per l'implementazione del *database* di PLANNER

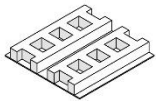
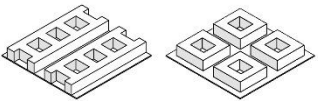
La prima fase di *testing* ha determinato e confermato le criticità emerse durante le prime fasi di verifica dell'efficacia della piattaforma PLANNER. Tra gli obiettivi delle successive operazioni vi è quello di implementare i parametri per gli indicatori di morfologia urbana allo scopo di implementare il *database* e migliorare il riconoscimento automatico nella piattaforma web-GIS delle forme urbane ricorrenti. Inoltre, sarà possibile definire le più adeguate percentuali di applicabilità delle soluzioni tecnico-progettuali *climate proof* per le casistiche non presenti nel *database*, testare tali casistiche mediante applicazioni metaprogettuali e successivamente progettuali, anche allo scopo di poter determinare il grado di adeguatezza o il discostamento in termini di percentuali di applicabilità delle soluzioni di adattamento *climate proof*.

4.1 Classificazione di nuove forme urbane

All'interno dei 40 tessuti urbani reali individuati, sono quindi emerse diverse casistiche che presentano caratteristiche morfologiche non presenti all'interno del *database* di PLANNER. Sulla base di tali dati, è stato possibile individuare e classificare nuove forme urbane ricorrenti alle quali associare parametri prima non considerati tra gli indicatori descrittivi di morfologia urbana scelti e che definiscono nuove casistiche.

In particolare, si riscontrano due nuove casistiche per il tessuto urbano ricorrente definito "corti attigue" tra quelli classificabili ad alta densità, in cui la discriminante principale è l'altezza degli edifici minore di 12 m. Inoltre, sono state identificate due ulteriori casistiche morfologiche per i tessuti urbani classificabili a media densità, non presenti nel *database* di PLANNER, ovvero le corti attigue e gli edifici a corte (Figura 15).

Figura 15. Ipotesi di implementazione per il tessuto urbano "corti attigue" con l'individuazione di ulteriori casistiche per i tessuti urbani classificabili ad alta e media densità

1. CLASSI	Tessuto urbano ad Alta Densità		Tessuto urbano a Media Densità	
2. FORME URBANE RICORRENTI				
	Corti Attigue		Corti Attigue	Edifici a Corte
DISTANZA TRA GLI EDIFICI [m]	$d < 4$	$d > 4$	$d > 7$	$d > 7$
ALTEZZA EDIFICI [m]	$h < 12$	$h < 12$	$h < 12$	$h < 12$
DENSITA' DEL COSTRUITO [mic/mca]	4,58	3,74	2,98	2,38
RAPPORTO DI COPERTURA	0,51	0,42	0,37	0,31

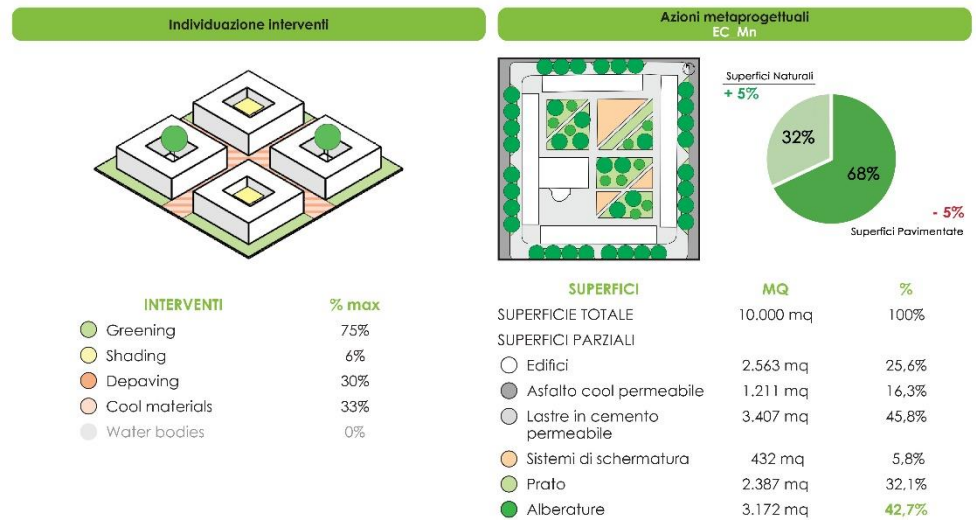
Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

4.2 Verifica metaprogettuale

Attraverso una fase metaprogettuale, è stato possibile determinare le percentuali di applicabilità delle soluzioni tecnico-progettuali di matrice *climate proof* per le nuove

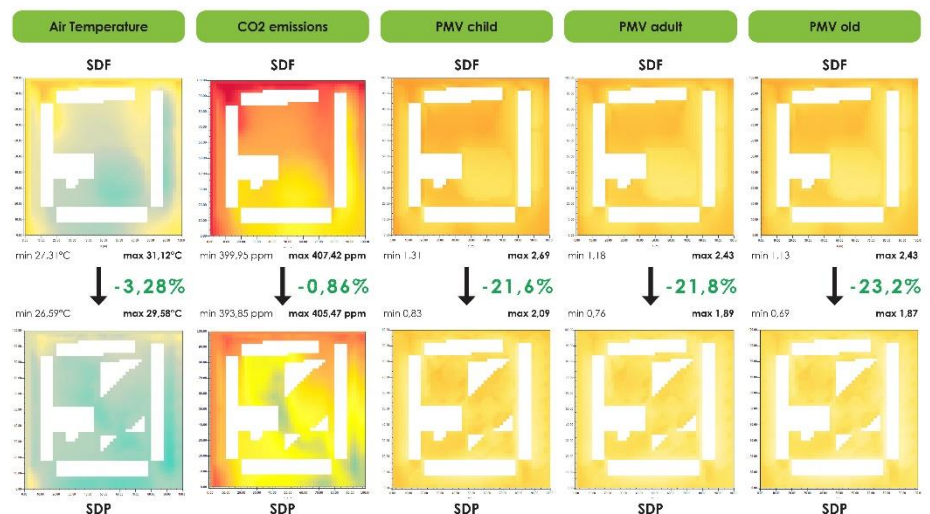
forme urbane ricorrenti. In particolare, è stato analizzato il caso degli edifici a corte per i tessuti urbani a media densità, casistica che era già presente nelle prime fasi di *testing*. Per questa tipologia è stato ipotizzato l’inserimento di strategie di *greening* (max 75% della superficie), *shading* (max 6% della superficie), *depaving* (max 30% della superficie), *cool materials* (max 33% della superficie). Il complesso di edifici a corte denominato “la Quadra” all’interno del comparto di Miano è oggetto della verifica metaprogettuale di applicabilità delle soluzioni *climate proof* (Figura 16).

Figura 16. Applicazione delle soluzioni tecnico-progettuali *climate proof* per il tessuto urbano a media densità “Edifici a corte” nell’area di intervento del distretto di Miano



Source: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022 .

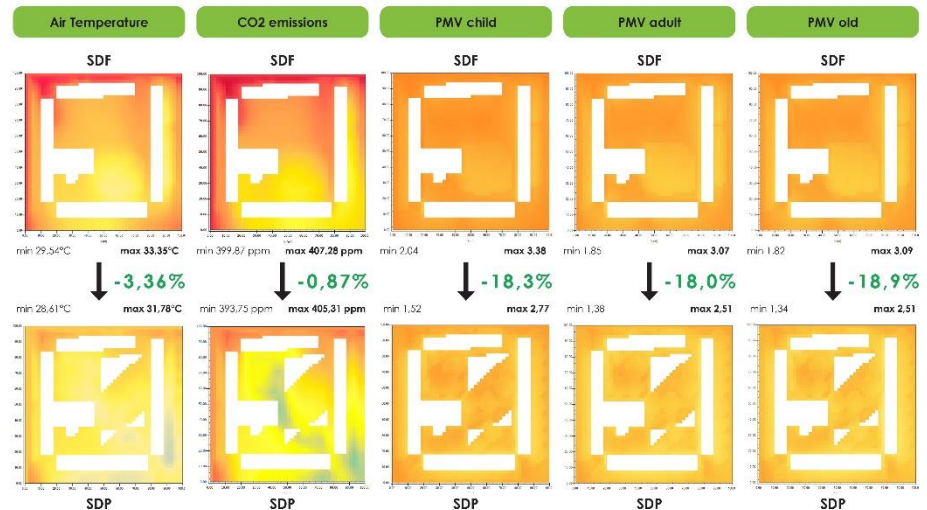
Figura 17. Confronto dei risultati delle simulazioni *ex ante* ed *ex post* applicazione delle categorie di intervento *climate proof* effettuate per lo scenario climatico del trentennio 1990-2019 (2000s) per il tessuto urbano a media densità “Edifici a corte” nell’area di intervento del distretto di Miano



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

I risultati di tale applicazione e verifica restituiscono uno scenario positivo negli scenari nei trentenni 2000s e 2050s. In particolare, la riduzione media delle temperature si aggira intorno al 3,3%, mentre la riduzione media dei fattori di percezione del benessere secondo l'indice di PMV si attesta su valori tra il 18% (2050s) e il 22% (2000s).

Figura 18. Confronto dei risultati delle simulazioni *ex ante* ed *ex post* applicazione delle categorie di intervento *climate proof* effettuate per lo scenario climatico del trentennio 2040-2069 (2050s) per il tessuto urbano a media densità “Edifici a corte” nell’area di intervento del distretto di Miano



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

Ulteriore verifica simulativa è stata effettuata su un altro complesso di edifici sempre nel comparto di Miano, denominato “la Semiquadra” e progettato dall’arch. Corrado Varano, sempre all’interno del programma P.S.E.R (Programma Straordinario di Edilizia Residenziale) (Figura 19). I risultati dell’applicazione metaprogettuale delle soluzioni *climate proof* (Figura 20), restituisce valori molto positivi di riduzione delle temperature e di percezione del comfort se confrontate le condizioni attuali e quelle metaprogettuali negli scenari dei trentenni 2000s e 2050s. La riduzione media delle temperature si aggira intorno al 7%, mentre la riduzione media dei fattori di PMV si aggira a valori tra il 38 (2050s) e il 45 % (2000s).

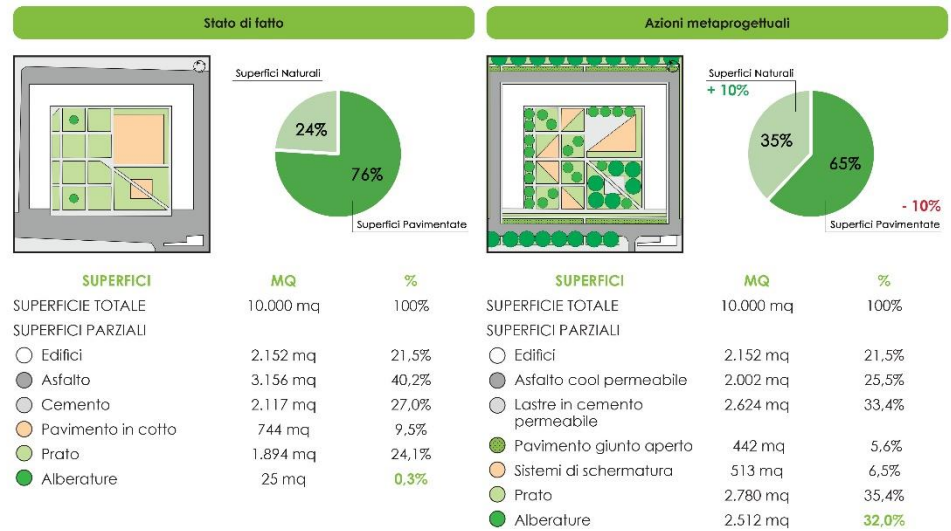
Figura 19. Caratteristiche dell’area di testing delle soluzioni tecnico-progettuali *climate proof* individuata nel distretto urbano di Miano



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

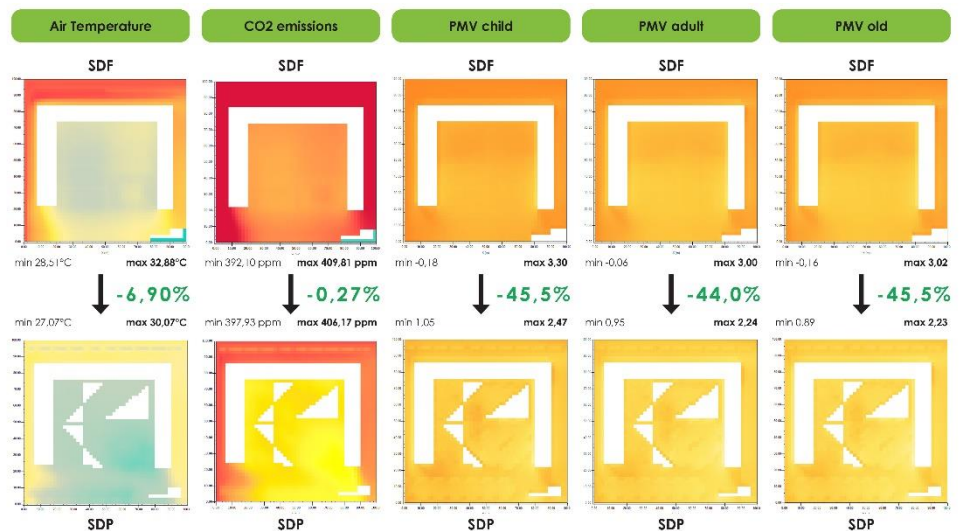
Questa differenza di comportamento tra i due complessi di edifici può essere imputata in parte alle differenze morfologiche, una maggiormente chiusa, quindi con maggiori zone d'ombra, una condizione di partenza maggiormente favorevole per il contrasto alle alte temperature, l'altra più aperta, soggetta maggiormente all'azione mitigatrice della ventilazione naturale. I valori medi di temperature dell'aria e di PMV a valle dell'applicazione di interventi *climate proof*, si aggirano sugli stessi standard, confermando la validità delle percentuali di applicabilità definite.

Figura 20. Applicazione metaprogettuale delle soluzioni tecnico-progettuali *climate proof* per l'area di testing nel distretto di Miano



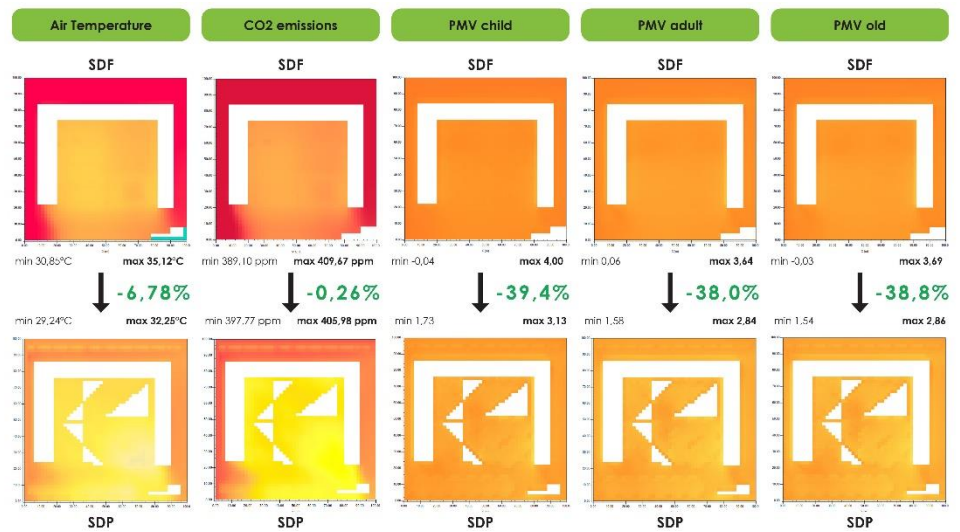
Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

Figura 21. Confronto dei risultati delle simulazioni ex ante ed ex post applicazione delle categorie di intervento *climate proof* effettuate per lo scenario climatico del trentennio 1990-2019 (2000s) per l'area di testing nel distretto di Miano



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

Figura 22. Confronto dei risultati delle simulazioni ex ante ed ex post applicazione delle categorie di intervento *climate proof* effettuate per lo scenario climatico del trentennio 2040-2069 (2050s) per l'area di testing nel distretto di Miano



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

4.3 Verifica progettuale

Ulteriore verifica sui livelli prestazionali raggiungibili è stata condotta sul complesso edilizio della Quadra di Miano, attraverso l'approfondimento di un livello di dettaglio di tipo progettuale, che ha permesso di particolareggiare le categorie d'intervento *climate proof* mediante l'applicazione di specifiche soluzioni tecniche. In particolare, per le azioni di *greening*, sono state previste (Figura 23):

- le *buffer zone*, che con l'impiego alberature all'interno delle corti consentono di favorire l'evapotraspirazione dei terreni, oltre che la creazione di ombre portate, delle vere e proprie oasi climatiche, che permettono di ridurre notevolmente le alte temperature con benefici diretti per le unità abitative, oltre che favorire l'assorbimento della CO₂;
- i filari di alberi, il cui impiego consente di agire da filtro con l'ambiente circostante attraverso la creazione di zone d'ombra sui marciapiedi, riducono al tempo stesso le temperature dell'aria, diminuendo il carico termico sulle superfici pavimentate e le facciate degli edifici. Agiscono inoltre sul controllo positivo delle brezze estive diminuendo la temperatura dell'aria al passaggio tra le foglie;
- i *rain garden*, oltre ad aumentare la superficie verde e a contribuire all'abbassamento delle temperature per evapotraspirazione, hanno la duplice funzione di raccogliere l'acqua piovana in eccesso durante eventi piovosi intensi;
- le superfici verdi (o a prato), permettono di generare fenomeni di evapotraspirazione attraverso i fili d'erba, aumentando il contenuto di vapore acqueo nell'ambiente al fine di mitigare le alte temperature con benefici su tutta l'area circostante.

Per le azioni di *depaving* (albedo tra 0.40 e 0.45, emissività tra 0.90 e 0.93, rugosità tra 0.016 e 0.010, conducibilità idraulica pari a 35 m/s x 10⁻⁶), sono state previste:

- le *climate tile*, pavimentazione con fori sulla superficie, permettono all'acqua piovana in eccesso di filtrare all'interno di un serbatoio posto al di sotto di questa, con la possibilità di essere conservata e poi riutilizzata, contrastando il fenomeno di *runoff*;

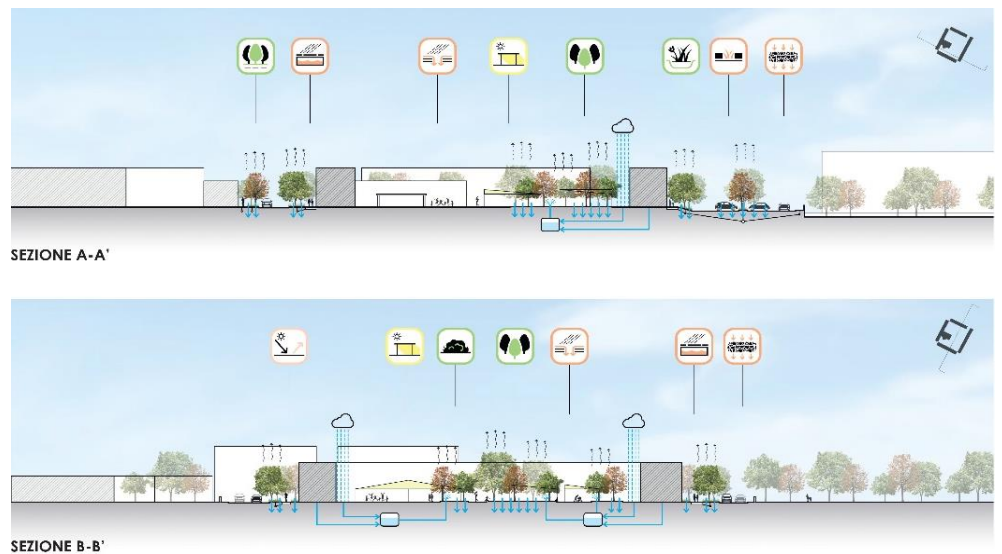
- i grigliati erbosi (o pavimentazioni a giunto aperto inerbito), aumentano la permeabilità della pavimentazione, oltre che la capacità di assorbire e trattenere le acque meteoriche. Inoltre, contribuiscono a migliorare le condizioni di comfort urbano attraverso l'evapotraspirazione;
- le pavimentazioni permeabili, grazie alla presenza di sottostanti naturali a diverse granulometrie, consentono all'acqua che penetra nel terreno di essere trattenuta, per poi essere rilasciata nell'atmosfera sotto forma di vapore;
- gli asfalti drenanti permettono all'acqua di penetrare al di sotto della superficie. Tuttavia, il suo contributo nella riduzione delle alte temperature e del miglioramento del comfort dipende dalle caratteristiche fisiche e dal trattamento superficiale. Rappresenta invece una buona soluzione alla riduzione degli allagamenti.

Figura 23. Specifiche degli interventi di greening ipotizzati per il complesso edilizio della Quadra di Miano



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

Figura 24. Strategie ambientali ipotizzate per il complesso edilizio della Quadra di Miano



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

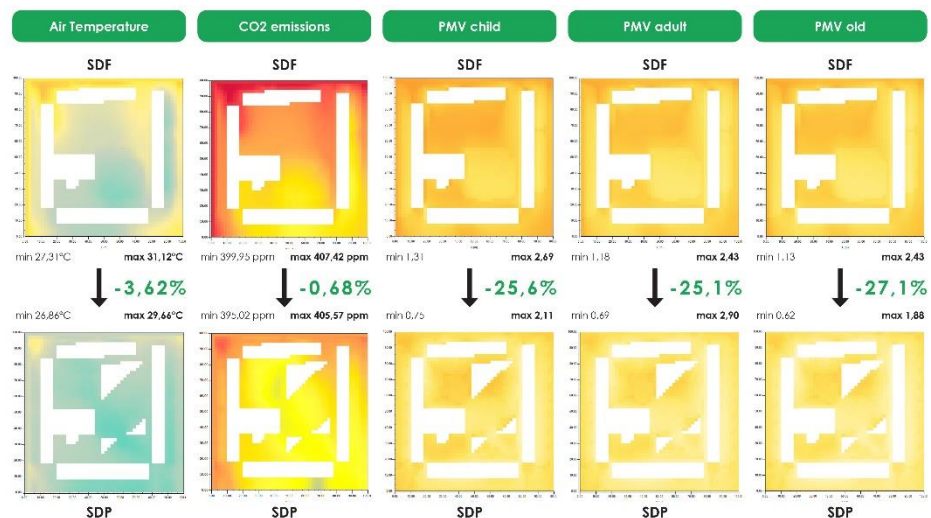
Per la categoria dei *cool material*, sono state ipotizzate pavimentazioni cool che permettono di ottenere buoni benefici per il miglioramento delle condizioni di benessere urbano (albedo tra 0.40 e 0.50, emissività 0.98, rugosità 0.010, conducibilità termica pari a 2.00 W/mK), contribuendo alla riduzione della temperatura dell'aria. Tuttavia, le prestazioni dipendono dalle caratteristiche del materiale utilizzato.

Per la categoria dello *shading*, sono previste coperture fisse (tensostrutture), una soluzione che fornisce la creazione di zone d'ombra lungo i camminamenti, rendendo questi maggiormente sicuri durante la stagione estiva. Per la categoria dello *shading*, sono previste coperture fisse (tensostrutture), una soluzione che determina la creazione di zone d'ombra lungo i camminamenti, rendendo questi maggiormente sicuri durante la stagione estiva.

4.4 Confronto dei risultati

A seguito dei processi simulativi condotti negli scenari dei trentenni 2000s e 2050s, utili alla verifica progettuale dell'ambito urbano della Quadra di Miano, sono stati estratti dati sulla temperatura dell'aria e la percezione del *comfort* (PMV) delle differenti categorie di individui (bambino, adulto, anziano).

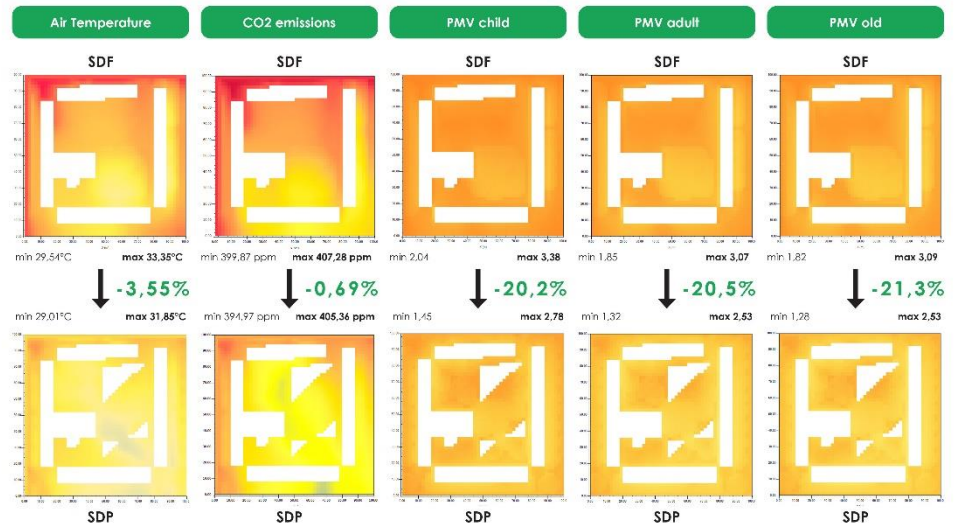
Figura 25. Confronto dei risultati delle simulazioni *ex ante* ed *ex post* applicazione delle categorie di intervento *climate proof* effettuate per lo scenario climatico del trentennio 1990-2019 (2000s) per il complesso edilizio della Quadra di Miano



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

Dal confronto tra i dati estratti dalle simulazioni dello stato attuale, della verifica metaprogettuale e della verifica progettuale, si evince una buona efficacia delle strategie *climate proof* individuate già nei livelli di verifica metaprogettuali, dimostrando l'adeguatezza delle soluzioni adottate (Figura 27). Di fatto i valori di temperatura dell'aria, sia nello scenario al trentennio 2000s, sia a quello 2050s, mostrano quanto la differenza tra il metaprogetto e il progetto sia esigua, tra lo 0,20 (2050s) e lo 0,36 % (2000s), così come i valori di PMV, la cui riduzione media è pari tra lo 2-3% (2050s) e il 4-5 % (2000s).

Figura 26. Confronto dei risultati delle simulazioni *ex ante* ed *ex post* applicazione delle categorie di intervento *climate proof* effettuate per lo scenario climatico del trentennio 2040-2069 (2050s) per il complesso edilizio della Quadra di Miano



Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

Figura 27. Quadro di sintesi del confronto dei risultati delle simulazioni *ex ante* ed *ex post* applicazione delle categorie di intervento *climate proof* nella fase metaprogettuale e di progetto per il complesso edilizio della Quadra di Miano

Metric	2000s			2050s		
	Stato di fatto	Metaprogetto	Progetto	Stato di fatto	Metaprogetto	Progetto
air T [°C]	28,98	- 3,28%	28,03	- 0,36%	27,93	- 3,62%
CO2 [ppm]	403,84	- 0,86%	400,37	+ 0,18%	401,10	- 0,68%
PMV child	1,99	- 21,6%	1,56	- 5,13%	1,48	- 25,6%
PMV adult	1,79	- 21,8%	1,40	- 4,29%	1,38	- 25,1%
PMV old	1,77	- 23,2%	1,36	- 5,15%	1,29	- 27,1%
						- 21,3%

Fonte: Tesi di Laurea Magistrale in Architettura di Maria Cacciano, relatore E. Bassolino, 2022.

5. Discussione degli output e dei risultati

Obiettivo dello studio condotto è stato in primo luogo quello di verificare l'efficacia della sezione relativa agli spazi aperti della piattaforma web-GIS sviluppata per il progetto PLANNER. Verifiche a campione sull'interrogazione della piattaforma, hanno evidenziato la restituzione di risposte erranee, che ne compromettono l'affidabilità nel riconoscere le corrette forme urbane ricorrenti in relazione al tessuto urbano reale. Successivamente, ci si è proposti di implementare il database delle

casistiche delle forme urbane ricorrenti e delle soluzioni *climate proof* per gli spazi aperti relativi alle sopraccitate nuove condizioni rilevate, mediante un processo analitico e ricorsivo che prevedesse l'attuazione di un *framework* metodologico controllato mediante lo scambio di dati tra diversi strumenti ICT all'interno di un ambiente informatico di tipo VPL.

Dai dati generati, estratti e analizzati a seguito dell'attuazione delle fasi del processo metodologico, è stato possibile evidenziare e correggere alcune delle carenze riscontrabili nel *database* del sottosistema degli spazi aperti, le quali non erano emerse durante le fasi di testing e sviluppo del progetto PLANNER.

Le nuove forme urbane ricorrenti che esemplificano condizioni morfologiche dell'edificato reale, quali le corti attigue nei tessuti ad alta e media densità e gli edifici a corte nei soli tessuti a media densità, hanno permesso di implementare il ventaglio delle casistiche riscontrabili all'interno di un edificato sorto tra gli anni '80 e '90 del secolo scorso, così come è avvenuto con l'espansione verso nord della città Napoli.

I risultati ottenuti da un processo basato su fasi *testing* e verifica di simulazioni in scenari metaprogettuali prima e in seguito di tipo progettuale, confrontate dapprima con gli output presenti all'interno del *database* relativo alle forme urbane ricorrenti, ed in seguito con le differenti casistiche reali a loro volta riconducibili ad altre forme urbane ricorrenti, restituiscono output simili, il cui scarto d'errore può ritenersi trascurabile, dovuto principalmente alle approssimazioni tra le forme ricorrenti e quelle reali. In seguito, sulle forme urbane reali, nella specificazione delle soluzioni tecnico-progettuali *climate proof*, in cui è necessario un aumento del livello di dettaglio, si riflette un conseguente affinamento positivo dei risultati (Figura 27).

Un processo metodologico ricorsivo e così articolato, basato sullo scambio e la verifica dei dati, ha permesso di determinare l'elevato grado di accuratezza dei risultati ottenuti e in particolare, quelli che andranno a confluire nella piattaforma PLANNER. I dati estratti attraverso l'elaborazione metaprogettuale risultano decisamente affidabili quando confrontati con quelli delle simulazioni effettuate a seguito di un'ipotesi di tipo progettuale.

Inoltre, dai risultati emersi è possibile affermare che l'insieme delle strategie *climate proof* determinano mediamente un buon livello per il miglioramento delle condizioni ambientali a livello microclimatico. Si evince come attraverso il parametro della percezione del comfort (PMV), che considera sia variabili soggettive, sia variabili ambientali, si possa determinare il grado di miglioramento ottenibile attraverso l'azione metaprogettuale e progettuale. Il dato sulla sola temperatura dell'aria, che risulta estremamente significativo e di immediata comprensione ad un ampio bacino d'utenza, di fatto non può essere considerato esaustivo se non viene correlato con i dati sull'umidità relativa, velocità e direzione del vento, albedo, sky view factor, temperature media radiante, ecc., considerati questi all'interno del PMV (Bassolino et al., 2018). I dati ottenuti per le concentrazioni di CO₂ (ppm), sono stati considerati per determinare l'eventuale capacità degli spazi aperti di contribuire alla mitigazione delle aree di studio⁷, sia allo scenario attuale, sia in quelli previsionali. Gli output dei livelli potenziali di riduzione delle concentrazioni di gas serra rappresentano un'alterazione relativa alla sola variazione delle temperature e consentono di osservare l'aumento e/o la riduzione assoluta con riferimento al valore predefinito di 400ppm.

Emerge come tale approccio metodologico, derivante da quello già sviluppato nel progetto PLANNER, concepito per essere replicato a livello nazionale grazie al ricorso all'utilizzo delle forme urbane ricorrenti, che hanno l'obiettivo di parametrizzare le condizioni urbane riscontrabili nei centri urbani in Italia, miri

principalmente a compensare i limiti emersi a seguito della messa a punto e dalla fase di utilizzo della piattaforma di PLANNER.

Di fatto, tale studio non può considerarsi esaustivo nell'aver esaminato e corretto eventuali altre carenze presenti nel *database* del sottosistema degli spazi aperti della piattaforma PLANNER, ma vuole rappresentare il modo in cui è possibile condurre una procedura finalizzata all'implementazione di dati a seguito di segnalazione da parte degli utenti della piattaforma.

6. Conclusioni

L'obiettivo che ha guidato alla definizione del processo metodologico per l'implementazione delle casistiche e dei dati del *database* del sottosistema degli spazi aperti del progetto PLANNER, e che ha visto la reiterazione della metodologia precedentemente sviluppata per l'analisi del comportamento microclimatico di forme urbane ricorrenti di spazi aperti e dell'applicazione di categorie d'intervento *climate proof*, è quello di definire linee d'indirizzo attraverso uno strumento di valutazione efficace per decisori istituzionali e progettisti coinvolti nella definizione di interventi *site-specific* coadiuvandoli nella scelta delle più adeguate azioni progettuali per lo sviluppo di azioni progettuali di riqualificazione urbana. Lo scopo è quello di stimolare un ragionamento e una presa di coscienza sui fenomeni climatici ed ambientali che investono le nostre città durante la stagione estiva (l'aumento delle temperature e le ondate di calore), e che sono dovuti al verificarsi dei cambiamenti climatici.

L'apparato metodologico sviluppato, basato sulla sperimentazione di un approccio di tipo strumentale-simulativo, è volto a prefigurare modelli di conoscenza e di azioni metaprogettuali finalizzate al miglioramento della percezione del *comfort* outdoor in condizioni di *stress* climatico all'interno dei differenti contesti urbani considerati, in cui morfologia, densità, condizioni climatiche e microclima risultassero eterogenee. Tra le finalità di questo studio, vi è la volontà di verificare quanto già previsto nel progetto PLANNER e di ampliare la base dati sulla quale è stata sviluppata la piattaforma web-GIS, allo scopo di offrire uno strumento di volta in volta maggiormente affidabile per la verifica dell'efficacia prestazionale dell'applicazione di soluzioni tecnico-progettuali di tipo *climate proof* negli spazi aperti urbani sull'intero territorio nazionale.

Dai risultati emersi nel confronto tra l'applicazione metaprogettuale e quella di tipo progettuale, è possibile affermare che il livello di applicazione metaprogettuale con il quale sono stati elaborati i dati presenti nel *database* della piattaforma web-GIS del progetto PLANNER, ovvero quelli relativi alle indicazioni di applicazione di soluzioni tecnico-progettuali di tipo *climate proof*, risulta essere sufficiente per restituire una preventiva e adeguata valutazione prestazionale in previsione di interventi di rigenerazione urbana che mirino all'adattamento climatico al fenomeno dell'ondata di calore degli spazi aperti in ambito urbano, con riferimento alle casistiche rilevabili per le diverse morfologie urbane delle città italiane.

Seppur ancora implementabile, sia attraverso i dati di questo studio, sia con il perfezionamento dei dati climatici previsionali delle future condizioni di cambiamento climatico, la piattaforma PLANNER può essere confermato un valido strumento di supporto nei processi decisionali per la definizione di azioni strategiche di rigenerazione di spazi aperti urbani in risposta ai fenomeni climalteranti dovuti ai cambiamenti climatici, e in particolare, per il fenomeno delle ondate di calore e l'aumento delle temperature urbane.

Note

1. Il progetto vede la partecipazione di ETT Spa - Soggetto Capofila, Genegis GI, STRESS S.c.a.r.l. - Sviluppo Tecnologie e Ricerca per l'Edilizia Sismicamente Sicura ed ecosostenibile, Responsabile scientifico del progetto: prof. G. Verderame; Responsabile scientifico per gli aspetti climatici: prof. Valeria D'Ambrosio.
2. La prima parte del PNACC ha come obiettivo l'individuazione di porzioni di territorio nazionale omogenee aventi analoghe condizioni climatiche durante un periodo storico di riferimento e che in futuro dovranno fronteggiare anomalie climatiche simili.
3. "PER_CENT - Periferie al Centro" è un progetto di ricerca promosso dall'Università di Napoli Federico II, sviluppato all'interno del Dipartimento di Architettura – DiARC e coordinato dal prof. Mario Losasso.
4. I tessuti urbani sono stati classificati in alta, media e bassa densità attraverso una lettura sulla densità del costruito (mc/mq), l'altezza e la distanza tra gli edifici, oltre che sul rapporto di copertura territoriale (Hynen et al, 2003). Con riferimento alle piazze e i larghi, sono stati considerati quali parametri di classificazione ed individuazione, la percentuale di perimetrazione dell'edificato e l'altezza degli edifici circostanti. Per le aree a verde sono dapprima state classificate secondo la percentuale di copertura arborea e della tipologia (verde agricolo, verde incolto, verde urbano ed aree boscate), per poi essere riclassificate secondo la percentuale di copertura arborea, PCA (aree mediamente verdi $0 < PCA \leq 25\%$; $25\% < PCA \leq 50\%$; $PCA > 50$, ed aree verdi $PCA \geq 90\%$) (Sgobbo et al., 2016; Niemelä et al., 2011).
5. Il modello di simulazione è basato su una griglia di 100x100 m e su una risoluzione di 2m.
6. Il P.S.E.R. – Programma Straordinario di Edilizia Residenziale – viene elaborato dopo il terremoto del 23 novembre 1980, nell'ambito della Legge 219/81 che, al titolo VIII "Intervento Statale per l'Edilizia a Napoli", stabilisce la costruzione nell'area metropolitana di Napoli di ventimila alloggi e delle relative opere di urbanizzazione.
7. Il software ENVI-met è configurato con un valore di partenza di 400ppm. All'interno del processo di simulazione, tale valore è stato mantenuto inalterato.

Author Contributions

Conceptualization: E.B.; Methodology: E.B., S.V.; Software: S.V.; Validation: E.B.; Data Curation: S.V.; Writing - Original draft preparation: E.B., S.V.; Writing - Review & Editing: E.B., S.V.; Visualization: S.V.; Supervision, E.B.

Funding

The research project has been admitted for financing with funds POR Campania FESR 2014/2020, Asse 1 - O.S. 1.1 "Incremento dell'attività di innovazione delle imprese".

Acknowledgments

The authors would like to thank the entire research group of the Department of Architecture of the University of Naples Federico II, in particular the coordinators of the research projects, Prof. Valeria D'Ambrosio (PLANNER) and Prof. Mario Losasso (PER_CENT), as well as Prof. Ferdinando di Martino. In addition, we would like to thank arch. Maria Cacciano for her contribution during the development of her master's thesis.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Originality

The authors declare that this manuscript re-elaborates and supplements the contents of the following paper: Bassolino E. (2022), "Verifica e implementazione di processi di data exchange per la transizione climate proof degli spazi aperti urbani in risposta alle ondate di calore", in Moccia F.D., Sepe M. (a cura di), XIII Giornata Internazionale di Studi INU - 13° Inu International Study Day "Oltre il futuro: emergenze, rischi, sfide, transizioni, opportunità - Beyond the future: emergencies, risks, challenges, transitions, and opportunities" (Napoli, 16 December 2022), *Urbanistica Informazioni*, n. 306s.i., INU Edizioni, Roma, pages 49-51.

The authors also declare that the manuscript is not currently being considered for publication

elsewhere, in the present of any other language. The manuscript has been read and approved by all named authors and there are no other persons who satisfied the criteria for authorship but are not listed. The authors also declare to have obtained the permission to reproduce in this manuscript any text, illustrations, charts, tables, photographs, or other material from previously published sources (journals, books, websites, etc).

References

- Aprèda, C. (2017). Modelli di vulnerabilità ai fenomeni di heat wave e pluvial flooding in ambito urbano. In D'Ambrosio, V. & Leone, M.F., (eds.), *Progettazione Ambientale per L'adattamento al Climate Change. 2. Strumenti e Indirizzi per la Riduzione dei Rischi Climatici - Environmental Design for Climate Change Adaptation. 2. Tools and Guidelines for Climate Risk Reduction*, 84-105. Clean Edizioni, Naples, Italy.
- Aprèda, C., D'Ambrosio, V. & Di Martino, F. (2019). A climate vulnerability and impact assessment model for complex urban systems. *Environmental Science & Policy*, 93, 11-26. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2018.12.016>
- Bassolino, E., Ambrosini, L., Scarpati, F. (2018), Thermal-Perception-Driven Adaptive Design for Wellbeing in Outdoor Public Spaces: Case Studies in Naples. In Aletta, F. & Xiao, J. (eds.), *Handbook of Research on Perception-Driven Approaches to Urban Assessment and Design*, 207-239. IGI Global, Pennsylvania, Stati Uniti. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3637-6.ch009>
- Bassolino, E., D'Ambrosio, V. & Sgobbo, A. (2021). Data Exchange Processes for the Definition of Climate-Proof Design Strategies for the Adaptation to Heatwaves in the Urban Open Spaces of Dense Italian Cities. *Sustainability*, 13(10), 5694. <https://doi.org/10.3390/su13105694>
- Bassolino, E. (2022). *Climate-adaptive design e tecnologie digitali. Modelli, strumenti e pratiche*, Clean Edizioni, Napoli.
- CCWorldWeatherGen (2023). Available online: <https://energy.soton.ac.uk/climate-change-world-weather-file-generator-for-world-wide-weather-data-ccworldweathergen/> (accessed on 31 March 2023).
- Chatzidimitriou, A., Kanouras, S., Topli, L. & Bruse, M. (2017). Evaluation of a sustainable urban redevelopment project in terms of microclimate improvement. In Proceedings of PLEA 2017, Design to Thrive, Edinburgh, Scotland.
- Chokhachian, A., Perini, K., Giulini, S. & Auer, T. (2020). Urban performance and density: Generative study on interdependencies of urban form and environmental measures. *Sustainable Cities and Society*, vol. 53, 101952. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101952>
- D'Ambrosio, V. & Leone, M. (eds.) (2017). *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici - Environmental Design for Climate CHange adaptation 2. Tools and Guidelines for Climate Risk Reduction*. Clean Edizioni, Naples, Italy.
- D'Ambrosio, V., Di Martino, F. & Gagliardi, U. (2020). Processi GIS based per la stima della vulnerabilità all'heat wave con dati open source. In Di Martino, F., Cardone, B. & Sessa, S. (eds.), *GIS DAY 2019. Il GIS per il governo e la gestione del territorio*, 53-64. Aracne Editrice, Rome, Italy.
- EEA - European Energy Agency (2019). *Healthy environment, healthy lives: how the environment influences health and well-being in Europe. EEA Report No 21/201*, Copenhagen. <https://doi.org/10.2800/53670>
- EEA - European Energy Agency (2020). *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change. EEA Report No 12/2020*. Copenhagen. <https://doi.org/10.2800/324620>
- EnergyPlus. Available online: <https://energyplus.net/weather> (accessed on 31 March 2023).
- ENVI-met (2023). Available online: <https://www.envi-met.com/> (accessed on 31 March 2023).
- Fanger, P. O. (1972). *Thermal Comfort – Analysis and Application in Environmental Engineering*. McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- Gibbins, J. & Chalmers, H (2010). Chapter 2. Fossil Power Generation with Carbon Capture and Storage (CCS): Policy Development for Technology Deployment. In Hester, R.E. & Harrison, R.M. (eds.), *Carbon Capture. Royal Society of Chemistry*. RSC Publishing, Cambridge, UK, 41–64.
- GitHub df_envimet (2023). Available online: https://github.com/AntonelloDN/df_envimet (accessed on 31 March 2023).
- Heynen, H. & Vanderburgh, D.(2003). *Inside Density*. Lettre Volée, Bruxelles, Belgium.
- IEA - International Energy Agency (2019). *CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2019 Highlights*; IEA, Paris, France. Available online: <https://webstore.iea.org/co2-emissions-from-fuel-combustion-2019-highlights> (accessed on 31 March 2023).
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- ISO (2005). *ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*.
- Martin, L. & March, L. (1972). *Urban spaces and Structures*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- MASE - Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2022). *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Allegato II - Metodologie per la definizione di strategie e piani locali di adattamento*. https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/PNACC_AllegatoII_metodologie_definizione_strategie_piani_locali_adattamento.pdf (accessed on 31 March 2023).
- Moncaglieri, G (2020). *Sviluppo di Materiali Innovativi per la Cattura Della CO₂*. Master's Thesis, Politecnico di Torino, Torino, July 2020. Available online: <https://webthesis.biblio.polito.it/14812/1/tesi.pdf> (accessed on 31 March 2023).

- Niemelä, J., Breuste, J.H., Guntenspergen, G., McIntyre, N.E., Elmqvist, T. & James, P. (2011). *Urban Ecology: Patterns, Processes, and Applications*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Perini, K., Chokhachian, A., Dong, S. & Auer, T. (2017). Modeling and simulating urban outdoor comfort: Coupling ENVI-Met and TRNSYS by grasshopper. *Energy and Buildings*, vol. 152, 373–384. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.061>
- Ratti, C., Raydan, D. & Steemers, K. (2003). Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate. *Energy and Buildings*, 35(1), 49-59. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00079-8)
- Raven, J. (2011). Cooling the Public Realm: Climate-Resilient Urban Design. In: Otto-Zimmermann, K. (eds.), *Resilient Cities. Local Sustainability*, vol. 1. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0785-6_45
- Sgobbo, A. & Moccia, F.D. (2016). Synergetic Temporary Use for the Enhancement of Historic Centers: The Pilot Project for the Naples Waterfront. *TECHNE J. Technol. Archit. Environ.*, 12, 253–260. <https://doi.org/10.13128/Techne-19360>
- Spano D., Mereu V., Bacciu V., Marras S., Trabucco A., Adinolfi M., Barbato G., Bosello F., Breil M., Buonocore M., Coppini G., Essenfelder A., Galluccio G., Lovato T., Marzi S., Masina S., Mercogliano P., Mysiak J., Noce S., Pal J., Reder A., Rianna G., Rizzo A., Santini M., Sini E., Staccione A., Villani V. & Zavatarelli M. (2020). *Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia*. https://doi.org/10.25424/cmcc/analisi_del_rischio
- Tersigni, E, Gifuni, S. & Miraglia, V. (2021). Un processo GIS-Based per il riconoscimento dei tipi edilizi ricorrenti nei contesti urbani finalizzato all'analisi di categorie d'intervento climate proof per la mitigazione climatica. In Cardone, B. & Di Martino, F. (eds.), *GIS Day 2020. Il GIS per il Governo e la Gestione del Territorio*, 73-102. Aracne Editrice, Rome, Italy.
- Troup, L. & Fannon, D. (2016). *Morphing Climate Data to Simulate Building Energy Consumption*. In Proceedings of the ASHRAE and IBPSA-USA SimBuild 2016: Building Performance Modeling Conference, Salt Lake City, UT, USA, 8–12 August 2016; ASHRAE and IBPSA-USA, Peachtree Corners, GA, USA, 2016.
- Verde, S. & Bassolino, E. (2020). Processi di data analysis e data exchange tra strumenti GIS-based e tool di design parametrico per la definizione del comportamento microclimatico degli spazi aperti. *Urbanistica Informazioni*, 289 s.i., 11-15.
- Verde, S., Bassolino, E. & Gagliardi, U. (2021). Applicazione di processi di data analysis e data exchange tra strumenti GIS-Based e parametric design tools per la generazione di carte di resilienza climatica del sistema degli spazi aperti urbani. In Cardone, B. & Di Martino, F. (eds.), *GIS Day 2020. Il GIS per il Governo e la Gestione del Territorio*, 15-40. Aracne Editrice, Rome, Italy.
- White Arkitekter (2017). *Urban thermal comfort study. Kiruna Square*. <https://whitearkitekter.com/wpcontent/uploads/2018/07/Thermal-Comfort-Analysis-Kiruna-White-Arkitekter.pdf>
- Zhong, S., Nevat, I., Acero, J.A., Rüfenacht, L.A., Perhac, J. & Koh, E. A. (2019). Novel decision support tool for climate-responsive urban design. *Journal of Physics*, vol. 1343, 012011. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1343/1/012011>
- Xu, X., Yin, C., Wang, W., Xu, N., Hong, T. & Li, Q. (2019). Revealing Urban Morphology and Outdoor Comfort through Genetic Algorithm-Driven Urban Block Design in Dry and Hot Regions of China. *Sustainability*, 11, 3683. <https://doi.org/10.3390/su11133683>

