

TERRITORY OF RESEARCH ON
SETTLEMENTS AND ENVIRONMENT
INTERNATIONAL JOURNAL
OF URBAN PLANNING

27

Nature Based Solutions for urban planning

2



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI NAPOLI FEDERICO II
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE L.U.P.T.

Federico II University Press



fedOA Press

Vol. 14 n. 2 (DECEMBER 2021)
e-ISSN 2281-4574

TERRITORIO DELLA RICERCA SU INSEDIAMENTI E AMBIENTE



WoS (Web of Science) indexed journal <http://www.tria.unina.it>

Editors-in-Chief

Mario Coletta, *Federico II University of Naples, Italy*

Antonio Acierno, *Federico II University of Naples, Italy*

Scientific Committee

Rob Atkinson, *University of the West of England, UK*

Teresa Boccia, *Federico II University of Naples, Italy*

Giulia Bonafede, *University of Palermo, Italy*

Lori Brown, *Syracuse University, USA*

Maurizio Carta, *University of Palermo, Italy*

Claudia Cassatella, *Polytechnic of Turin, Italy*

Maria Cerreta, *Federico II University of Naples, Italy*

Massimo Clemente, *CNR, Italy*

Juan Ignacio del Cueto, *National University of Mexico, Mexico*

Pasquale De Toro, *Federico II University of Naples, Italy*

Matteo di Venosa, *University of Chieti Pescara, Italy*

Concetta Fallanca, *Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy*

Ana Falù, *National University of Cordoba, Argentina*

Isidoro Fasolino, *University of Salerno, Italy*

José Fariña Tojo, *ETSAM Universidad Politecnica de Madrid, Spain*

Francesco Forte, *Federico II University of Naples, Italy*

Gianluca Frediani, *University of Ferrara, Italy*

Giuseppe Ls Casas, *University of Basilicata, Italy*

Francesco Lo Piccolo, *University of Palermo, Italy*

Liudmila Makarova, *Siberian Federal University, Russia*

Elena Marchigiani, *University of Trieste, Italy*

Oriol Nel-lo Colom, *Universitat Autònoma de Barcelona, Spain*

Gabriel Pascariu, *UAUIM Bucharest, Romania*

Domenico Passarelli, *Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy*

Piero Pedrocco, *University of Udine, Italy*

Michèle Pezzagno, *University of Brescia, Italy*

Piergiuseppe Pontrandolfi, *University of Matera, Italy*

Mosé Ricci, *University of Trento, Italy*

Samuel Robert, *CNRS Aix-Marseille University, France*

Michelangelo Russo, *Federico II University of Naples, Italy*

Inés Sánchez de Madariaga, *ETSAM Universidad de Madrid, Spain*

Paula Santana, *University of Coimbra Portugal*

Saverio Santangelo, *La Sapienza University of Rome, Italy*

Ingrid Schegk, *HSWT University of Freising, Germany*

Guglielmo Trupiano, *Federico II University of Naples, Italy*

Franziska Ullmann, *University of Stuttgart, Germany*

Michele Zazzi, *University of Parma, Italy*



Università degli Studi Federico II di Napoli

Centro Interdipartimentale di Ricerca L.U.P.T. (Laboratorio di Urbanistica e Pianificazione Territoriale) “R. d’Ambrosio”

Managing Editor

Alessandra Pagliano, *Federico II University of Naples, Italy*

Corresponding Editors

Josep A. Bàguena Latorre, *Universitat de Barcelona, Spain*

Gianpiero Coletta, *University of the Campania L. Vanvitelli, Italy*

Michele Ercolini, *University of Florence, Italy*

Maurizio Francesco Errigo, *University Kore of Enna, Italy*

Adriana Louriero, *Coimbra University, Portugal*

Claudia Trillo, *University of Salford, SOBE, Manchester, UK*

Technical Staff

Tiziana Coletta, Ferdinando Maria Musto, Francesca Pirozzi,

Ivan Pistone, Luca Scaffidi

Responsible Editor in chief: Mario Coletta | electronic ISSN 2281-4574 | © 2008 | Registration: Cancelleria del Tribunale di Napoli, n° 46, 08/05/2008 | On line journal edited by Open Journal System and published by FedOA (Federico II Open Access) of the Federico II University of Naples

Table of contents / Sommario

Editorial / Editoriale

Regenerative thinking and Nature Based Solutions: beyond the green design/ *Il pensiero rigenerativo e le Nature Based Solutions: oltre il green design*

Antonio ACIERNO

7

Papers / Interventi

'Our house is on fire'. Nature-Based Solutions to the test of Urban Heat Island. An experiment and the implications for planning / *'La nostra casa brucia'. Le Nature Based Solutions alla prova della Urban Heat Island. Una sperimentazione e le implicazioni per la pianificazione*
Olga G. PAPARUSSO, Annamaria PALMISANO, Monica PROCACCI, Francesca CALACE

19

Quality despite density? Learnings on quality of life from dense urban residential neighbourhoods: Bengaluru, India / *Qualità nonostante la densità? Nozioni sulla qualità della vita da quartieri residenziali urbani densi: Bengaluru, India*

Shubhi SONAL

41

The role of environmental infrastructure in the future of the contemporary city, starting with the case of Milan / *Il ruolo delle infrastrutture ambientali nel futuro della città contemporanea, a partire dal caso di Milano*

Loredana PISAPIA

63

Balance of ground water in urban to peri-urban sector: a case study of Berhampore block, Murshidabad district, West Bengal / *Bilancio delle acque sotterranee nel settore urbano e periurbano: un caso di studio del quartiere di Berhampore, distretto di Murshidabad, Bengala occidentale*
Subrata BISWAS

77

Beyond ecosystem services approach. Exploring the Climate Change Adaptation disservices of Nature-based solutions: empirical evidence from Barcelona (ES) / *Oltre l'approccio dei Servizi ecosistemici. Esplorando i disservizi d'adattamento al cambio climatico delle Nature-based solutions: evidenze empiriche dal caso di Barcellona (ES)*

Massimiliano GRANCERI BRADASCHIA

93

Spatio-temporal change – An analytical geospatial study using satellite data – Farakka block, Murshidabad district, West Bengal (India) / *xCambiamento spazio-temporale – Uno studio geospaziale analitico utilizzando dati satellitari – Quartiere di Farakka, distretto di Murshidabad, West Bengal (India)*

Subham KUMAR ROY, Abdus SATTAR SHAIKHA

111

Sections / Rubriche

Exhibitions / Mostre

129

Studies / Studi

Città in crisi, transizione digitale, patrimonio culturale/ *Cities in crisis, digital transition, cultural heritage*

Francesco FORTE

135

Problemi di conservazione del patrimonio culturale, storico e naturale della Siberia Ienisseiana
sull'esempio della città di Krasnoyarsk/*Problems of preservation of the cultural, historical and
natural heritage of the Yenisean Siberia on the example of the City of Krasnoyarsk*
V.A. BEZRUKIH, L.G. MAKAROVA

'Our house is on fire'. Nature-Based Solutions to the test of Urban Heat Island. An experiment and the implications for planning

Olga G. Paparusso, Annamaria Palmisano, Monica Procacci, Francesca Calace

Abstract

Urban centers cover only 0,51% of the world's land surface (Schneider et al., 2009), however, their ecological footprint is much larger (Ellis et al., 2010) and it leads to a decrease in biodiversity and an impairment of ecological balance of rural and urban areas, triggering phenomena that undermine the resilience of these systems.

In this paper, Nature Based Solutions are proposed as a fundamental design tool to resist the multiple effects of climate change in the urban context and to mitigate the Urban Heat Island increasing the regulation ecosystem services.

The proposed research shows how the use of NBS, within the urban pattern of a city in the south of Italy, can bring benefits in terms of lowering the temperature and improving the sensation of outdoor thermal comfort of users even in a context highly sensitive



to temperature raising phenomena (C3S, ECMWF, 2019). This experimentation also leads to reflect on the need to introduce ecosystem-based approaches within territorial governance programs, starting with the recognition of the main innovations and inertia regarding local and sector planning tools.

KEYWORDS:

City, Climate Change, Urban Heat Island, Nature-Based Solutions, Ecosystem Services

‘La nostra casa brucia’. Le Nature Based Solutions alla prova della Urban Heat Island. Una sperimentazione e le implicazioni per la pianificazione

I centri urbani coprono solo lo 0,51% della superficie terrestre (Schneider et al., 2009), tuttavia, il loro impatto ecologico netto è estremamente alto (Ellis et al., 2010) e comporta una riduzione della biodiversità e una compromissione dell’equilibrio ecologico di aree rurali e urbane, innescando fenomeni che minano la resilienza di tali organismi.

Nel presente articolo le Nature Based Solutions (NBS) vengono proposte come strumento progettuale fondamentale per contrastare i molteplici effetti del cambiamento climatico nel contesto urbano e, in particolare, per mitigare l’Urban Heat Island così da incrementare i servizi ecosistemici di regolazione.

La sperimentazione proposta mostra come l’uso di NBS, all’interno del tessuto urbano di una città del Mezzogiorno d’Italia, possa portare dei benefici in termini di diminuzione della temperatura e miglioramento della sensazione di comfort termico outdoor degli utenti anche in un contesto climatico fortemente soggetto ai fenomeni di innalzamento delle temperature (C3S, ECMWF, 2019). Tale sperimentazione induce, inoltre, a riflettere sulla necessità di introdurre gli approcci basati sugli ecosistemi all’interno dei programmi di governo del territorio, delineando tuttavia inerzie e rischi di tale integrazione.

PAROLE CHIAVE:

Città, Cambiamento Climatico, Isola di Calore, Nature Based Solutions, Servizi Ecosistemici

‘La nostra casa brucia’. Le Nature Based Solutions alla prova della Urban Heat Island. Una sperimentazione e le implicazioni per la pianificazione

Olga G. Paparusso, Annamaria Palmisano, Monica Procacci, Francesca Calace

1. Introduzione

Come è noto, la città rappresenta una delle principali cause del Cambiamento Climatico (CC) e, allo stesso tempo, costituisce il luogo più vulnerabile ai suoi effetti (Trusilova et al., 2008; Revi et al., 2014). Nella struttura fisica delle città interagiscono – in modo assai sbilanciato a favore delle prime – le infrastrutture grigie, costituite da strade, ferrovie, reti energetiche e parcheggi, e le infrastrutture verdi e blu, definite come una rete di aree naturali, seminaturali, rurali e di verde urbano, che forniscono un ampio spettro di servizi ecosistemici (CE, 2013). L'ottimizzazione dell'interazione multifunzionale tra questi elementi rappresenta la chiave per rimodellare e costruire città capaci di rispondere alle nuove sfide ambientali e di vivibilità degli insediamenti (FAO, 2016), ottenendo, attraverso lo strumento progettuale delle Nature Based Solutions (NBS), benefici integrati di tipo ecologico, economico e sociale (CE, 2013). L'introduzione delle infrastrutture verdi e delle NBS all'interno della pianificazione e progettazione delle città diventa sempre più necessario (CE, 2019) e fondamentale per la mitigazione del fenomeno dell'isola di calore (Urban Heat Island – UHI), la regolazione dei flussi idrici, la purificazione dell'aria e dell'impollinazione nonché per il benessere fisico e sociale della popolazione, massimizzando i trade-off tra i servizi ecosistemici di regolazione e approvvigionamento, efficaci a contrastare alcuni degli effetti dei CC nei contesti urbani.

In particolare, il fenomeno dell'UHI indica la tendenza delle aree urbane a trattenere il calore molto più delle aree rurali contigue (Oke, 1982), a causa dell'inerzia termica delle superfici impermeabili, del basso coefficiente di albedo, della riduzione parziale o totale delle superfici evapotraspiranti e della capacità di incanalare i venti ecc., provocando così un aumento della temperatura in città. Questo fenomeno diventa maggiormente percepibile all'interno delle aree a rischio desertificazione, che interessano gran parte dei territori del Mezzogiorno d'Italia, in cui oltre allo stress di natura climatica e alla pressione delle attività agricole, zootecniche e industriali, di insediamenti urbani e piattaforme turistiche, si aggiunge una riduzione della produttività biologica ed agricola ed una progressiva compromissione degli ecosistemi terrestri.

Infrastrutture verdi e NBS possono svolgere un ruolo importante, soprattutto in tali contesti, poiché possono regolare le temperature urbane attraverso una rete di spazi verdi urbani, pianificati selezionando aree appropriate per la loro organizzazione e gestione spaziale (Emilsson, Sang, 2017). Infatti, è stato dimostrato che i parchi urbani provocano un raffreddamento di circa 1°C durante le ore diurne, con benefici incrementali in base alla estensione e ai tipi vegetazionali (Bowler et al., 2010), che la

riduzione della temperatura attraverso l'uso della vegetazione è maggiore nei tessuti compatti ad alta densità rispetto agli sviluppi più radi, con variazioni legate alla direzione del vento e all'ora del giorno (Žuvela-Aloise et al., 2016), e infine che l'introduzione di tetti e le pareti verdi in spazi tradizionalmente 'grigi' (Enzi et al., 2017) influenza il bilancio energetico delle aree urbane.

In quest'ottica si colloca il presente lavoro¹ che, adottando metodologie di lavoro già sviluppate per l'adattamento delle città al CC e declinandole rispetto alla specificità del contesto, assume in particolare l'obiettivo di quantificare i benefici ottenuti dall'aumento della copertura vegetazionale all'interno del tessuto urbano, verificandone l'efficacia per la riduzione del fenomeno dell'isola di calore urbana; ciò nella consapevolezza che ulteriori sviluppi della ricerca potranno riguardare la quantificazione dei benefici delle NBS rispetto allo stoccaggio di CO₂, al miglioramento della qualità dell'aria, e alla qualità organica dei suoli (Arcidiacono et al., 2021).

Per il punto di vista assunto, e considerato che nella gestione del territorio intervengono numerose variabili e criteri di valutazione nelle scelte di pianificazione, afferenti ad aspetti funzionali, culturali, sociali ed economici, sullo sfondo della sperimentazione non vi è la messa a punto di una metodologia finalizzata ad una determinazione univoca degli usi del suolo; la finalità è piuttosto quella di comprendere i benefici delle NBS riguardo al fenomeno indagato, nonché in quali modalità e con quali difficoltà e inerzie allo stato attuale sia possibile una loro piena introduzione all'interno degli strumenti di pianificazione, integrando con consapevolezza gli aspetti ecosistemici con gli altri che intervengono in questi processi.

2. Dai Piani di Adattamento Climatico all'applicazione di strategie di mitigazione del UHI nel contesto del Mezzogiorno: una metodologia

A livello internazionale ed europeo² molte sono le città che stanno affrontando già da tempo il CC, adottando Piani e progetti sperimentali di adattamento al clima, con l'obiettivo di rendere l'ambiente urbano più resiliente, non solo riducendo il fenomeno 'isola di calore' ma anche apportando migliorie alla permeabilità dei suoli, ai problemi di deflusso delle acque, oltre che ovviamente alla qualità della vita e dell'aria (Musco, Fregolent, 2014). In Italia, diverse città – per lo più del centro e del nord – hanno intrapreso la strada verso la costruzione di Piani di Adattamento Climatico Locale, strumenti di natura volontaria e ancora poco diffusi, in cui vengono elaborate strategie e azioni puntuali di adattamento e mitigazione al CC. Oltre al Piano di adattamento locale al CC di Bologna (Comune di Bologna, 2015), che ha rappresentato una valida metodologia di definizione del piano e delle azioni progettuali intraprese, le Linee Guida per la costruzione dei Piani di Adattamento delle città di Padova (2016) e Mantova (2018) elaborate dall'Università IUAV di Venezia, sono state assunte come modello di riferimento, in quanto espongono un metodo sviluppato in aderenza alle maggiori esperienze a livello internazionale e pensato per supportare le comunità locali nella formulazione di piani legati al clima³.

Ponendo l'attenzione sulle criticità e sulle strategie di mitigazione del UHI nel contesto del Mezzogiorno, il territorio della Puglia rappresenta un caso studio particolarmente significativo anche perché fortemente esposto al fenomeno della desertificazione⁴. L'interesse è anche dovuto alla peculiarità delle pianificazioni vigenti sul territorio che, pur con diversi gradi di innovazione e attuazione, possono diventare lo strumento per “ancorare” le strategie di adattamento al clima e, in generale le politiche ambientali in continuo divenire, agli strumenti del governo del territorio, in modo da attuare gli obiettivi in forme durature e vincolanti.

Infatti, sebbene la Regione abbia avviato solo di recente il processo di definizione della Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SRACC)⁵, il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR), in vigore dal 2015, pone già in essere alcune prospettive rilevanti ai fini delle questioni trattate, poiché propone una visione dello sviluppo del territorio fortemente legata alla Rete Ecologica Regionale. Oltre a definire le tutele di tipo paesaggistico, l'apparato strategico del piano si esprime sull'intero territorio regionale, fornendo una serie di strategie e indirizzi operativi che dovranno poi essere recepiti all'interno della pianificazione urbanistica, veicolando dunque l'approccio patrimoniale ed ecosistemico alla scala locale⁶. Gli indirizzi dello scenario strategico si riflettono organicamente nel progetto del Patto Città-Campagna, nel quale si punta alla chiusura del ciclo delle acque, all'introduzione di green-belt periurbane, di parchi agricoli multifunzionali, di corridoi ecologici, di infrastrutture verdi e di forestazione urbana diffusa per la riqualificazione delle aree degradate e marginali, e al ripensamento delle aree industriali come Aree Produttive Paesaggisticamente ed Ecologicamente Attrezzate (APPEA). Il Patto Città-Campagna propone quindi una serie di strumenti che, oltre a riorientare le scelte di rigenerazione e trasformazione delle aree urbane marginali con approcci ecologicamente orientati, concorrono, anche se implicitamente, alla fornitura di servizi ecosistemici e quindi anche alla mitigazione dell'isola di calore. Inoltre, il PPTR con la sua capacità di interagire con programmi e politiche attraverso la territorializzazione dei relativi strumenti di programmazione e finanziamento – come avvenuto con i fondi a valere sul POR Puglia 2014-2020 –, ha dimostrato di essere uno degli strumenti privilegiati su cui poter ancorare in maniera sinergica le politiche ambientali comunitarie al governo del territorio.

In questo contesto pianificatorio, la metodologia applicata al caso di studio è stata elaborata partendo da un'analisi dei Piani di Adattamento Climatico adottati negli ultimi anni da diverse realtà urbane, che rappresentano ad oggi un corposo bagaglio metodologico. Il flusso di lavoro seguito nel caso di studio (Fig. 1) si articola in varie fasi che declinano e integrano la già citata metodologia elaborata dallo IUAV rispetto alle specificità territoriali e all'intensità e frequenza delle ondate di calore di un comune del Sud Italia – il comune di Corato, una città pugliese di medie dimensioni – e sulla possibilità di fronteggiare questa problematica attraverso il potenziamento dell'infrastruttura verde, ottenuto con l'introduzione all'interno del tessuto urbano di NBS. Ai risultati così ottenuti si è aggiunto un ulteriore approfondimento, finalizzato a verificare concretamente i benefici derivanti dall'adozione di tale strategia.

* da metodo IUAV



Fig. 1 – Percorso progettuale seguito per il caso di studio. I passaggi 01, 02, 05, 07 sono della Metodologia IUAV. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

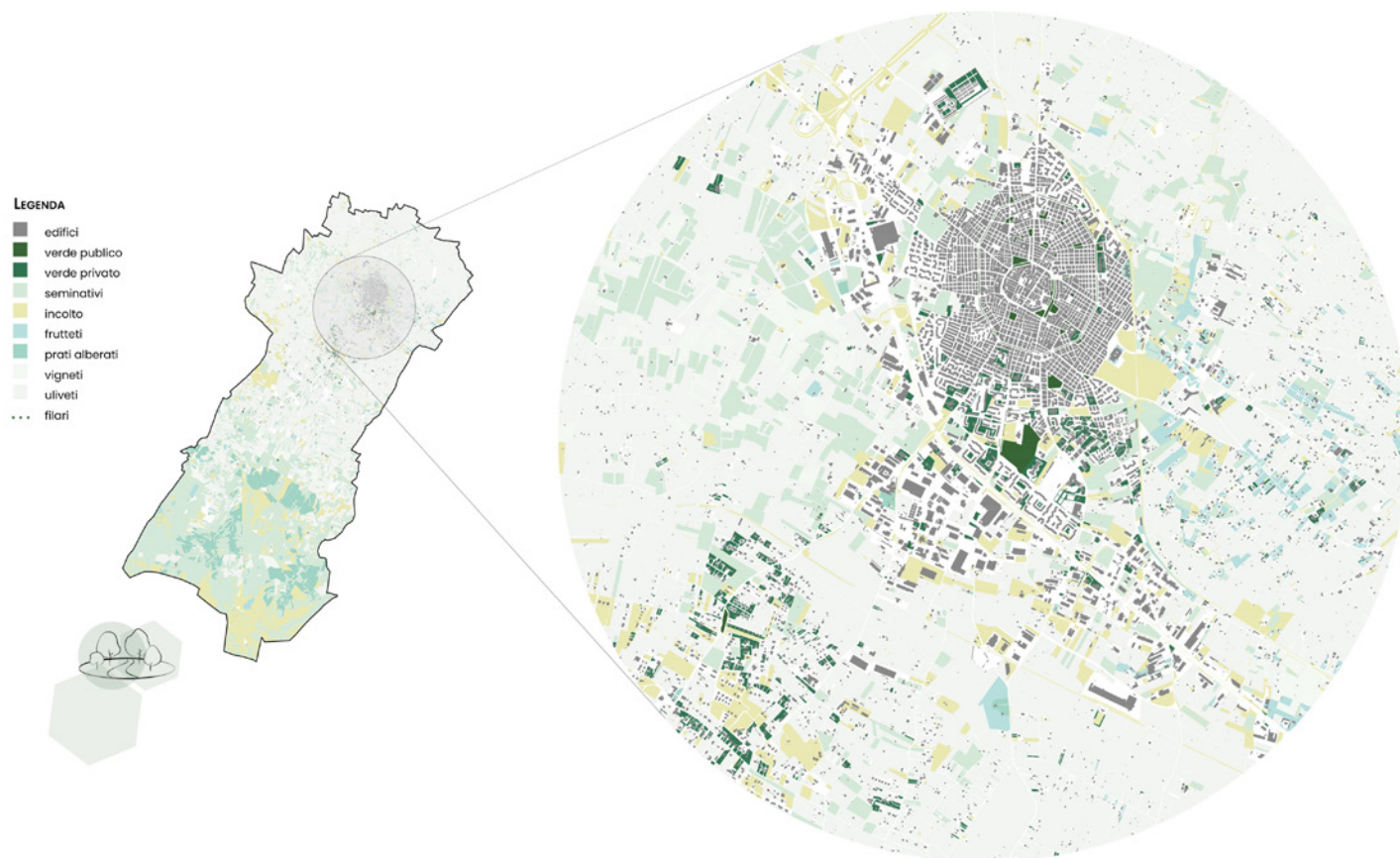
Pertanto, in primo luogo è stato definito il Profilo Climatico Locale (01), che raccoglie le principali informazioni territoriali e climatiche della città, e sono stati analizzati i principali strumenti di pianificazione vigenti a livello regionale e comunale con l'obiettivo di definire le criticità ambientali a cui è soggetto il territorio del comune pugliese (02). Successivamente, attraverso una sintesi delle conoscenze e un'analisi SWOT, sono stati definiti i principali ambiti urbani in cui operare (03) e gli obiettivi fondamentali da raggiungere (04) attraverso la definizione di una strategia valida su tutto il territorio urbano sviluppata elaborando un concept progettuale (05). Il lavoro si è poi concentrato su una porzione dell'urbanizzato (06) particolarmente significativa dal punto di vista urbanistico per la sua complessità e per le condizioni di degrado e di marginalità; in essa peraltro è possibile osservare la compresenza di fattori legati al rischio idraulico e al fenomeno dell'isola di calore. Quindi sono state collocate specifiche NBS ed essenze arboree e arbustive, opportunamente selezionate in base al contesto del comune considerato (07), definendo in questo modo uno Schema Direttore generale, ovvero uno schema-guida per l'applicazione degli interventi (08). Infine, per sperimentare i benefici e dimostrare le potenzialità delle NBS nella diminuzione dell'effetto UHI, sono stati sviluppati dei progetti pilota con misurazioni e valutazioni degli effetti che un intervento di questo tipo avrebbe sul microclima locale, attraverso delle simulazioni su un modello microclimatico non idrostatico⁷ (09).

3. L'applicazione della metodologia al caso di studio

Il caso di studio prende in esame il territorio comunale di Corato (BA), una città pugliese di 47.360 abitanti (ISTAT, 2021), caratterizzata da clima mediterraneo caldo e temperato. Da un'analisi del dataset prodotto dal Copernicus Climate Change Service (C3S) e dallo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) sull'andamento delle temperature medie degli ultimi 50 anni⁸, si è potuto notare un incremento della temperatura media anche nel comune di Corato, il quale registra una variazione di temperatura pari a +1,8 °C nel periodo 2009-2018 rispetto al decennio 1961-1970⁹.

Dopo la ricognizione dei principali strumenti di programmazione e pianificazione sia a livello regionale sia a livello comunale, è stato analizzato il territorio di Corato al fine di raccogliere le informazioni necessarie per la valutazione dei rischi ambientali e delle aree vulnerabili al fenomeno dell'UHI. Sono stati mappati i tessuti residenziale e produttivo, i servizi e il sistema della mobilità, focalizzando infine l'attenzione sull'analisi del verde urbano ed extra-urbano. Quest'analisi ha portato alla luce una scarsa presenza di verde urbano: si stima, infatti, che la superficie di verde attrezzato raggiunga appena i 125.000 mq con una distribuzione per abitante di 2,6 mq/ab, ben al di sotto degli standard previsti dal DM 1444/1968 (Fig. 2).

Fig. 2 – Analisi del verde. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.



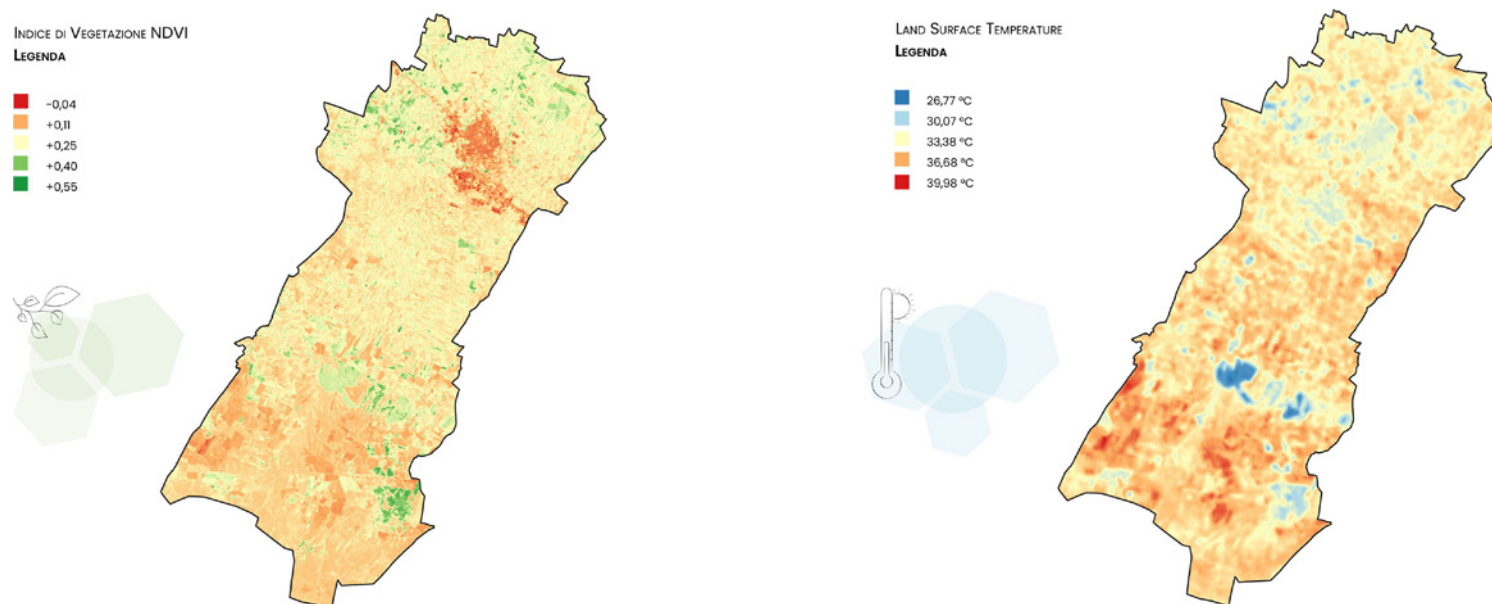


Fig. 3 – Analisi di telerilevamento. NDVI e LST. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

satellitari *open source*¹⁰, sono state elaborate, in ambiente GIS, le mappe dell'indice di vegetazione NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)¹¹ e della temperatura superficiale terrestre LST (*Land Surface Temperature*)¹². Nella mappa NDVI prodotta, le aree in gradazione di verde corrispondono alle aree permeabili con diversa intensità di verde, mentre in rosso sono rappresentate le aree impermeabili, corrispondenti principalmente alle aree urbanizzate e alla viabilità, ma anche ai terreni aridi o incolti. La mappa LST, invece, restituisce le informazioni relative alla temperatura registrata al suolo, con un range che varia da 26,77 °C a 39,98 °C a seconda di diversi fattori, quali albedo, copertura vegetale e umidità del suolo (Fig. 3).

Le analisi prodotte sono state combinate con gli indici che concorrono al calcolo della vulnerabilità all'effetto UHI, che trovano le loro radici nella metodologia di analisi proposta da Mahdavi et al. (2013). Nel caso specifico del Comune di Corato, le analisi eseguite e le informazioni disponibili raccolte hanno permesso di individuare i seguenti indicatori: a) concentrazione della popolazione sensibile; b) LST; c) concentrazione delle aree edificate; d) concentrazione delle aree impermeabili; e) concentrazione delle aree permeabili. La mappa finale, ottenuta dalla sovrapposizione di tutti i dati, restituisce una maggiore vulnerabilità all'isola di calore nel centro abitato e nella zona industriale (Fig. 4), dove la presenza di verde risulta molto carente, consentendo l'individuazione degli ambiti di intervento prioritari.

Stabiliti i principali obiettivi da raggiungere, ovvero la riduzione del fenomeno dell'isola di calore urbana unitamente all'incremento della qualità urbana e rurale, è stato elaborato un concept progettuale che articola le azioni rispetto a 4 macro-strategie integrate: a) incremento del verde urbano; b) mitigazione della zona produttiva; c) mitigazione della rete infrastrutturale; d) riconnessione città-campagna.

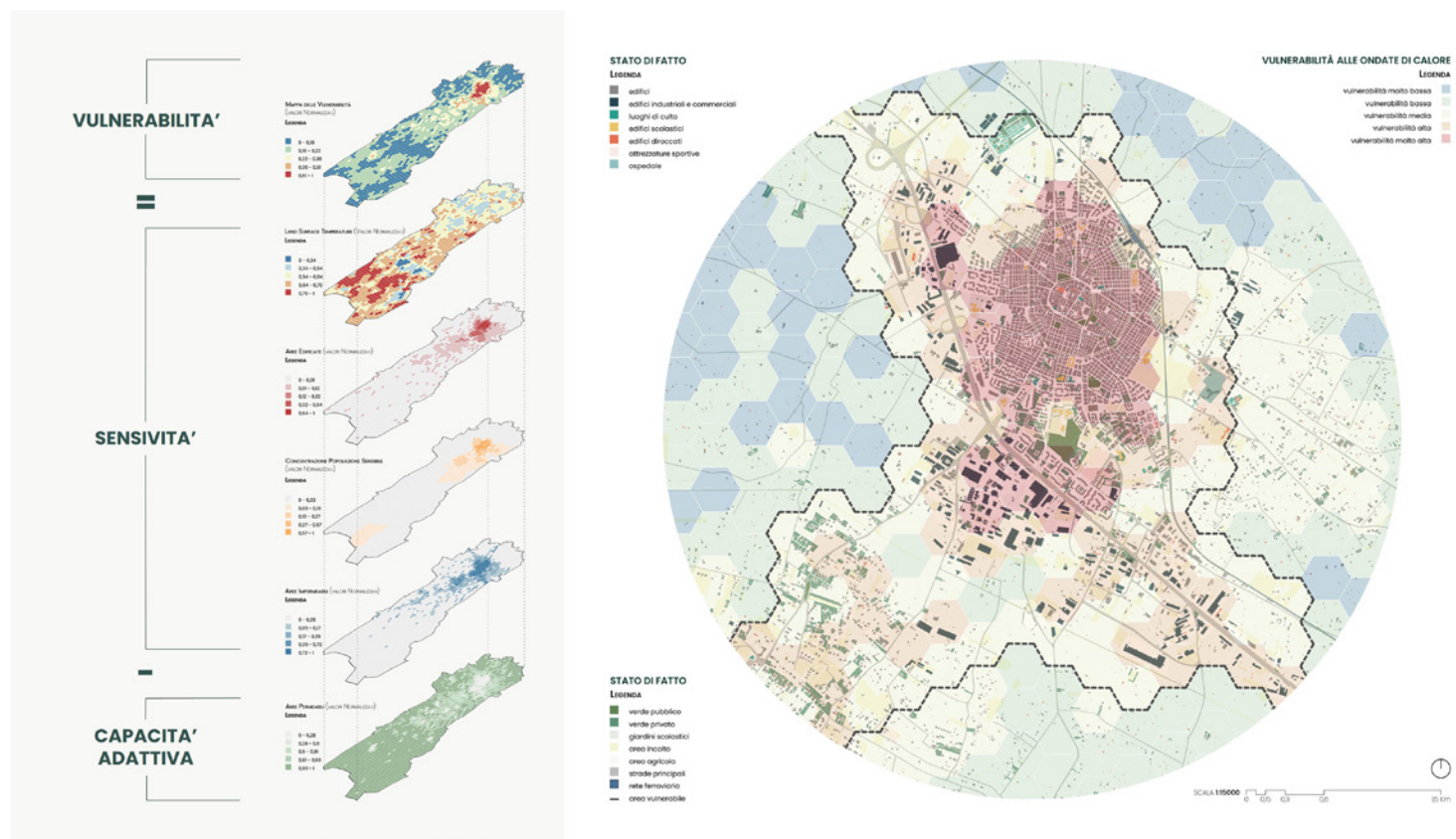
Tra le aree vulnerabili all'UHI, è stata poi individuata una porzione di territorio urbanizzato periferico, collocata a sud dell'abitato, in corrispondenza del 'cuneo'

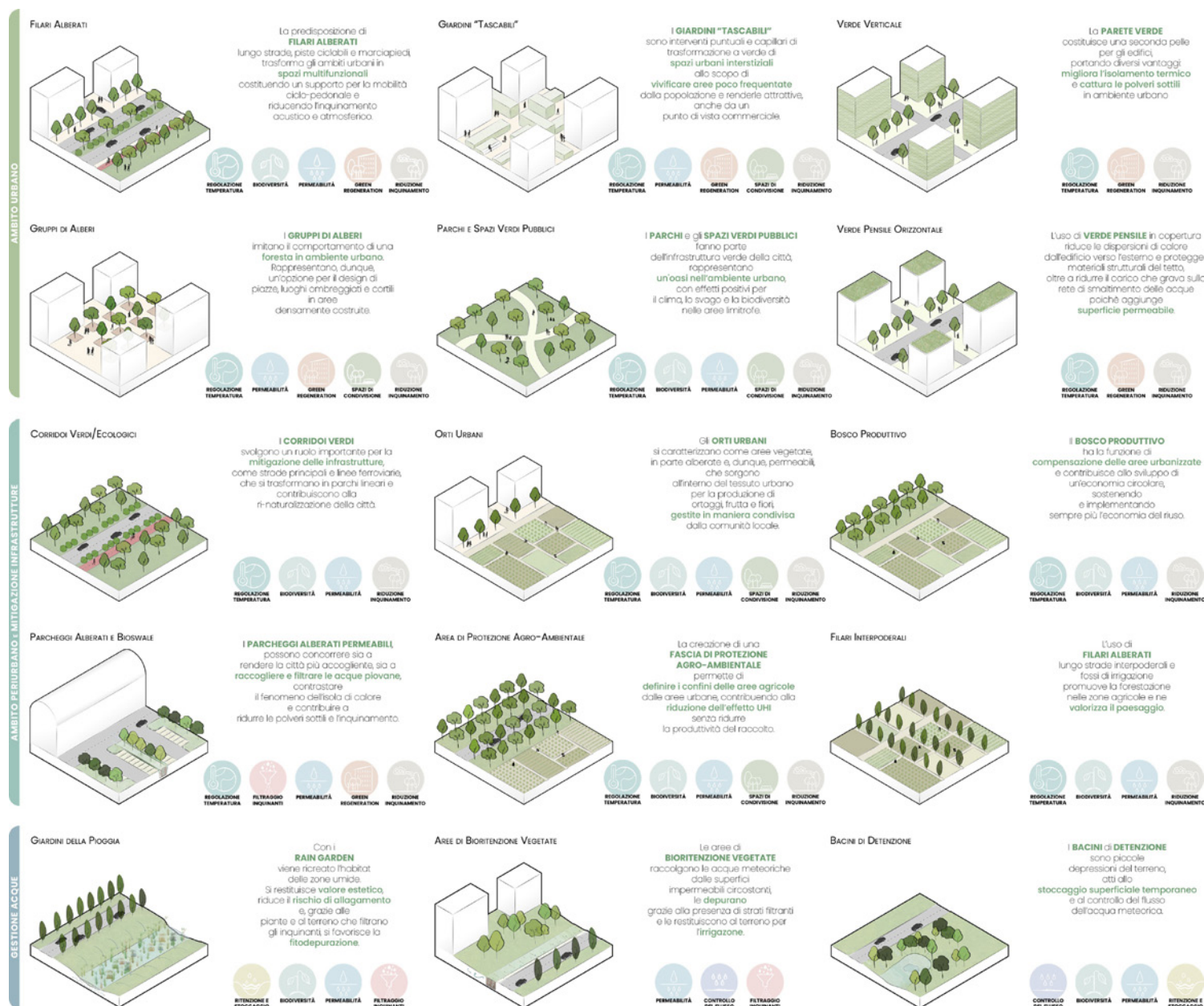
racchiuso dalla linea ferroviaria e dalla SP231, che è anche parte di un Programma integrato di rigenerazione delle periferie. I caratteri urbanistici, legati al grado di trasformabilità delle aree, e quelli ambientali legati anche alla pericolosità idraulica¹³, consentono di applicare le soluzioni progettuali e di verificarne i benefici in forma integrata.

Successivamente, sono state selezionate le NBS e le essenze arboree e arbustive¹⁴ che rispondono agli obiettivi individuati, e che maggiormente si adattano ai caratteri insediativi dell'area e al contesto climatico del comune di Corato. Esse, infatti, diventano lo strumento progettuale con il quale ripensare gli spazi pubblici interstiziali, le superfici asfaltate di strade e parcheggi, le pertinenze delle dotazioni e le aree a standard dei tessuti a maglia larga delle espansioni recenti. Le NBS sono state quindi classificate rispetto ai benefici ecosistemici che possono apportare – regolazione della temperatura, aumento di biodiversità, aumento della permeabilità del suolo, incremento della qualità dell'aria – e al miglioramento della qualità della vita dei cittadini con l'aumento di spazi verdi e di condivisione sociale. Le essenze – divise tra arboree e arbustive – sono state opportunamente selezionate tenendo conto di problematiche gestionali, caratteristiche della pianta, usi suggeriti in ambito urbano, prestazioni ambientali ed esigenze di manutenzione, soffermando l'attenzione sulla quantità di CO₂ assimilata e stoccata dalla pianta nell'arco della sua vita¹⁵ (Fig. 5).

La fase di classificazione e selezione delle NBS e delle essenze ha portato alla

Fig. 4 – Analisi della vulnerabilità alle ondate di calore. Stato di fatto del contesto urbano. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.





definizione di una rete diffusa di naturalità, a cavallo tra le espansioni recenti e le aree di margine periurbano, composta da giardini tascabili, rain garden, giardini, orti urbani, parcheggi alberati, filari di alberi e aree di bioritenzione vegetate, boschi produttivi e filari interpoderali, inseriti «dentro un disegno complessivo di ricomposizione e rigenerazione ecologica, paesaggistica e sociale della struttura urbana» (Arcidiacono, 2020). L'inserimento delle NBS ha interessato circa il 93% della superficie dell'ambito periurbano considerato (Fig. 6), stimando che la superficie permeabile possa raggiungere i 281.000 m² in area urbana e circa i 258.000 m² nella zona produttiva, con inoltre un incremento complessivo della dotazione di verde lineare lungo le direttrici principali.

Fig. 5 – Nbs utilizzate in ambito urbano, extra-urbano e per la gestione delle acque. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

Fig. 6 - Lo Schema Direttore generale del progetto integra le soluzioni per i diversi ambiti fornendo un metodo da seguire quale strategia in territori analoghi. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.



4. Il progetto pilota e la valutazione degli effetti sul microclima locale

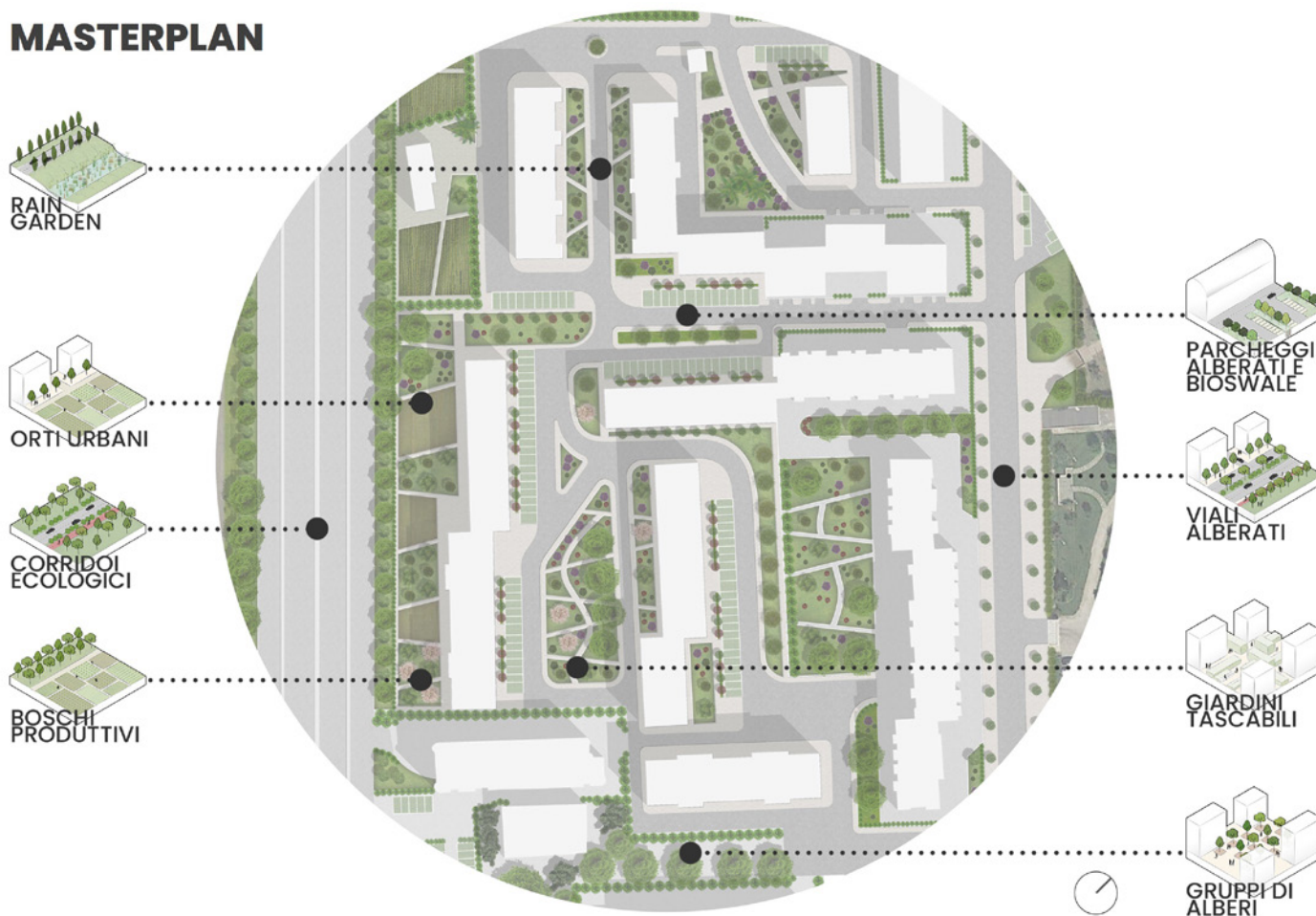
Col fine di verificare i benefici derivanti dall'adozione della strategia sviluppata, è stato elaborato un progetto pilota che sperimenta le effettive potenzialità di tale approccio. La scelta è ricaduta su un contesto residenziale misto pubblico-privato collocato lungo una delle strade a percorrenza veloce che lambisce la città.

Sulla base delle criticità individuate in loco è stato elaborato un progetto (Fig. 7) che ha previsto in prima istanza l'aumento delle superfici permeabili attraverso un'operazione di depavimentazione delle superfici asfaltate e una riorganizzazione della viabilità interna al quartiere. In prossimità di ogni edificio, inoltre, sono stati previsti parcheggi alberati e permeabili, conservando l'accessibilità in corrispondenza di ogni ingresso. Le aree residuali sono state riconvertite a verde con giardini tascabili, piccoli boschi produttivi e orti urbani a servizio dei residenti del quartiere. Le aree di pertinenza private sono state schermate con barriere verdi, mentre per la strada provinciale 231 è stata prevista una fascia di mitigazione composta da filari alberati e aree di bioritenzione vegetate, utili non solo a migliorare la qualità dell'aria ma anche a mitigare l'inquinamento acustico. Particolare attenzione è stata posta anche sull'uso dei materiali, che possono peggiorare o mitigare i flussi energetici in un'area urbana, aumentando o contribuendo a contenere l'effetto isola di calore.

Gli effettivi benefici legati all'area riprogettata sono stati valutati producendo dei modelli microclimatici con i quali simulare le interazioni tra i fattori costituenti lo spazio, in ambiente ENVI-met¹⁶. Tale software, con i limiti della versione lite, permette di riprodurre le specifiche condizioni urbane riportando gli elementi 'grigi' e 'verdi' in

Fig. 7 – Masterplan. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

MASTERPLAN



una griglia 50x50x40. Sulla base dell'area riprogettata, è stata scelta una porzione di territorio di 200x200 m suddivisa da una maglia reticolare avente passo pari a 5 m, costruendo così una griglia 40x40x30; a tale area è stata aggiunta una zona di buffer utile per la buona riuscita del calcolo, ottenendo la griglia complessiva 50x50x40. Il modello per il calcolo è stato generato attraverso l'immissione delle caratteristiche geometriche degli edifici e il loro posizionamento all'interno della griglia in modo da riprodurre le condizioni insediative del sito oggetto della simulazione. Oltre agli edifici sono state inserite le diverse caratteristiche del suolo e, infine, aree verdi e alberature sia dello stato di fatto che di progetto, specificando le diverse specie alle quali sono legati i parametri che regolano le interazioni con l'atmosfera, il suolo e specifiche capacità di evapotraspirazione.

I due modelli generati (Fig. 8) e le variabili climatiche e temporali, quali temperatura (T_{MAX} , T_{MIN}), umidità relativa (UR_{MAX} , UR_{MIN}), velocità media e direzione del vento (Tab. 1), assieme ai dati di input relativi ai parametri di biometeorologia (Tab. 2), hanno restituito una serie di mappe tematiche.

Tra le mappe ricavate dall'interpolazione dei dati si è scelto di confrontare le più rilevanti rispetto al tema della riduzione del fenomeno dell'isola di calore urbana e della valutazione del benessere termoisometrico degli utenti. La mappa della temperatura potenziale dell'aria alle ore 12:00 mostra, allo stato di fatto, una temperatura compresa tra i 29,19°C e i 30,40°C, con picchi in corrispondenza delle aree prive di vegetazione; mentre con l'introduzione di NBS si registra una diminuzione di temperatura di -0,63°C per la temperatura minima e di -0,47°C per la massima (Figg. 9, 10). Altra variabile presa in considerazione è il PMV (Predicted Mean Vote) che rappresenta il voto medio attribuito alla percezione individuale del comfort termico rispetto a determinate situazioni ambientali. Se nello stato di fatto si nota un'insoddisfazione e sensazione di disagio percepita dagli utenti alle ore 12:00, con valori compresi tra 2,36 e 5,26 del valore di PMV, nella simulazione di progetto tale disagio si attenua leggermente alla stessa ora, con valori del PMV compresi tra 2,04 e 4,87 (Figg. 11, 12), rappresentando un non trascurabile miglioramento in rapporto alle condizioni climatiche di input. Infine, l'ultimo parametro considerato nella valutazione è la temperatura superficiale del suolo che alle ore 12:00 assume un valore medio di 39,09°C nello stato di fatto e passa a 31,31°C allo stato di progetto con una diminuzione di 7,78°C (Figg. 13, 14).

5. Conclusioni

Le simulazioni spaziali svolte a conclusione del presente lavoro hanno dimostrato come l'introduzione di NBS in ambito urbano possa apportare notevoli benefici dal punto di vista microclimatico e favorire il funzionamento dei servizi ecosistemici di regolazione, già ad un livello locale. Il modello microclimatico generato con l'ausilio di ENVI-met si è, inoltre, dimostrato attendibile nella ricostruzione del sistema fisico e dei processi che lo interessano, nonostante i limiti applicativi della versione lite utilizzata, che non permette l'inserimento di tetti e pareti verdi.

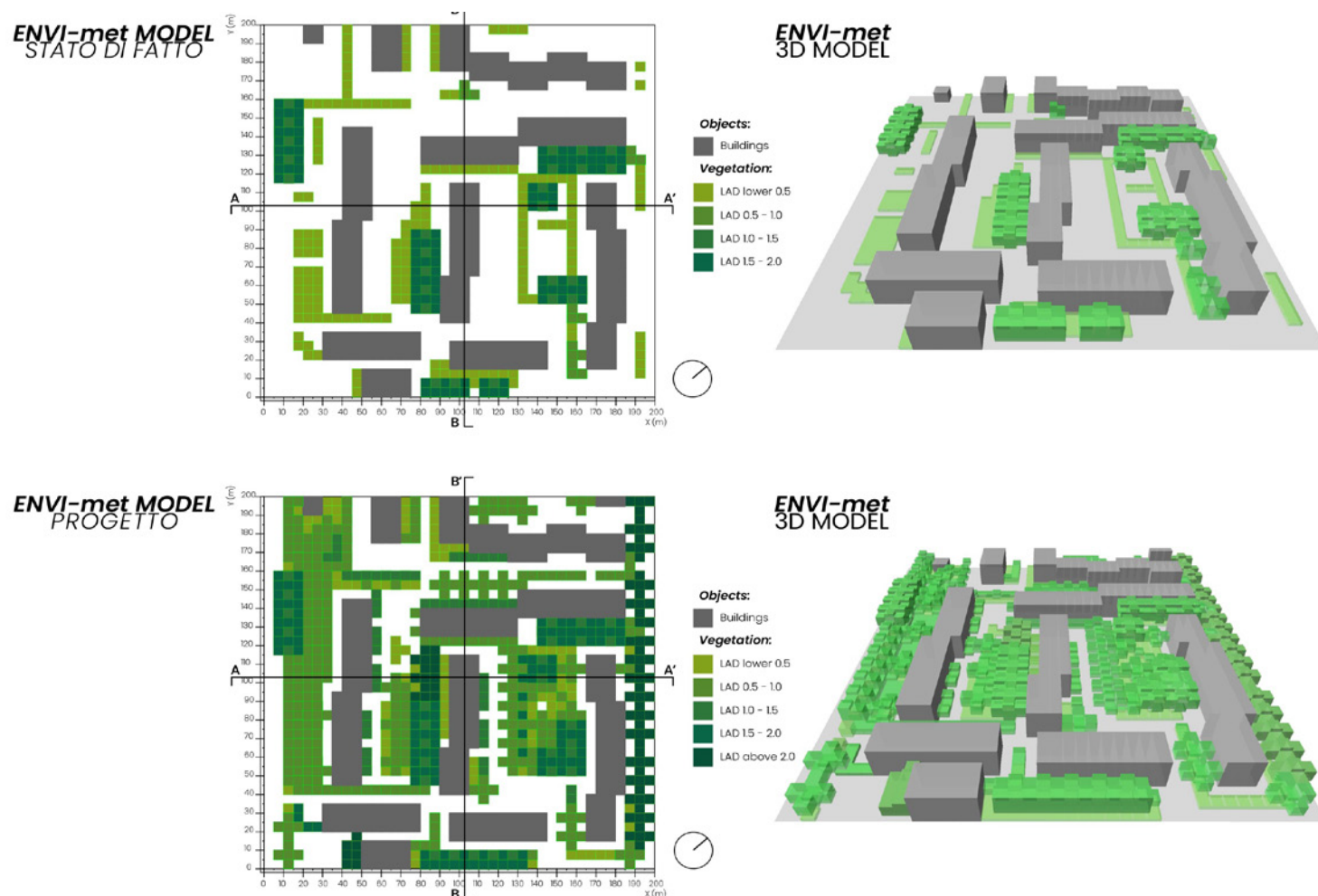


Fig. 8 - Modello generato in ambiente ENVI-met per l'area riprogettata. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

Giornata simulazione: 24/08/2021		INPUT DATA Atmosphere	
Ora inizio simulazione		06:00 [HH:MM]	
Durata totale simulazione		24 [H]	
T_{MAX}		32 [°C]	
T_{MIN}		23 [°C]	
UR_{MAX}		94 [%]	
UR_{MIN}		49 [%]	
Velocità del vento		2,7 [m/s]	
Direzione del vento		Nord-Ovest: 315 [°]	

Giornata simulazione: 24/08/2021		INPUT DATA Biometeorologia	
Ora inizio simulazione		06:00 [HH:MM]	
Durata totale simulazione		24 [H]	
Static Clothing Insulation		0,5 [clo]	
Walking speed		0,83 [m/s]	
Basal rate		84,49 [W]	
Work metabolism		54,88 [W]	
Sum metabolic work		139,37 [W]	

Tab. 1 - Input data per il calcolo dei parametri di atmosphere in riferimento al 24 agosto 2020. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

Tab. 2 - Input data per il calcolo dei parametri di biometeorologia in riferimento al 24 agosto 2020. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

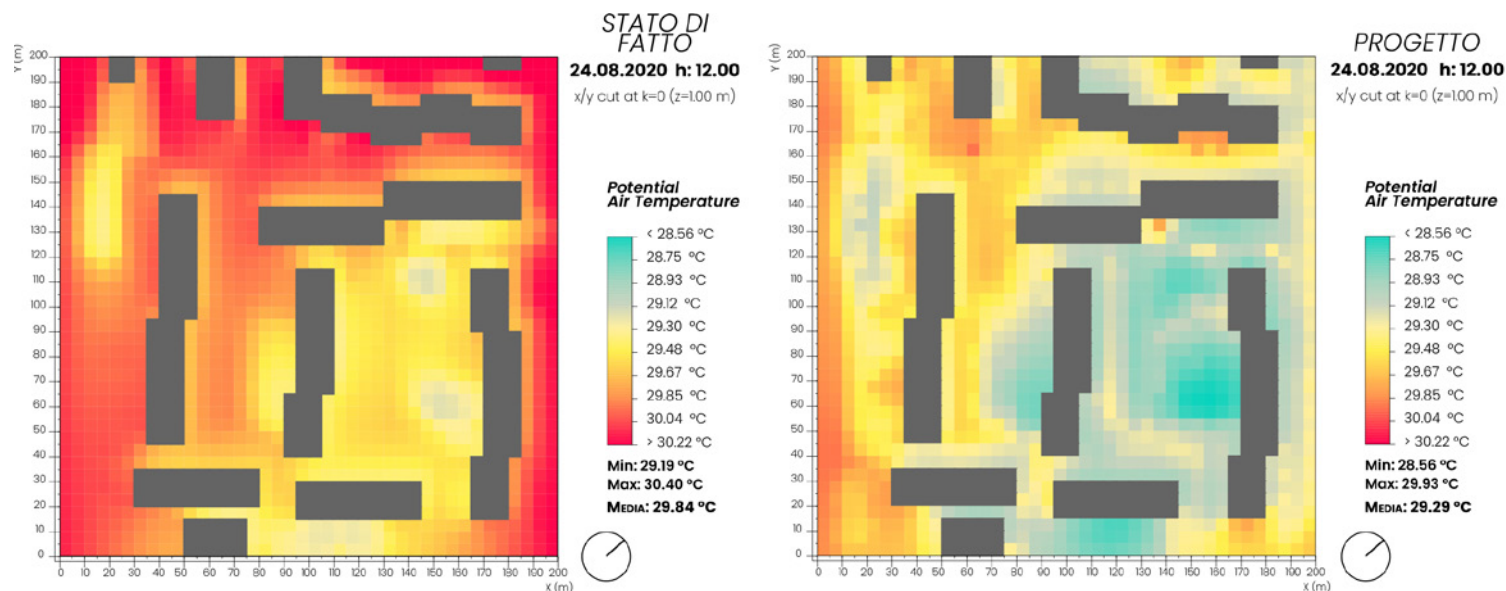


Fig. 9 - Piante e sezioni ENVI-met rappresentative delle condizioni microclimatiche alle ore 12:00 nello stato di fatto e stato di progetto.
Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

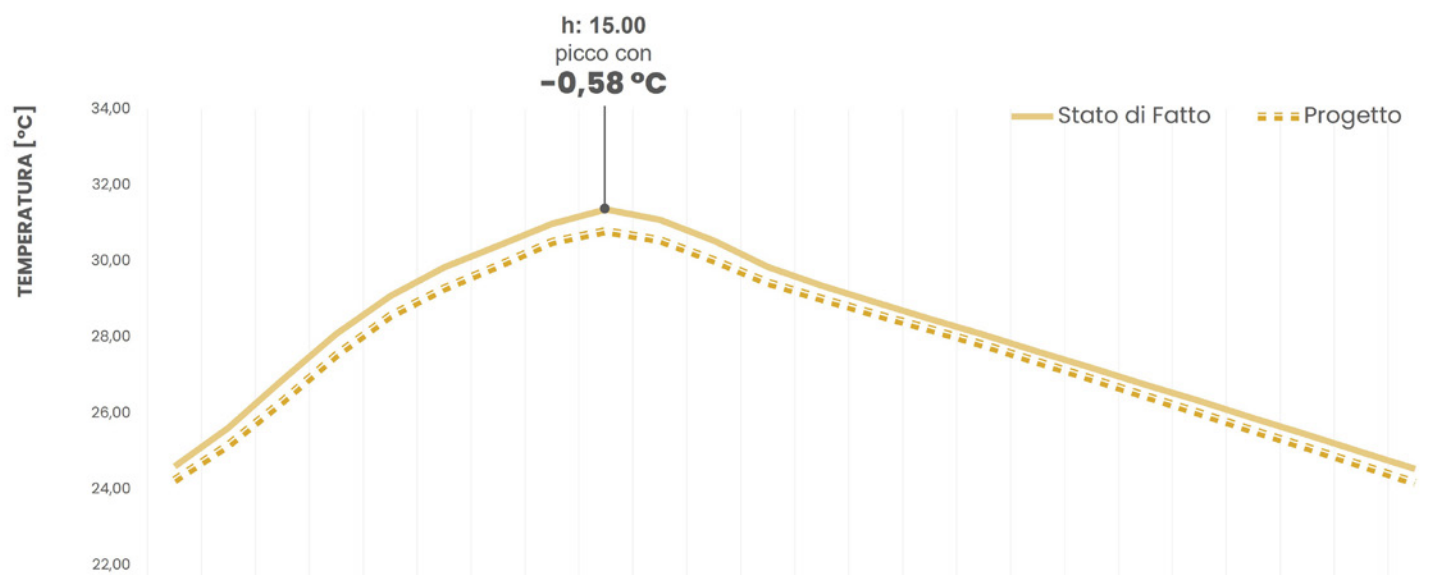


Fig. 10 - Confronto tra stato di fatto e progetto: grafico dell'andamento orario della temperatura nelle due condizioni. Si può apprezzare un calo globale della temperatura durante tutto l'arco della giornata, con un picco alle ore 15:00, quando si registra -0.58°C. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

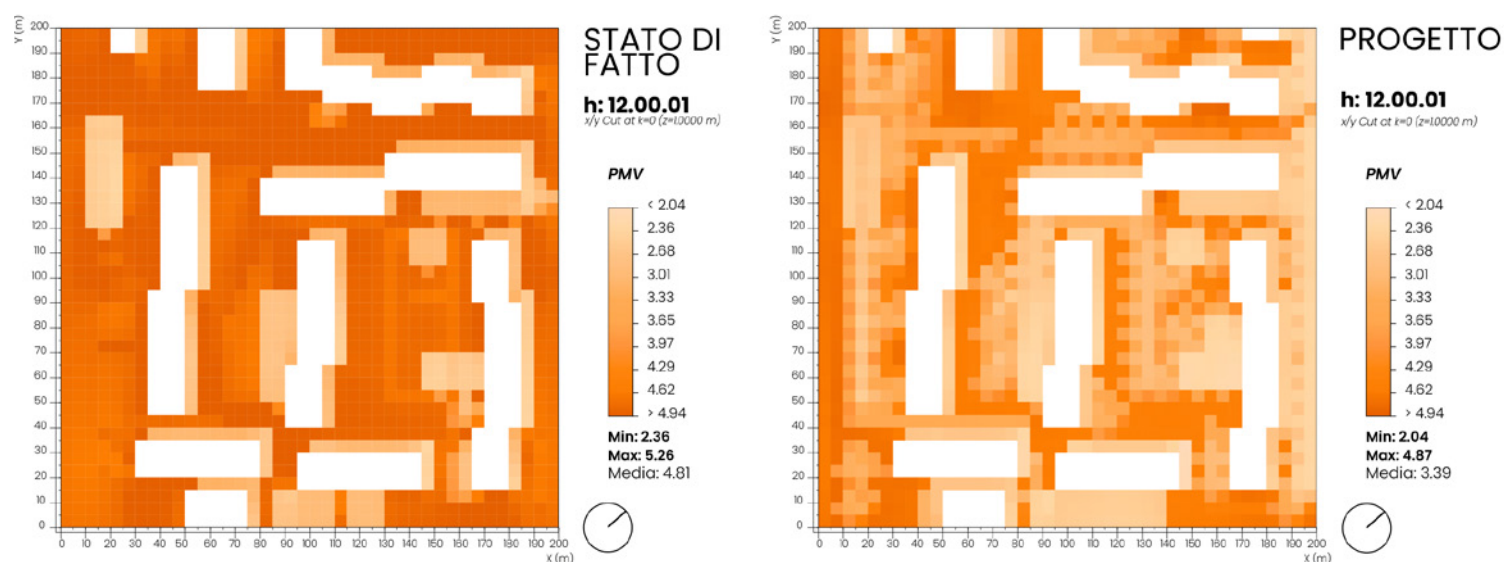


Fig. 11- Confronto tra stato di fatto e progetto: piante e sezioni della distribuzione del PMV alle ore 12:00. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

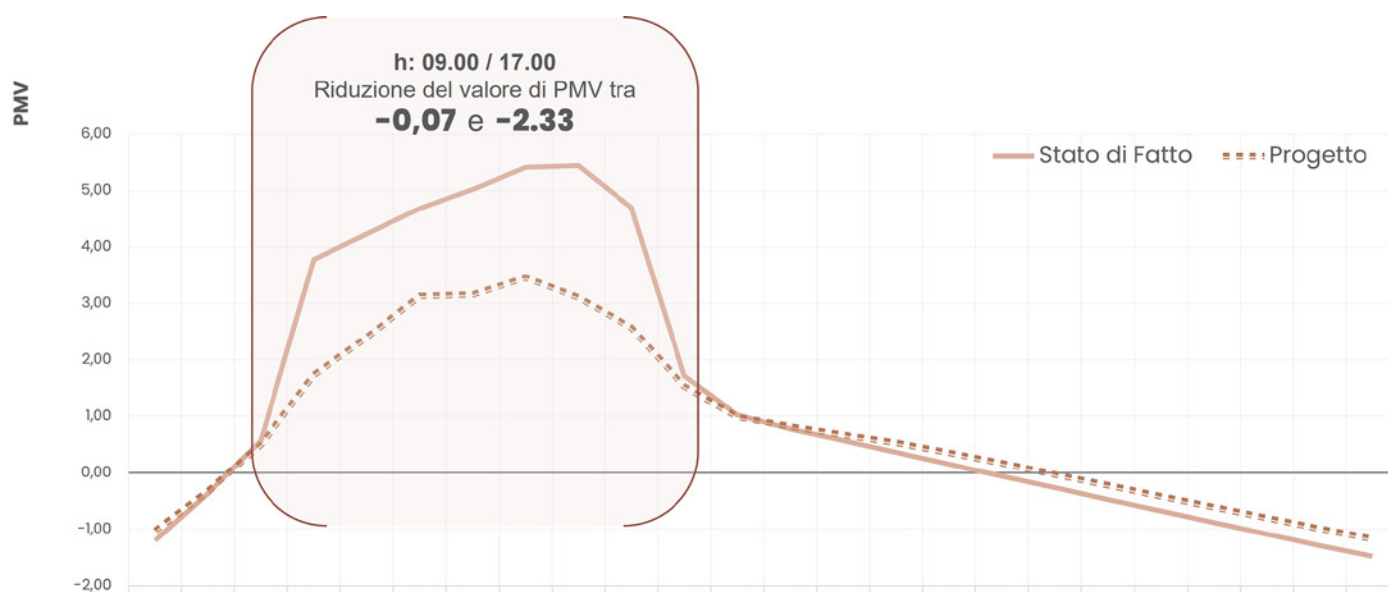


Fig. 12 - Confronto tra stato di fatto e progetto: grafico dell'andamento orario del PMV nelle due condizioni. È apprezzabile un generalizzato miglioramento della sensazione di comfort termico, ancor più evidente tra le ore 9.00 e le ore 17.00 quando il valore scende di più di 2 punti. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

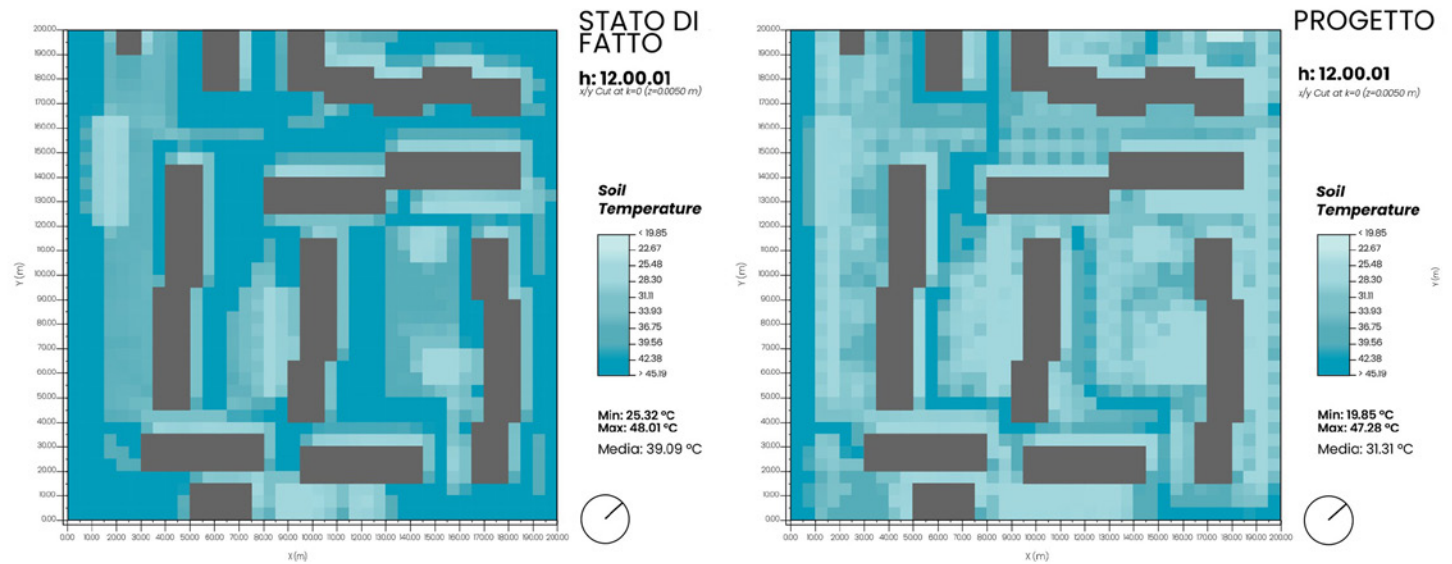


Fig. 13 - Confronto tra stato di fatto e progetto: piante della distribuzione della Soil Temperature alle ore 12:00. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

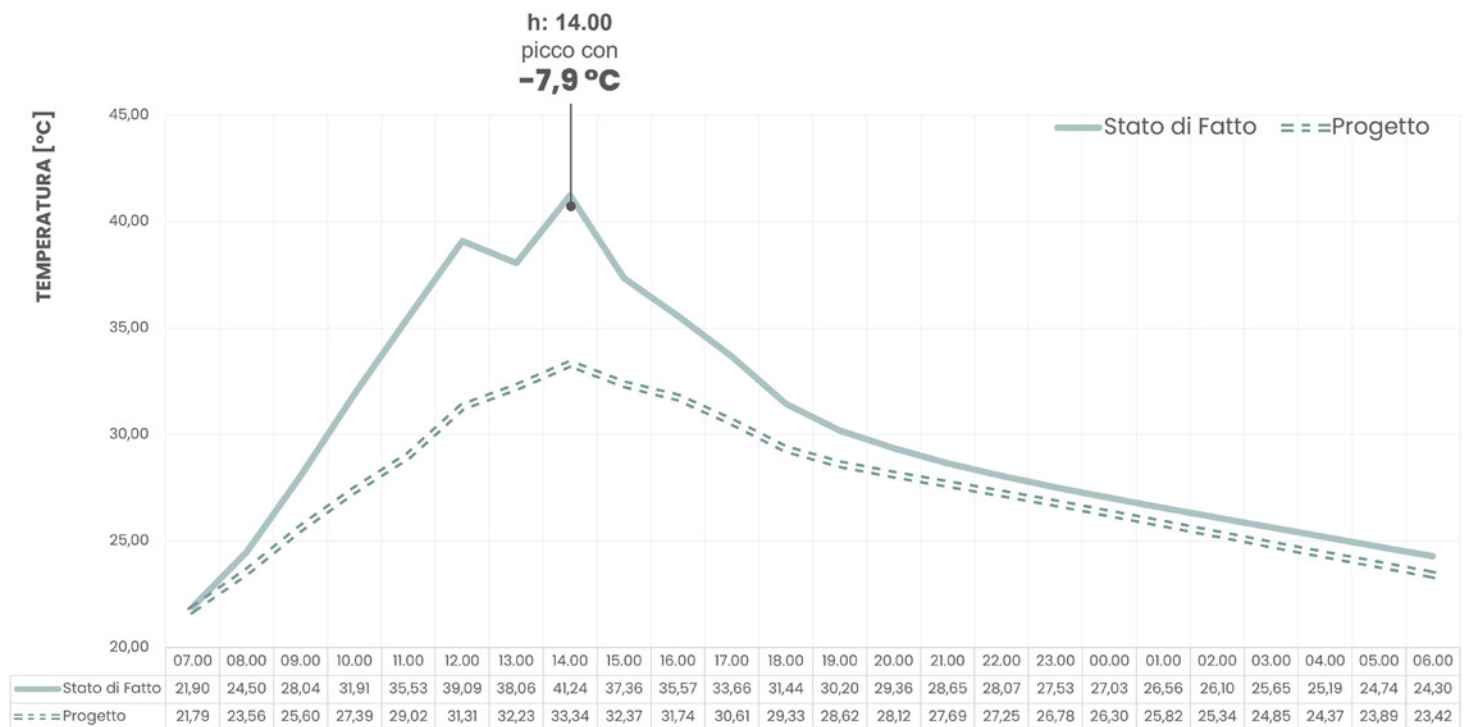


Fig. 14 - Confronto tra stato di fatto e progetto: grafico dell'andamento orario della Temperatura al Suolo. Notevole diminuzione nelle ore diurne, con un picco alle ore 14 quando, con l'introduzione delle NbS, si ha un crollo della temperatura di quasi 8 °C. Fonte: elaborazione a cura di A. Palmisano e M. Procacci.

Un approccio valutativo di questo tipo risulta sempre più utile sul piano della comunicazione di un progetto di potenziamento dell'infrastruttura verde a decisori politici e cittadini, portando alla luce una serie di benefici legati all'innegabile valore sociale, ambientale, economico di questi spazi nella riconversione ecologica della città. Inoltre, la possibilità di valutare diversi scenari, basati sulle prestazioni ambientali delle essenze, permette di evitare consociazioni vegetali particolarmente costose da gestire e, tutto sommato, poco utili dal punto di vista ambientale, se si considera anche l'impronta idrica e di carbonio di un progetto di questo tipo.

In conclusione, questo studio potrebbe rappresentare un punto di partenza per nuovi approfondimenti e applicazioni che portino allo sviluppo di una metodologia per l'analisi delle vulnerabilità territoriali, attraverso la quale è possibile operare in maniera più consapevole sul territorio e integrare all'interno dei tradizionali strumenti di pianificazione e progettazione strategie nature-oriented, che concorrano a garantire lo sviluppo dei servizi ecosistemici in ambito urbano. Pur con le necessità di affinamento e approfondimento dei risultati delle ricerche, ci sarebbero infatti gli elementi per una integrazione capillare dei contenuti in tutte le scale della pianificazione, da quella territoriale fino alla progettazione e soprattutto alla riqualificazione ambientale della città esistente fino al livello del piccolo insediamento e dell'edificio. In questo assolvendo ad uno dei principi chiave, quello della multiscalarità, espressi in ambito scientifico con riferimento alle infrastrutture verdi.

Inoltre, va evidenziato come sia l'utilizzo delle NBS che la pianificazione, per loro natura, hanno in comune un approccio place based, per la necessità di ambedue di ancorarsi alle specifiche condizioni ambientali, climatiche, territoriali e socioeconomiche del sito; ambedue per potersi realizzare devono essere supportate da percorsi di governance in grado di costruire in modo collaborativo e condiviso le soluzioni progettuali e gestionali che coinvolgeranno le comunità locali, le istituzioni ai diversi livelli e gli stakeholder (Mussinelli et al., 2018).

Va tuttavia considerato che, contrariamente a quanto avvenuto per altre discipline, non sono ancora sufficientemente indagate le modalità per integrare le NBS, e più in generale l'approccio ecosistemico che ne è alla base, nel sistema di pianificazione territoriale e urbanistica (Ronchi, 2021). Il tema del CC, ampiamente dibattuto in sede scientifica e ormai anche nell'opinione pubblica negli ultimi anni a seguito della diffusione di una presa di coscienza collettiva sull'emergenze ad esso connesse, stenta a penetrare nel sistema decisionale e negli strumenti di governo, se non in modo settoriale o separato, come nel caso dei Piani di Adattamento Climatico Locale.

Una più spinta integrazione di questi dispositivi nel sistema di pianificazione, in particolare di quella urbanistica, presuppone un vero ribaltamento del punto di vista, non più basato sull'ottimizzazione delle funzioni umane sul territorio per poi affrontarne le eventuali criticità e mitigarne gli impatti, ma sull'assunzione dei caratteri e delle vulnerabilità del territorio come fondamento per la definizione delle funzioni umane con esse compatibili. Diversamente non sarebbe scongiurato il rischio, ricorrente, di vedere molti contenuti innovativi, una volta istituzionalizzati e normalizzati, venire

banalizzati e intesi come slogan o come semplici ulteriori appesantimenti dei processi di pianificazione, perdendo la loro essenza sostanziale.

ENDNOTES

1. La ricerca si è sviluppata nell'ambito della Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile-Architettura del Politecnico di Bari dal titolo "NBS e forestazione urbana per la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico. Una valutazione degli effetti sul microclima della città di Corato con simulazione in ambiente ENVI-met" di A. Palmisano e M. Procacci, Relatrice: Prof. ssa Arch. F. Calace, Tutor: Arch. O.G. Paparusso.

2. Per citare alcuni esempi, basti pensare alle città di New York, Copenaghen o Londra (Musco, Fregolent, 2014).

3. Il percorso teorico metodologico è stato sviluppato dall'Università Iuav di Venezia in collaborazione con il Comune di Padova (2016) e Mantova (2018). Per maggiori dettagli si fa riferimento a Musco et al. (2016), Musco et al. (2018).

4. Per l'analisi dettagliata del fenomeno della desertificazione in Puglia e le misure per compensarne le criticità, si può fare riferimento al lavoro del 2015 "Analisi dei processi di desertificazione della Puglia: cause, effetti, mitigazione e lotta alla siccità" elaborato da Regione Puglia, Autorità di Bacino della Puglia, PO FESR 2007-2013 – Azione 2.3.6; disponibile al sito <https://www.adb.puglia.it/public/page.php?105>.

5. Con la DGR 17 settembre 2020, n. 1575 "Avvio del processo di definizione della Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici della Regione Puglia (SRACC)".

6. Il Piano paesaggistico è articolato in obiettivi generali e specifici, territorializzati nei Cinque Progetti Territoriali per il paesaggio, che mirano alla qualità degli insediamenti urbani e rurali, al miglioramento della qualità del sistema ambientale e idrogeomorfologico, alla valorizzazione del patrimonio e alla fruizione del territorio.

7. Modello in grado di simulare i flussi di vapore e calore tenendo conto degli ostacoli tridimensionali presenti nell'ambiente.

8. Dataset <<UERRA regional reanalysis for Europe on single levels from 1961 to 2018>> prodotto da Copernicus Climate Change Service (C3S) e dallo European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF), rielaborazione a cura di EDJNet's. <https://climatechange.europeandatajournalism.eu/en/map> [03/01/2021]

9. Il dataset di C3S e dello ECMWF riporta per il Comune di Corato una temperatura media di +14,5 °C nel decennio 1961-1970, mentre nel periodo 2008-2019 essa risulta pari a +16,2 °C; l'anno in cui la differenza di temperatura rispetto al decennio 1961-1970 è stata massima è il 2012 con +2,21 °C. I dati, inoltre, mostrano che il 98,3% dei comuni italiani ha registrato un aumento della temperatura media annuale di almeno 1°C negli ultimi decenni. A livello regionale la Puglia registra un aumento di temperatura media pari a +2,4 °C, mentre tra le province pugliesi quella che ha registrato un incremento maggiore è Brindisi con +3,12 °C.

10. Prima di utilizzare le immagini satellitari all'interno di software GIS sono necessarie operazioni di pre-processing, ovvero una serie di correzioni per limitare i disturbi e le distorsioni prodotte durante l'acquisizione e la trasmissione delle stesse. Le correzioni sono di tipo geometrico e di tipo radiometrico. Le correzioni geometriche consentono di ridurre gli effetti di distorsione sull'immagine e di assegnare ad essa un sistema di riferimento cartografico. Le correzioni radiometriche consentono di determinare, a partire dai Digital Numbers forniti dal sensore, una grandezza fisica che rappresenta una proprietà radiativa dell'oggetto osservato.

11. Il calcolo dell'indice NDVI è stato effettuato utilizzando immagini raster delle bande elettromagnetiche 4 (RED-rosso) e 5 (NIR-vicino infrarosso) di Landsat 8 e applicando la formula: $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$.

12. Per l'analisi della LST sono state utilizzate immagini raster contenenti i Digital Numbers (DN) delle bande 4 (RED), 5 (NIR) e 10 (TIRS-Thermal Infrared Sensor) di Landsat 8 e applicando la formula: $LST = T / (1 + w \times T / p \times \ln(e))$; dove: T = Top of atmosphere brightness temperature (K), w = Wavelength of emitted radiance, p = $(h \times c) / s = (1,438 \times 10^{-2} [m \cdot K])$, h = Planck's constant $(6,626 \times 10^{-34} [Js])$, s = Boltzmann constant $(1,38 \times 10^{-23} [J/K])$, c = Velocity of light $(2,998 \times 10^8 [m/s])$, e = Land surface emissivity.

13. Nel territorio di Corato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) individua aree a media e alta pericolosità idraulica, ovvero porzioni di territorio soggette ad eventi di piena con tempo di ritorno inferiore a 30 anni o compreso tra i 30 e i 200 anni.

14. Il lavoro è accompagnato da un'indagine bibliografica servita per la redazione di schede tecniche che raccolgono le principali informazioni sull'uso, sulle potenzialità e sui benefici delle NbS e delle essenze utilizzate.

15. I dati sull'assorbimento e lo stoccaggio di CO₂ si devono al progetto "Qualiviva" finanziato dal Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali che ha stimato la quantità di carbonio assorbita e stoccata da più di 100 specie arboree mediante il dry deposition model e al CNR IBIMET di Bologna. Per le specie arbustive ci si è avvalsi delle linee guida della regione Toscana in cui si possono trovare informazioni sull'assorbimento di CO₂ e altri inquinanti atmosferici da parte di ogni specie.

16. ENVI-met 4.0 è un software che, nell'elaborazione dei dati, risolve le equazioni della termodinamica e della fluidodinamica di Navier-Stokes, ossia equazioni differenziali alle derivate parziali con la metodologia della fluidodinamica computazionale (CFD Computational Fluid Dynamics), tramite metodi di discretizzazione spaziale e temporale. Il modello realizzato in tale ambiente può essere popolato di diverse informazioni che riguardano le specifiche caratteristiche radiative, termiche ed idrauliche del terreno. È possibile impostare dei parametri per avviare una simulazione che permette di stimare le distribuzioni delle variabili di stato specifiche relative alla vegetazione, al suolo e all'atmosfera dell'area d'interesse nonché il loro andamento nel corso di una o più giornate (Borfecchia et al., 2011). È un software freeware, scaricabile al seguente link: <http://www.envi-met.com/>.

REFERENCES

- Arcidiacono A., Canedoli C., di Martino V., Ronchi S., Assennato F., Munafò M., Di Simine D., Brenna S. (a cura di), (2021), Linee guida volontarie per l'uso sostenibile del suolo per i professionisti dell'area tecnica. Indirizzi per la tutela del suolo dai processi di impermeabilizzazione e dalla perdita di materia organica, INUEdizioni, Roma.
- Arcidiacono A. (2020), "Ridefinire l'interesse collettivo per un progetto urbanistico resiliente", in Giaimo C. (a cura di) Tra spazio pubblico e rigenerazione urbana. Il verde come infrastruttura per la città contemporanea, Urbanistica Dossier, n.17
- Bono L., Callerio M., Conte G., Rizzo A., Sejdullahu I. (2020), Soluzioni Naturalistiche (NBS) per la città metropolitana di Milano: Schede Tecniche, Città Metropolitana di Milano.
- Borfecchia F., De Cecco L., Pollino M., Martini S., La Porta L., Zinzi M., Carnielo E. (2011), "Telerilevamento HR multispettrale/LIDAR e modellistica SVAT 3D per la stima del bilancio energetico in ambiente urbano", in Atti XV Conferenza Nazionale ASITA (Reggia di Colorno, 15-18 novembre 2011), Centro Ricerche Casaccia, Roma, pp. 451-452.
- Bowler D.E., Buyung-Ali L., Knight T.M., Pullin A.S. (2010), "Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence", in Landscape and Urban Planning, 97, 3, pp. 147-155.
- Cohen-Shacham E., Walters G., Janzen C. and Maginnis S. (2016), Nature-based Solutions to address global societal challenges, IUCN, XIII, Gland.
- Commissione Europea (2013), Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in Europa, COM (2013) 249 final, Bruxelles.
- Commissione Europea (2019), Relazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Riesame dei progressi compiuti nell'attuazione della strategia dell'UE per le infrastrutture verdi, COM (2019) 236 final, Bruxelles.
- Comune di Bologna (2015), Piano di adattamento. Bologna.
- Comune di Corato (1979), Piano Regolatore Generale e Norme Tecniche d'Attuazione, a cura di Prof. Arch. Roberto Pane, Corato.
- Dessì V. (2017), Progettare il comfort degli spazi pubblici, REBUS, RENovation of public Building and Urban Spaces, 2017. Scaricabile da: <https://territorio.regione.emilia-romagna.it/urbanistica/corsi-formazione/rebus-laboratorio-rigeneraz-urbana-cambiam-climatici>
- Dessì V., Farnè E., Ravanello L., Salomoni M. T. (2016), Rigenerare la città con la natura. Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.

- Eisenberg B., Polcher V. (2019), A Technical Handbook for Nature Bases Solutions, UNaLab, 2019. Scaricabile da: <https://unalab.eu/en/documents/unalab-technical-handbook-nature-based-solutions>
- Ellis E.C., Goldewijk K.K., Siebert S., Lightman D., Ramankutty N. (2010), "Anthropogenic transformation of the biomes", 1700 to 2000, in *Global Ecology and Biogeography*, 19, pp. 589-606.
- Emilsson T., Sang Å. O. (2017), "Impacts of Climate Change on Urban Areas and Nature-Based Solutions for Adaptation", in *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*, a cura di Kabisch N. et al., in «Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions», Springer Nature, Cham, pp. 19-24.
- Enzi V., Cameron B., Dezsényi P., Gedge D., Mann G., Pitha U. (2017), "Nature-Based Solutions and Buildings – The Power of Surfaces to Help Cities Adapt to Climate Change and to Deliver Biodiversity", in *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*, a cura di Kabisch N. et al., Springer Nature, Cham, pp. 159-180.
- FAO (2016), "Guidelines on urban and peri-urban forestry", FAO Forestry Paper, No. 178, a cura di Salbitano F., Borelli S., Conigliaro M. e Chen Y., Roma, p. 2.
- Fiori M., Croce S., Poli T. (2017), Città resilienti e coperture a verde, Maggioli S.p.A.
- Gabellini P. (2016), "Due piani, una politica ambientale/Two plans, one environmental policy", in *Bologna città resiliente. Sostenibilità energetica e adattamento ai cambiamenti climatici/Bologna resilient city. Sustainable Energy and Climate Change Adaptation*, a cura di V. Barbi, G. Fini, P. Gabellini, Urban Center Bologna, Bologna.
- Laurià A. (2018), Piccoli Spazi Urbani. Valorizzazione degli spazi residuali in contesti storici e qualità sociale, Liguori Editore S.r.l, Napoli.
- Leuzinger S., Vogt R., Körner C. (2010), "Tree surface temperature in an urban environment", in *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, 1, pp. 56–62.
- Mahdavi A., Kiesel K., Vuckovic M. (2013), "A framework for the evaluation of urban heat island mitigation measures", in SB13 Munich Conference, atti della Conferenza, Monaco, 23-26 Aprile 2013.
- Musco F., dall'Omo C.F., Negretto V., Lucentini G., Maragno D., Ruzzante F. (2018), Mantova Resiliente. Verso il Piano di Adattamento – Linee Guida, Planning Climate Change LAB, Venezia.
- Musco F., Fregolent L. (2014), Pianificazione Urbanistica e Clima Urbano. Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore urbano, Il Poligrafo ed., Padova.
- Musco F., Maragno D., Magni F., Innocenti A., Negretto V. (2016), Padova resiliente. Linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico, Corila, Venezia.
- Mussinelli E., Tartaglia A., Bisogni L., Malcevski S. (2018), "Il ruolo delle Nature-Based Solutions nel progetto architettonico e urbano", in *Techné*, 15, pp. 116-123.
- Oke T. R., 1982, 'The energetic basis of the urban heat island', in *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455) 1–24
- Perini K. (2013), Progettare il verde in città, Franco Angeli ed., Milano.
- Regione Puglia (2015), Piano Paesaggistico Territoriale Regionale, Relazione generale, Febbraio 2015.
- Regione Puglia (2015), Programma Operativo Regionale, POR 2014-2020, Ottobre 2015.
- Regione Puglia, Autorità di Bacino della Puglia (2015), "Analisi dei processi di desertificazione della Puglia: cause, effetti, mitigazione e lotta alla siccità", PO FESR 2007-2013 – Azione 2.3.6.
- Revi A., Satterthwaite D.E., Aragón-Durand F., Corfee-Morlot J., Kiunsi R.B.R., Pelling M., Roberts D.C., Solecki W. (2014), "Urban areas", in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, a cura di Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., White L.L., Cambridge University Press, Cambridge, New York, pp. 563-595.
- Ronchi S. (2021), "Modalità e proposte di integrazione dei servizi ecosistemici nella pianificazione territoriale. Riflessioni critiche e rassegna bibliografica internazionale", in *Urbanistica Informazioni*, 295, pp. 14-18.
- Salomoni M.T. (2017), Gli alberi e la città, REBUS, REnovation of public Building and Urban Spaces, 2017. Scaricabile da: <https://territorio.regione.emilia-romagna.it/urbanistica/corsi-formazione/rebus-laboratorio-rigeneraz-urbana-cambiam-climatici>

- Schneider A., Friedl M., Potere D. (2009), “A new map of global urban extent from MODIS satellite data”, in *Environmental Research Letters*, 4, pp. 1-4.
- Somarakis G., Stagakis S., Chrysoulakis N. (2019), *ThinkNature Nature-Based Solutions Handbook*, ThinkNature project funded by the EU Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 730338. doi:10.26225/jerv-w202.
- Song J., Wang Z.-H. (2015), “Impacts of mesic and xeric urban vegetation on outdoor thermal comfort and microclimate in Phoenix”, *AZ, in Building and Environment*, 94, pp.558–568.
- Trusilova K., Jung M., Churkina G., Karstens U., Heimann M., Claussen M. (2008), “Urbanization impacts on the climate in Europe: numerical experiments by the PSU-NCAR Mesoscale Model (MM5)”, in *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47, pp. 1442-1455.
- Žuvela-Aloise M., Koch R., Buchholz S., Früh B. (2016), “Modelling the potential of green and blue infrastructure to reduce urban heat load in the city of Vienna”, in *Climatic Change*, 135, 3–4, pp. 425–438.

Olga G. Paparusso

DICAR Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, Politecnico di Bari
olgagiovanna.paparusso@poliba.it

Architect, research fellow and teaching assistant of the Laboratory of Urban Design at Politecnico di Bari. Her research and professional activity focus on the landscape, urban and coastal planning, and the governance tools such as the River Contracts. She currently working on the implementation tools for the “City-Countryside Pact”, a strategic project of the Apulian Landscape Plan aiming at the ecological and landscape regeneration of urban margins.

Annamaria Palmisano

DICAR Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, Politecnico di Bari
annam.palmisano@gmail.com

Civil and Environmental Engineer, graduated at Politecnico di Bari in Building Engineering-Architecture with a thesis about the implementation of NBS and Urban Forestry within the green infrastructure as a strategy for mitigation and adaptation to climate change, applied to the case study of Corato (Puglia, Italy). After graduation she cooperates with a professional studio on restoration and restyling projects and carries out research on environmental design.

Monica Procacci

DICAR Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, Politecnico di Bari
monicaprocacci@gmail.com

Civil and Environmental Engineer, graduated cum laude at Politecnico di Bari in Building Engineering-Architecture with a thesis about the implementation of NBS and Urban Forestry within the green infrastructure as a strategy for mitigation and adaptation to climate change, applied to the case study of Corato (Puglia, Italy). After her studies, she began her professional career in an architectural studio, elaborating on the themes of sustainable design.

Francesca Calace

DICAR Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, Politecnico di Bari
francesca.calace@poliba.it

Associate Professor in Urban Planning at the DICAR of Politecnico di Bari, she deals with urban planning and design, experimentation of new forms of planning seen in their relationship with the landscape, sustainability and regeneration, collaborative and covenant approaches. Author of numerous publications on these topics, she has been a consultant to public bodies for planning guidelines and criteria, for territorial projects and for the drafting of urban plans.