

## LA MICRO-FORESTAZIONE URBANA PER L'ADATTAMENTO CLIMATICO NEI PORTI MINORI DEL MEDIO ADRIATICO

## URBAN MICRO-FORESTRY FOR CLIMATE ADAPTATION IN THE SMALLER PORTS OF THE MID-ADRIATIC SEA

Roberta Cocci Grifoni, Timothy Daniel Brownlee,  
Graziano Enzo Marchesani, Maria Federica Ottone

### ABSTRACT

L'articolo descrive un lavoro di ricerca finalizzato all'individuazione di strumenti a supporto dell'attivazione e rigenerazione ambientale dello spazio aperto dei porti del medio Adriatico, ambito caratterizzato da una serie di potenzialità ancora inesprese ma contestualmente anche da rilevanti criticità. Partendo da una serie di dati estrapolati dal progetto INTERREG Italia-Croazia Joint\_SECAP e, in particolare dai rischi e dalle vulnerabilità climatiche della città del medio Adriatico italiano, il contributo presenta ipotesi di trasformazione leggera di una parte di area demaniale dell'infrastruttura portuale attraverso interventi di micro-forestazione urbana. L'approccio metodologico si basa sull'utilizzo di strumenti di simulazione che prevedono l'implementazione di una piattaforma parametrica che, generando algoritmi proprietari, consente di avere un controllo ricorsivo su ogni aspetto del processo.

The article describes a research work aimed at identifying tools to support the activation and environmental regeneration of the open space of the ports in the mid-Adriatic area, an area with untapped potential, though there are significant criticalities. Starting from a set of data taken from the INTERREG Italy-Croatia Joint\_SECAP project and, in particular, from the risks and climatic vulnerabilities of the Italian mid-Adriatic city, the contribution presents hypotheses for the light transformation of a part of the port infrastructure through urban micro-forestry interventions. The methodological approach uses simulation tools with a parametric platform that generates proprietary algorithms and allows recursive control over every aspect of the process.

### KEYWORDS

micro-forestazione, adattamento ai cambiamenti climatici, comfort urbano, porti, Adriatico

micro-forestation, climate change adaptation, urban comfort, ports, Adriatic

**Roberta Cocci Grifoni**, Physicist and PhD, is an Associate Professor in Architectural Technology at the School of Architecture and Design of the University of Camerino (Italy). She carries out research activities mainly in environmental thermofluid dynamics and quality of life. Mob. +39 347/53.14.228 | E-mail: roberta.coccigrifoni@unicam.it

**Timothy D. Brownlee**, Architect and PhD, is a Research Fellow in Architectural Technology at the School of Architecture and Design of the University of Camerino (Italy) and works on urban open spaces and climate change adaptation measures. Mob. +39 349/87.46.755 | E-mail: timothy.brownlee@unicam.it

**Graziano Enzo Marchesani**, Architect and PhD, is a Research Assistant at the School of Architecture and Design of the University of Camerino (Italy), he works mainly on numerical simulations for the evaluation of urban comfort. Mob. +39 348/66.61.347 | E-mail: graziano.marchesani@unicam.it

**Maria Federica Ottone**, Architect and PhD, is a Full Professor of Environmental Design at the School of Architecture and Design, University of Camerino (Italy). Her research topics include urban open spaces and the relationship between the different dimensions of design in urban regeneration and transformation. E-mail: mariafederica.ottone@unicam.it

Molte delle recenti politiche di euro-partenariato rivolte a contrastare gli effetti del cambiamento climatico e a favorire l'individuazione di misure di adattamento sono indirizzate ai territori costieri del Mediterraneo, una delle regioni più sensibili al surriscaldamento globale (Guida, 2021). Il Mediterraneo è un mare relativamente perimetrato, con ridotte connessioni con altri bacini; essendo poco profondo le sue acque tendono a riscaldarsi più rapidamente di quelle degli oceani, tanto da generare un aumento della temperatura delle acque superficiali anche di 2 °C in più rispetto alle rilevazioni storiche. La confluenza di due fenomeni, da un lato un riscaldamento delle masse d'aria delle alte quote atmosferiche e dall'altro una riduzione graduale e continua del gradiente di temperatura tra il comparto terra e quello del mare causato dal tasso di riscaldamento del Mediterraneo, superiore del 20% alla media mondiale, porta verso un inaridimento generale dei territori che vi si affacciano, tanto da considerare l'intera area come una sorta di hot-spot (Tuel and Eltahir, 2020).

Gli spazi aperti delle città costiere del mar Mediterraneo denotano crescenti vulnerabilità ai cambiamenti climatici, mostrandosi particolarmente soggetti agli effetti dell'innalzamento delle temperature e di conseguenza alle inondazioni e all'isola di calore urbano (Matos Silva, 2019; de Graaf-van Dinther and Ovink, 2021). Tali effetti, uniti all'alta frammentazione degli spazi verdi e all'elevato consumo di suolo particolarmente evidente nelle città costiere (ISPRA, 2019), generano impatti sul benessere e sulla qualità della vita dei cittadini. (Tucci et alii, 2020). In questo scenario, alcuni porti minori del medio Adriatico, inseriti all'interno di una ricorrente omogeneità dei morfotipi insediativi (Fig. 1) caratterizzati dalla presenza diffusa di dotazioni per il turismo e per la pesca e da una offerta capillare di approdi e di attrezzature portuali (Talia, 2019), si configurano come degli ambiti critici e contemporaneamente di interesse strategico. Il focus è rivolto in particolare ai porti ubicati in aderenza ai centri abitati di alcune cittadine delle Marche e dell'Abruzzo – Pesaro, Fano, Senigallia, Numana, Civitanova Marche, San Benedetto del Tronto, Giulianova, Ortona e San Salvo Marina<sup>1</sup> (Fig. 2) – in quanto ambiti climaticamente vulnerabili e allo stesso tempo potenziali motori a supporto della crescita economica e turistica locale.

Il presente contributo illustra quindi uno studio che vuole dimostrare come, attraverso una metodologia meta-progettuale basata sulla micro-forestazione urbana, si possa contribuire alla rigenerazione ambientale di parte del sistema costiero adriatico avvalendosi delle aree portuali collocate all'interno della città consolidata per: 1) limitare gli effetti del calore urbano, soprattutto in clima estivo; 2) reinserire i porti all'interno del sistema urbano come aree attrattive per cittadini e turisti, in quanto parti di città a elevato potenziale di utilizzo; 3) ridurre l'abbandono e aumentare il comfort e la sicurezza di porzioni di città che nella stagione invernale risultano poco vissute e trascurate. Più specificatamente lo studio è finalizzato all'individuazione di strumenti a supporto dell'attivazione e rigenerazione ambientale dello spazio aperto dei porti del medio Adriatico.

Il documento è strutturato nel seguente mo-

do: 1) la prima parte si concentra sulla presentazione delle caratteristiche morfologiche e climatico-ambientali che accomunano i porti minori adriatici sviluppando un focus specifico sull'area di studio del porto di San Benedetto del Tronto; 2) sulla base dei dati precedentemente forniti, vengono illustrate le ipotesi meta-progettuali di micro-forestazione che individuano diversi scenari; 3) successivamente viene presentata la metodologia atta a valutare gli impatti post-operam in termini di contrasto all'isola di calore urbana e al miglioramento del comfort ambientale dell'area portuale; 4) nella parte conclusiva, alcune raccomandazioni generali e suggerimenti aprono la strada a ulteriori sviluppi (Fig. 3).

### Caratteristiche dei porti minori del medio Adriatico

Da analisi condotte sulle attuali superfici delle aree portuali (Ottone and Cocci Grifoni, 2021) emergono alcune considerazioni preliminari indirizzate a individuare opportunità di carattere strategico-progettuale. La presenza di grandi superfici libere in prossimità dei centri cittadini rende queste aree particolarmente adatte a essere oggetto di interventi di rigenerazione urbana, di 'densificazione verde' e di installazione di attività stagionali anche a servizio dell'offerta turistica e capaci di decongestionare la città nei periodi di maggiore intensità di frequenza. Si tratta dunque di un tratto considerevole di città, disponibile e pubblico, e dunque con delle potenzialità ancora inesprese in grado di offrire un sensibile contributo per la transizione verso processi di trasformazione sostenibili. Gli elementi costruiti potrebbero essere ricompresi e integrati all'interno di un sistema basato sull'utilizzo di 'tecnologie naturali' capaci di fornire un'infrastruttura a supporto dello sviluppo sociale ed economico. In tal senso, alcune strategie di adattamento ai cambiamenti climatici, e in particolare quelle basate sull'utilizzo di soluzioni nature-based (NbS), si dimostrano capaci di apportare benefici non solo per affrontare gli impatti degli eventi di natura climatica ma anche per aggiungere valore alla comunità (Molenaar et alii, 2021), migliorando le condizioni di benessere fisico e psicologico (Mosca et alii, 2019) grazie alle condizioni di comfort migliorato che generano.

La presenza variabile e stagionale di attività, attrezzature, mezzi di trasporto e non ultimo di persone suggerisce come questo spazio sia intrinsecamente predisposto ad accogliere utilizzi temporanei di varia natura e che di fatto possa essere considerato un ambito privilegiato su cui sperimentare nuove idee. I centri costieri del medio Adriatico hanno assunto configurazioni tali da risultare densamente occupati dal tessuto urbano e dalle infrastrutture e non avere lo spazio necessario per implementare efficaci misure di adattamento (Carter et alii, 2015). In questo senso la presenza del porto può essere considerata come un'opportunità strategica da utilizzare e mettere al servizio della collettività per realizzare quella 'riapertura' della città al mare, invocata ormai da molto tempo (Talia, 2019). Inoltre, la superficie 'impermeabile' asfaltata può essere ripensata e trasformata in un sistema adatto a controllare il regime delle acque piovane e contribuire alla riduzione della vulnerabilità agli eventi climatici attraverso installazioni di misure NbS (Langenheim et alii, 2020).

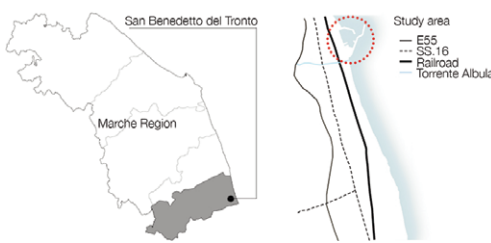
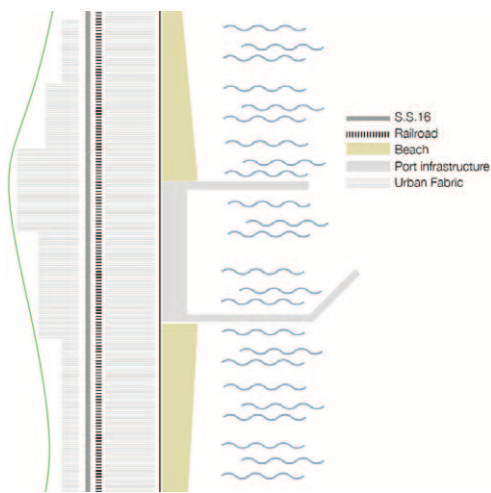
Un altro elemento da tenere in considerazione è che la popolazione costiera aumenta in modo significativo durante i mesi estivi e dunque la funzionalità dei porti, con una prevalenza d'uso durante l'estate, risulta fortemente condizionata dalle stagioni, quindi dal clima. Proprio in questo periodo si evidenziano le maggiori criticità legate al discomfort causato dal prolungamento delle temperature più elevate anche nei mesi considerati attualmente di 'transito stagionale'. Da questo punto di vista il rapporto ISPRA (2019) conferma un costante aumento delle temperature, individuando nel 2019 il terzo anno più caldo dal 1961, dopo il 2018 e il 2015. Nei paragrafi successivi si evidenzia con maggiore precisione come la superficie asfaltata e la mancanza di verde all'interno delle aree portuali incida fortemente sul clima, provocando un effetto isola di calore.

Inoltre l'utilizzo di una serie di dati specifici estrapolati dal progetto INTERREG Italia-Croazia Joint SECAP (Joint\_SECAP team, 2021), e in particolare quelli riferiti ai rischi e alle vulnerabilità<sup>2</sup> della città del medio Adriatico italiano nei periodi caldi, consente di avere un quadro aggiornato (Brownlee et alii, 2022). Gli effetti del cambiamento climatico si manifestano a partire da una serie di eventi che, agendo in combinato con i fattori di vulnerabilità ed esposizione specifici del territorio, determinano degli impatti e conseguentemente dei rischi per persone, attività economiche, ecosistemi, strutture e trasporti. Le analisi condotte nei territori del medio Adriatico restituiscono dunque un quadro in evoluzione in cui gli eventi e i rischi legati al cambiamento climatico sono sempre più diffusi e in crescendo (Tab. 1).

Nello specifico la città portuale di San Benedetto del Tronto, situata lungo la costa adriatica meridionale delle Marche, con 47.500 abitanti ha acquisito negli anni sempre maggiore valore strategico per il suo indotto turistico nella stagione estiva e può considerarsi uno dei più noti e apprezzati centri balneari italiani, e di conseguenza soggetta a intensi fenomeni di variabilità della pressione antropica. Come numerose cittadine di dimensioni analoghe poste lungo la costa del medio Adriatico e dotate di porto per attività turistiche e di pesca industriale, San Benedetto è attraversata dalle infrastrutture varie dell'autostrada adriatica, della Strada Statale 16 e della ferrovia, che hanno prodotto uno sviluppo urbano longitudinale alla costa. L'assetto territoriale della città è inoltre caratterizzato dalla presenza del torrente Albula che suddivide il lungomare (Fig. 3).

Come emerge dalla Figura 4, la quasi totalità delle superfici di calpestio è in asfalto, a basso coefficiente di albedo<sup>3</sup>. Le pareti degli edifici sono generalmente in laterizio intonacato o in pannelli sandwich, ad eccezione delle tensostrutture, presenti nella parte sud, chiuse con teli di PVC di colore bianco. Le coperture, generalmente, sono piane con guaina bituminosa o pannelli sandwich. Nell'area portuale la presenza di aree verdi è minima, pressoché concentrate in un ambito a ridosso dell'area portuale, come evidenziato nella Figura 5, e questo determina una presenza molto ridotta di aree permeabili, configurando l'intera zona come ad elevata impermeabilità, con le relative conseguenze sulla vivibilità dell'ambiente.

Nelle analisi ante operam inoltre (Fig. 6), gli ambiti portuali sono connotati da una estesa esposizione alla radiazione solare, dalla pressoché assenza di specie arboree e dalla presenza di materiali con un basso indice di albedo, attributi che, come noto, contribuiscono a rendere gli spazi aperti del porto inospitali e poco confortevoli. Tali dati di analisi, uniti a quelli riferiti ai rischi legati al cambiamento climatico in atto nelle aree costiere del medio Adriatico, riportano l'attenzione sull'urgenza di intervenire rapidamente nelle porzioni di città a ridosso dei porti così come in altre aree con analoghe caratteristiche.



**Fig. 1** | Homogeneous settlement morphotypes are a common feature of Middle Adriatic port cities (credit: the Authors, 2022).

**Fig. 2** | Mid-Adriatic port cities studied (credit: the Authors, 2022).

**Fig. 3** | Geographical structure of the city of San Benedetto del Tronto (credit: the Authors, 2022).

Il focus del presente studio si concentra prevalentemente sulle famiglie di eventi che si manifestano nei periodi caldi e che hanno a che fare con l'aumento delle temperature, l'isola di calore urbano, il numero di giorni consecutivi in assenza di precipitazioni in combinato con le temperature elevate, ma anche eventi di precipitazioni estreme e grandine. Come già segnalato, è durante il periodo estivo che si concentra la massima pressione antropica derivante dalla presenza dei turisti, ma è anche in questo periodo che la città ha maggior bisogno degli spazi aperti e delle attrezzature che ne migliorino l'utilizzo.

**Ipotesi meta-progettuali di micro-forestazione**

Lo studio individua una serie di azioni meta-progettuali basate sull'ipotesi di trasformazione leggera di una parte di area demaniale dell'infrastruttura portuale, attraverso interventi di micro-forestazione urbana (Fig. 7). Tali sperimentazioni progettuali suggeriscono possibili misure strutturate sull'opportuna collocazione di micro-innesti vegetali orizzontali e verticali, su interventi al suolo e sulla gestione delle acque, elaborate a seguito di analisi delle caratteristiche urbane e di una valutazione dei dati ambientali e microclimatici dell'area. È noto che il rapporto che si instaura tra la presenza della natura in ambito urbano, la salute mentale e fisica e il benessere dell'uomo è una relazione complessa che opera attraverso numerosi orizzonti su cui la letteratura scientifica si sta interrogando: è dimostrato ad esempio che le NbS possono essere un modo per rendere le nostre città luoghi più a misura umana e decisamente più sani (McDonald and Beatley 2021; Langenheim et alii, 2020). La micro-forestazione, pur condividendo innumerevoli potenzialità con le famiglie di interventi NbS più strutturati come la forestazione urbana (Musco, 2018) presenta, rispetto a esse, alcuni vantaggi che la rende più agevolmente attuabile, grazie a tempistiche più rapide, richiesta di spazi più circoscritta, manutenzione ridotta, minori costi di esercizio ed eventuale reversibilità. Le azioni di micro-forestazione, considerate dunque come 'NbS agili', possono fornire soluzioni innovative e agevolare i processi di transizione verso la sostenibilità urbana (Frantzeskaki and Rok, 2018; Nesshöver et alii, 2017).

L'inserimento di installazioni leggere, spesso temporanee, caratterizzate dalla presenza del verde si è già dimostrato efficace in molteplici contesti, sia nel migliorare le condizioni di comfort e fruibilità dello spazio sia nel fornire attività per la comunità: the Green Cloud Project a Shenzhen ad esempio (Qiang and Yu, 2019), o l'installazione nel Courtyard City Hall nella città di Pozan realizzata nel 2016 dall'Atelier Starzak Strebicki possono in tal senso essere considerati un modello. Altre esperienze internazionali, come il Paddington Floating Pocket Park a Londra del 2018, o la sperimentazione proposta nel 2020 da Marshall Blecher and Studio Fokstrot, a Copenhagen, suggeriscono come gli spazi urbani a ridosso dei porti e dei canali siano predisposti a sperimentazioni architettoniche finalizzate a migliorarne la fruibilità.

Le azioni proposte di seguito hanno anche l'obiettivo di validare una metodologia progettuale per la definizione di un sistema ambientale complesso, basato sull'ipotesi di 'agganciare' le trasformazioni a una infrastruttura preesistente e

diffusa come quella portuale, stratificando il sistema del porto attraverso interventi più o meno puntuali e basati sull'inserimento di dispositivi verdi di varia natura. In questo senso le azioni proposte possono dimostrarsi efficaci anche nel riempire quel gap più volte messo in evidenza dalla letteratura e che riguarda il divario tra le politiche finalizzate a individuare misure e strategie di adattamento e la loro effettiva implementazione (Rosi, 2019; De Pascali and Bagaini, 2021).

I criteri e gli indicatori che consentono di valutare l'efficacia delle azioni proposte si basano sulla valutazione degli indici di comfort percepito (Predicted Mean Vote – PMV; Fanger, 1970; Jendritzky, Maarouf and Staiger, 2001) per scenari rappresentativi attuali (ante operam) e gli scenari di progetto (post operam). Gli scenari post operam illustrati in Figura 8 permettono di valutare l'azione di mitigazione climatica degli interventi di microforestazione, attraverso la valutazione dell'indice adimensionale PMV in un range di variabilità -3/3, rispettivamente sensazione di 'molto freddo' e sensazione di 'molto caldo', e l'aumento di permeabilità dei suoli e delle superfici edificate trattate a verde, attraverso un indicatore di superficie espresso in metri quadri.

Le azioni individuate nascono, oltre che dalla valutazione dei fattori di vulnerabilità ed esposizione dello spazio urbano del porto, come già esposto, anche da esigenze di natura spazio-funzionale strutturate sull'idea di utilizzare la banchina come area di sosta per i pedoni, come infrastruttura ciclo-pedonale protetta e dotata di elementi temporanei, leggeri, stagionali e reversibili, che rendano il porto una nuova centralità urbana. Gli interventi, schematizzati attraverso quattro tipologie di azioni, prevedono sempre una sostanziale riduzione delle superfici impermeabili e la loro riconversione in elementi con caratteristiche termofisiche più adatte al contesto e in grado di gestire più efficacemente il rapporto con la radiazione solare e la regimazione delle acque. Le quattro meta-azioni restituite in Figura 7 sono integrabili tra loro e possono essere così descritte:

- 1) Linear: sistema che individua una fascia a larghezza più o meno contenuta e sviluppata parallelamente allo sviluppo longitudinale del porto, basata sulla creazione di superfici permeabili o interventi di de-sealing, l'inserimento di formazioni arboree e arbustive lineari strutturate secondo filari di essenze, siepi, pareti verdi, green wall, pergole lineari verdi, piantumazioni lungo gli assi portuali;
- 2) Surface: sistema che individua un'area basata sulla creazione di superfici permeabili o interventi di de-sealing, la realizzazione di aree di prato verde, prato fruibile, verde carrabile, verde pensile in quota, micro-aree boschive, tetti verdi, tappeti di erbacee perenni, orti, arbusti tappezzanti, ecc.; parte della superficie può essere trattata per il controllo del flusso dell'acqua meteorica e al suo temporaneo stoccaggio superficiale;
- 3) Spot: sistema che prevede la creazione di piccole superfici diffuse che stratificano l'infrastruttura portuale attraverso delle superfici permeabili o micro-interventi di de-sealing e il conseguente inserimento di essenze arboree; le azioni puntuali prevedono pocket garden, balconi verdi, green corner, piantumazioni isolate che non formino green canopy, ecc.;

4) Buffer: sistema che si basa principalmente sull'individuazione di superfici verdi schermanti in grado di configurare degli spazi aperti in modalità 'protetta', a supporto delle attività temporanee stagionali; le azioni di microforestazione sono utilizzate come strumento di mediazione termodinamica e creano delle zone di filtro climatico che permettono di modulare la variazione della temperatura esterna (gradiente termico); esse prevedono utilizzo di zone tampone o schermo attraverso piantumazioni, quinte verdi, stanze verdi, etc.

**Metodologia e fasi** | La complessità del sistema portuale richiede un approccio metodologico transdisciplinare, capace di studiare micro-climaticamente gli spazi aperti, interpretare il rapporto tra lo spazio aperto e la presenza del costruito molto spesso costituito da elementi prefabbricati a uso industriale, lavorare sulle superfici orizzontali con azioni di de-sealing in modo da tradurre l'impianto del waterfront in elemento di mediazione termodinamica, sfruttando per esempio l'azione evapotraspirativa del verde, quella di permeabilità dei materiali naturali, quella retroriflessiva delle superfici fredde e la capacità di ombreggiamento delle superfici orizzontali di copertura. È possibile agire all'interno di queste aree collocando opportunamente dei micro-innesti orizzontali e verticali previa accurata individuazione delle aree di intervento a seguito di una lettura delle caratteristiche urbane e una dettagliata valutazione dei dati ambientali e microclimatici delle aree portuali.

Questo processo consente un potenziamento dell'azione di de-impermeabilizzazione in situazioni di elevata densità del costruito con conseguenze benefiche in termini di miglioramento del comfort urbano e qualità della vita. Le metodologie di studio e analisi traducono la complessità dell'interfaccia città-porto secondo azioni lineari, puntuali o areali, configurate in modo da non alterare il metabolismo del waterfront, riconoscendo il ruolo e la funzione di tutti gli aspetti morfologici, materici, ambientali e climatici del sistema costiero.

La complessità ambientale oggetto di studio suggerisce l'utilizzo di un sistema parametrico che permetta di 'associare funzionalmente' le caratteristiche materiche, meteorologiche e morfologiche in una piattaforma che, dinamicamente, coniuga le parti restituendo una visione 'complessiva' di un problema 'complesso'. Gli strumenti di simulazione utilizzati prevedono l'implementazione della piattaforma parametrica in un ambiente di sviluppo software che, generando algoritmi proprietari, consente di avere un controllo ricorsivo su ogni aspetto del processo. Le azioni di micro-forestazione impiegate permettono di intervenire strategicamente nei punti che evidenziano maggiori criticità ambientali, analizzando i parametri fisici del luogo e le caratteristiche percettive dei fruitori attraverso la valutazione dell'indice di comfort ambientale PMV (Predicted Mean Vote) secondo la normativa UNI EN ISO 7730:2006 (Ergonomia degli ambienti termici – Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale).

I metodi descritti sono utili a stimare la sen-

Hazards family	Related Impact family	Related Risk family
Extreme precipitation events Hailstorms	Flooding (river, urban and coastal) Excessive runoff Landslides and instability phenomena	Damage to people and urban structures, activities, energy production and transportation
Rise in water level	Flooding (coastal) Coastal erosion	Damage to agriculture, people, activities, tourism
Consecutive dry days Dry period with high temperatures Mean of annual precipitations	Droughts Increase of fires	Damage to activities, people, health and transportation
Extreme heat Higher average temperature Mean of annual precipitations	Alteration of ecosystems	Damage to agriculture, tourism, health

**Tab. 1** | Data extracted from the impact chains of the Joint\_SECAP project partners and re-elaborated by the authors (credit: the Authors, 2022).

sazione di benessere termico locale, fortemente condizionato da una serie di fattori legati all'ambiente antropizzato. Le meta-azioni progettuali sono state applicate all'area di studio e possono risultare maggiormente efficaci in funzione del bilanciamento delle caratteristiche dello spazio costruito, della sua matericità, dell'integrazione con il verde e del rapporto geometrico-dimensionale con lo spazio aperto. Indagare, attraverso l'ambiente virtuale, i fenomeni naturali implica l'adozione di una corretta e coerente semplificazione della complessità urbana al fine di mantenere un flusso di lavoro scorrevole senza compromettere la qualità dei risultati. A tale scopo sono stati messi a sistema diversi software gestiti in un'unica piattaforma Grasshopper che permette lo sviluppo di processi dedicati all'analisi microclimatica dalle fasi di sviluppo del concept fino alla validazione delle azioni progettuali attuate con l'ausilio di un software CFD.<sup>4</sup>

La metodologia utilizzata è segmentata in diverse fasi propedeutiche che partono dallo studio delle caratteristiche climatiche del sito in una finestra temporale di almeno cinque anni per disegnare un profilo climatico adatto a rappresentare le condizioni ambientali di contorno attraverso la valutazione del giorno rappresentativo. Il giorno rappresentativo (Tirabassi and Nasseti, 1999) è un indicatore meteorologico sintetico rappresentato da un giorno reale in grado di descrivere le condizioni meteorologiche estive per l'area di studio e valutato attraverso un algoritmo proprietario (Cocci Grifoni et alii, 2012). Nelle Figure 9 e 10 sono rappresentati gli andamenti annuali della temperatura e del rapporto umidità/copertura nuvolosa, mentre le Figure 11 e 12 rappresentano le crono-mappe di temperatura e di umidità che mostrano anche il variare della direzione e intensità del vento durante lo scenario rappresentativo.

Sequenzialmente è importante adattare le condizioni climatiche così ottenute alla macro-scala a un contesto urbano localizzato (micro-scala) con strumenti di analisi termofluidodinamici definen-

do lo stato ante operam. Le meta-azioni progettuali sono state modellate e introdotte nell'area di studio per definire lo stato post operam; i risultati intermedi ottenuti in questa fase sono funzionali all'applicazione di strategie site-specific allo scopo di migliorare le condizioni di partenza. Le ipotesi meta-progettuali sono state verificate applicando le stesse condizioni ambientali (definite dal profilo climatico nello scenario rappresentativo) in modo da poter confrontare tra loro i risultati ottenuti con lo stato ante operam.

La metodologia prevede una reiterazione di quest'ultima operazione al fine di correggere e ottimizzare o, in estrema ipotesi, escludere le soluzioni proposte se non rispondenti alle aspettative: applicando variazioni quantitative degli elementi che caratterizzano una determinata meta-azione è possibile ottenere un diverso riscontro prestazionale in termini di comfort: un workflow esemplificativo è mostrato in Figura 13. L'utilizzo di modelli con un livello di dettaglio sufficientemente fine permette in fase di verifica una lettura attenta dei risultati. L'applicazione di tali misure presuppone l'apporto di benefici ambientali come la riduzione del rischio di inondazione e delle isole di calore urbano, il miglioramento del microclima e la tutela della biodiversità, ma anche socioeconomici, incidendo direttamente sul benessere e sulla salute dei cittadini e sul miglioramento della qualità estetica dei luoghi (McDonald and Beatley 2021; Città Metropolitana di Milano, 2020).

**Risultati e discussione** | I risultati esposti sono frutto del processo metodologico adottato. Al fine di esplicitare efficacemente la qualità delle meta-azioni progettuali analizzate, le visualizzazioni elaborate attraverso le Figure 6 e 8 mostrano la distribuzione nell'area dell'indice di comfort PMV in uno dei casi studio ovvero la meta-azione Linear. Il comfort è un dato che sintetizza in un unico valore adimensionale temperatura dell'aria, temperatura media radiante, umidità dell'aria e velocità del vento. L'indice PMV descrive lo

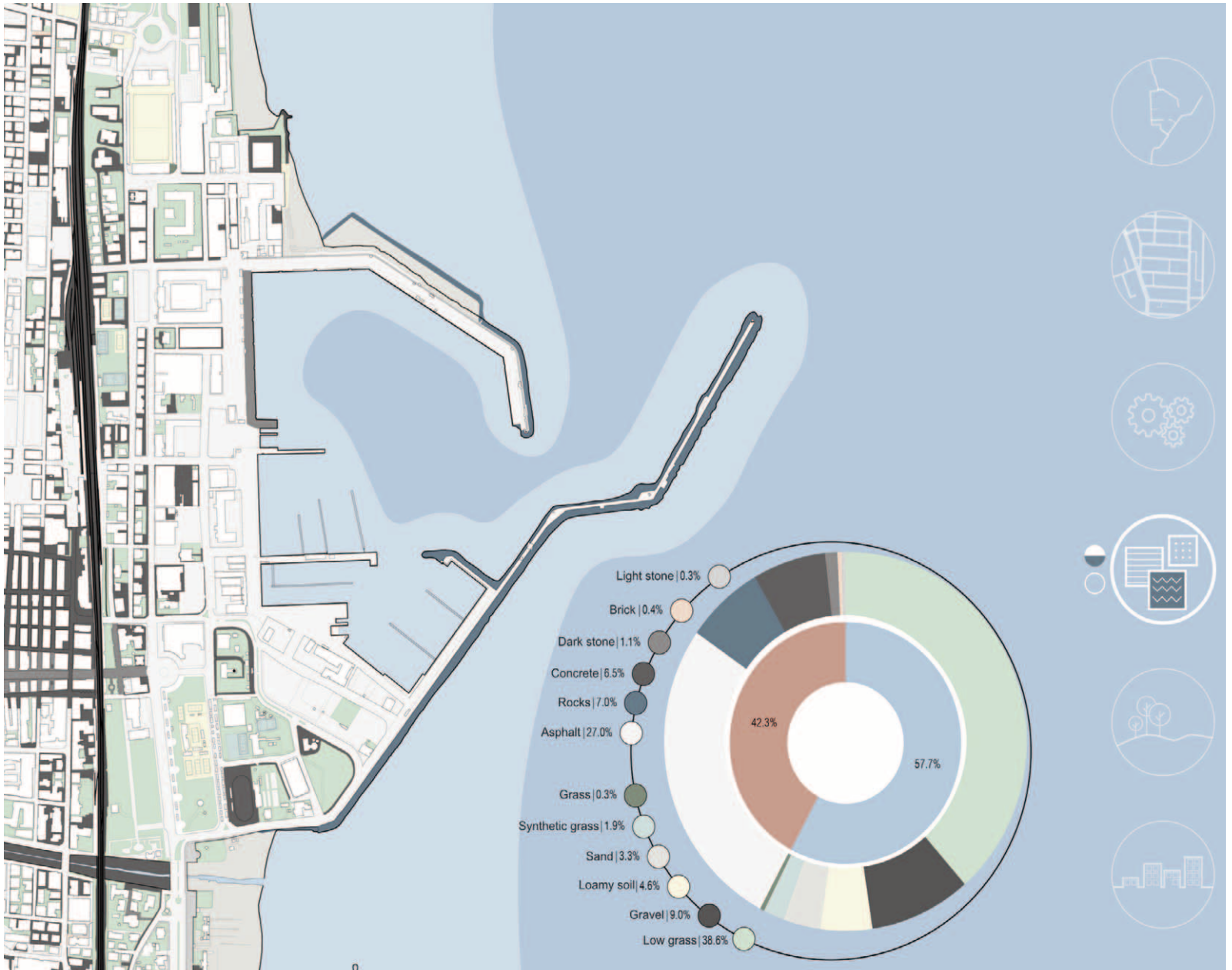


Fig. 4 | San Benedetto del Tronto port area: soil materials and permeability (graphic processing by E. Ciavatta, G. Cicconi and S. Parnenzini, 2020).

stato di comfort con un punteggio tanto più ideale quanto più prossimo allo zero. L'operazione di downscaling effettuata mostra una diminuzione del valore in una finestra che varia da circa 0,30 a 0,50.

Nella Tabella 2 sono mostrati alcuni risultati significativi dalla simulazione; migliorare lo stato di comfort nello scenario rappresentativo caldo ha un potenziale effetto positivo estendibile all'intera stagione. Questa diminuzione mostra l'efficacia di una progettazione architettonica che procura spazio all'utilizzo del verde come strumento di mitigazione e regolazione del microclima. Gli effetti benefici di questi risultati facilitano la fruizione degli ambienti esterni trascinandoli da una condizione di alto discomfort a una condizione più confortevole. L'analisi dei risultati basati su un campionario di meta-soluzioni può dare origine a varie interpretazioni dello spazio antropizzato da parte dei progettisti, i quali possono concettualizzare modelli innovativi con la consapevolezza delle ripercussioni che le proprie azioni progettuali possono avere sullo spazio.

**Conclusioni** | Il contributo fornisce set di possibilità di intervento leggero per la valorizzazione e il recupero degli spazi aperti vulnerabili non solo delle aree portuali, ma di tutte quelle città costiere che, chiamate a processi di rigenerazione urbana, possono, attraverso essi, muovere il primo passo verso interventi successivi più strutturati o con finanziamenti o sviluppi applicativi di lunga durata. In questo senso il focus introdotto dall'articolo fornisce un contributo rispetto a un tema ampio e trans-disciplinare come quello dell'adattamento ai cambiamenti climatici che, vista la sua natura multi-sfaccettata, necessita di essere indagato in tutte le sfere della sua complessità. In tal senso, l'approccio basato sull'utilizzo di interventi di micro-forestazione urbana si configura come una possibilità concreta che consente una fruizione migliorata degli spazi aperti urbani soggetti agli effetti del cambiamento climatico.

Oltre che ulteriori approfondimenti da parte della comunità scientifica si rende necessario mettere in pratica alcuni di questi interventi per mo-

nitorarne gli esiti tramite rilievi dal vero e interviste sistematiche alla comunità locale. Lo studio andrebbe inoltre supportato da indicazioni riguardanti gli assetti sociali ed economico-amministrativi delle aree portuali, indicazioni ritenute strategiche per le azioni proposte. In tale direzione spinge anche l'istituzione da parte del Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili del Tavolo del mare avvenuta il 20 dicembre 2021, «[...] per aprire un confronto permanente con le associazioni di categoria e sindacali e approfondire temi generali e specifici che riguardano i porti e la loro sostenibilità economica, sociale e ambientale» (MIMS, 2021). Tra i vari obiettivi, come ambito su cui ottenere un impatto significativo e nella direzione della transizione ecologica, il PNRR cita il sistema portuale.

Many of the recent Euro-partnership policies aimed at countering the effects of climate change and encouraging the identification of adaptation mea-

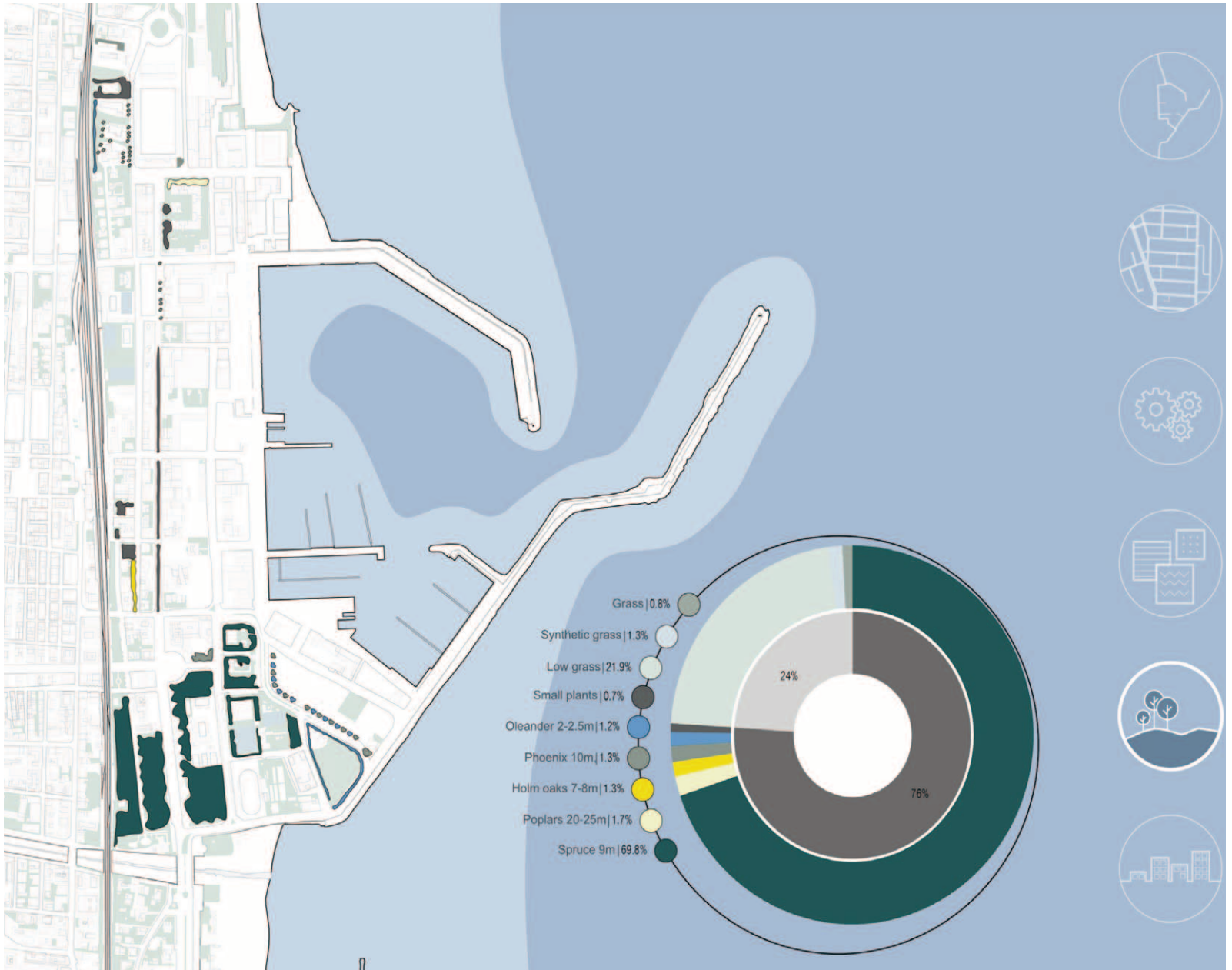


Fig. 5 | San Benedetto del Tronto port area, vegetation and tree height (graphic processing by E. Ciavatta, G. Cicconi and S. Parmenzini, 2020).

asures focus on the Mediterranean coastal territories, one of the most sensitive regions to global warming (Guida, 2021). The Mediterranean is a relative circumscribed sea with few connections to other basins; as it is shallow, its waters tend to warm faster than those of the oceans, so much so that the temperature of surface waters can rise by up to 2 °C more than in historical records. A combination of two phenomena, heating of the air masses at high atmospheric altitudes and a gradual and continual reduction of the temperature gradient between the land and the sea caused by the heating of the Mediterranean, which is 20% higher than the world average. The result is a general drying up of the neighbouring territories, such that the entire area is considered a hotspot (Tuel and Eltahir, 2020).

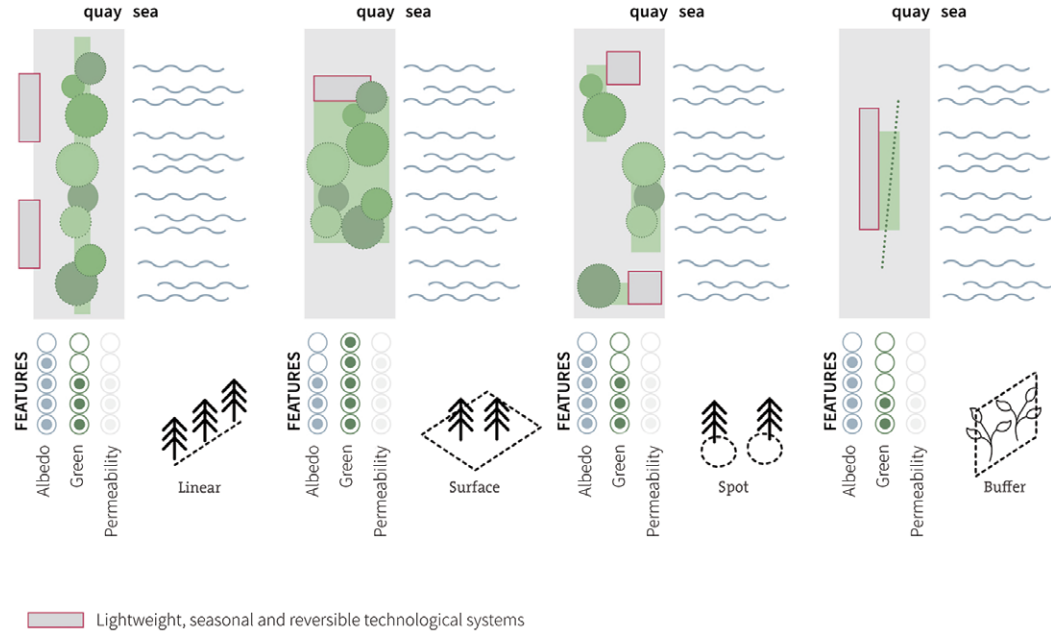
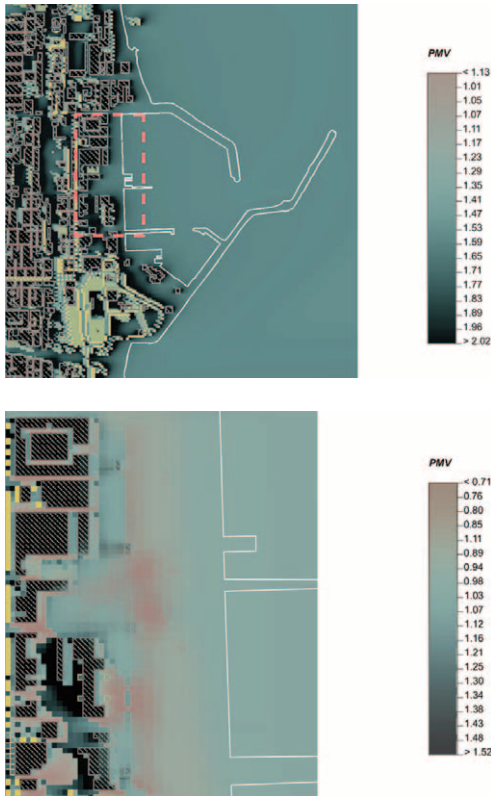
The open spaces of coastal cities in the Mediterranean Sea denote increasing vulnerability to climate change showing to be particularly vulnerable to rising temperatures and consequently to flooding and urban heat island (Matos Silva, 2019; de Graaf-van Dinther and Ovink, 2021). These ef-

fects, combined with the high fragmentation of green spaces and high land consumption that is particularly evident in coastal cities (ISPRA, 2019), impact the well-being of citizens and quality of life. (Tucci et alii, 2020). In this scenario, minor ports in the mid-Adriatic area, located in a homogeneous area of settlement morphotypes (Fig. 1) with widespread tourism and fishing facilities offering a wide range of berths and port equipment (Talia, 2019), are critical areas of strategic interest. The focus is particularly on the ports located near the population centres of some cities in the Marche and Abruzzo regions – Pesaro, Fano, Senigallia, Numana, Civitanova Marche, San Benedetto del Tronto, Giulianova, Ortona and San Salvo Marina<sup>1</sup> (Fig. 2) – as climatically fragile areas and potential engines supporting local economic and tourism growth.

This contribution illustrates how through a meta-design methodology relying on urban micro-forestry, environmental regeneration of the Adriatic coastal system is possible to use the port areas located within the city to: 1) limit the effects

of urban heat, especially in summer; 2) reinsert the ports within the urban system as attractive areas for citizens and tourists, as parts of the city with a high potential for use; 3) reduction of abandonment and increase the comfort and safety of portions of the city that in the winter season are hardly lived in and neglected. Specifically, the study aims to identify tools to support the environmental activation and regeneration of the open space of the Middle Adriatic ports.

The document is structured as follows 1) the first part focuses on the presentation of the morphological and climatic-environmental aspects shared by the minor Adriatic ports, developing a specific focus on the San Benedetto del Tronto port study area; 2) following the previous data, it illustrates the micro-forestation meta-project hypotheses that identify different scenarios; 3) afterwards, we present the methodology to evaluate the post-opera impacts in terms of contrasting the urban heat island and improving the environmental comfort of the port area; 4) in the final part, general recommendations and sug-



**Fig. 6** | Comforts split in the port area on the representative day of the hot scenario (graphic processing by E. Ciavatta, G. Cicconi and S. Parmenzini, 2020).

**Fig. 7** | Four project meta-actions: Linear, Surface, Spot e Buffer (credit: the Authors, 2022).

**Fig. 8** | Comfort level of the design status in the port area on the day representing the hot scenario (graphic processing by E. Ciavatta, G. Cicconi and S. Parmenzini, 2020).

gestions open the way to further developments (Fig. 3).

**Features of minor ports in the Mid-Adriatic** | Analysis of current port areas (Ottone and Cocci Grifoni, 2021) highlights some preliminary considerations to identify strategic and planning opportunities. The existence of vast empty areas close to city centres makes these spaces particularly suitable for urban regeneration, ‘green densification’ and seasonal activities, which can also benefit the tourist offer and reduce urban congestion during the most crowded periods. Thus, it is a significant part of the city, available to the public, and offers considerable potential to make a difference in the transition to sustainable transformation processes. Building elements might be part of a system involving natural technologies to provide a building for social and economic development. Climate change adaptation strategies, particularly those using nature-based solutions (NBS), bring benefits in dealing with the impacts of climate events and adding value to the community (Molenaar et alii, 2021). By improving physical and psychological well-being (Mosca et alii, 2019) due to the comfort improvements they generate.

The seasonal and variable presence of activities, equipment, transportation and, not least, people suggests how this is an area naturally prepared to accommodate temporary uses of different kinds, indeed may be considered a favourite area in which to experiment with new ideas. Coastal locations in the mid-Adriatic region take on such configurations that they are densely occupied by urban fabric and infrastructure and lack the space necessary to implement effective adaptation measures (Carter et alii, 2015). In this sense, having a port might be considered a strategic opportunity to use and put at service of the community to achieve that long-awaited ‘reopening’ of the city

to the sea (Talia, 2019). In addition, the ‘impermeable’ surface of asphalt would need redefining and transforming into a suitable system to control the rainwater regime contributing to the reduction of vulnerability to climate events through the installation of NbS measures (Langenheim et alii, 2020).

A further aspect to consider is that the coastal population increases significantly during the summer months. The functionality of ports, which are mainly in use during the summer, is strongly affected by seasonal weather conditions. In this period, the most critical issues related to discomforts due to the prolongation of higher temperatures are highlighted, even during months currently considered as ‘seasonal transit’. The IS-PRA annual (2019) confirms a constant increase in temperatures, identifying 2019 as the third hottest year since 1961, after 2018 and 2015. In the following paragraphs, we highlight with more precision how the asphalt surface and the lack of greenery in port areas strongly affect the climate, causing an urban heat island effect.

In addition, the use of a series of specific data extrapolated from the INTERREG Italia-Croazia Joint SECAP project (Joint\_SECAP team, 2021), and in particular those referring to the risks and vulnerabilities<sup>2</sup> of the Italian mid-Adriatic cities during hot seasons, provides an updated picture (Brownlee et alii, 2022). The effects of climate change arise from events that, acting in combination with the specific vulnerability and exposure factors of territory, determine impacts and risks for people, economic activities, ecosystems, structures and transport. The analysis carried out in the Middle Adriatic territories shows an evolving picture in which the events and risks linked to climate change are incrementally more widespread (Tab. 1).

Specifically, the port city of San Benedetto del Tronto, located on the southern Adriatic coast of the Marche region, with 47,500 inhabitants, has

acquired over the years an increasing strategic value for its tourist induced activities in the summer season and can be considered one of the most well-known and appreciated Italian seaside resorts, and therefore subject to intense phenomena of varying anthropic pressure. Like many similarly sized towns along the mid-Adriatic coast with a port for tourist activities and industrial fishing, San Benedetto is crossed by the road infrastructure of the Adriatic motorway, the State Road 16 and the railway, which have produced an urban development longitudinal to the coast. The Albul torrent divides the waterfront in half and characterizes the territorial layout of the city (Fig. 3).

As Figure 4 shows, almost all the walking surfaces consist of asphalt, with a low albedo coefficient<sup>3</sup>. The walls of the buildings contain plastered brick or sandwich panels, except for the tensile structures in the southern part, closed with white PVC sheets. The roofs are generally flat with bituminous sheathing or sandwich panels. Green zones are minimal in the port area, concentrated in an area close to the port, as seen in Figure 5, determining a very reduced presence of permeable spaces, which makes the whole zone highly waterproof, with the relative consequences on the liveability of the environment.

Furthermore, in the ante operam analyses (Fig. 6), the harbour areas feature extensive exposure to solar radiation. The virtual absence of tree species and the presence of materials with a low albedo index are all attributes that, as we know, contribute to making the open spaces of the port unfriendly and uncomfortable. These analysis data, together with those referring to the risks of climate change in the coastal areas of the mid-Adriatic, draw attention to the urgent need for rapid intervention in those city port sections and other similar locations.

The present study focuses mainly on the families of events that occur during hot periods and

that have to do with rising temperatures, the urban heat island, the number of consecutive days without precipitation combined with high temperatures, and extreme precipitation events and hail. As already mentioned, during the summer period, the maximum anthropogenic pressure resulting from the presence of tourists arises, but this is also when the city has the greatest need for open spaces and facilities to improve their use.

**Meta-design hypotheses for micro-forestry |**

The study identifies a series of meta-design actions that focus on the possibility of a light transformation of a part of the port infrastructure through urban micro-forestry interventions (Fig. 7). These design experiments suggest possible measures structured on the appropriate placement of horizontal and vertical micro-vegetation, interventions on the soil and water management, elaborated following an analysis of the urban characteristics and an evaluation of the environmental and microclimatic data of the area. We know that the relationship between the presence of nature in the urban environment, mental and physical health and human well-being is complex. Operates across many different horizons that the literature is questioning: for example, there is evidence that NbS can be a way to make our cities more human-scale and decidedly healthier places (McDonald and Beatley 2021; Langenheim et alii, 2020). Microforestry, which shares countless potentials with more structured families of NbS interventions such as urban forestry (Musco, 2018), displays some benefits for them due to the demand for faster turnaround times for smaller spaces, reduced maintenance, lower management costs and possible reversibility. Micro-forestry actions, thus considered ‘agile NbS’, can provide innovative solutions and facilitate transition processes towards urban sustainability (Frantzeskaki and Rok, 2018; Nesshöver et alii, 2017).

Lightweight installations with greenery, often temporary, are already proving their effectiveness in many contexts, both in improving the comfort and usability of the area and in creating activities for the community: the Green Cloud Project in Shenzhen, for example (Qiang and Yu, 2019), or the installation in the Courtyard City Hall in the city of Pozan created in 2016 by Atelier Starzak Strebicki can be considered a model in this sense. Other international experiences, such as the Paddington Floating Pocket Park in London in 2018, or the experiment proposed in 2020 in Copenhagen and carried out by Marshall Blecher and Studio Fokstrot, suggest that urban spaces near harbours and canals are suitable for architectural experiments aimed at improving their usability.

Actions here proposed also aim to validate a design methodology for the definition of a complex environmental system, based on the hypothesis of ‘hooking’ the transformations to a pre-existing and widespread infrastructure such as the port, stratifying the port system through more or less punctual interventions based on the insertion of green devices of various kinds. In this sense, the proposed actions may also prove efficient in filling the gap identified in the literature, which concerns the gap between policies aimed at identifying adaptation measures and strategies and their actual implementation (Rossi, 2019; De Pascali and Bagaini, 2021).

The criteria and indicators for assessing the

effectiveness of the proposed actions rely on the evaluation of perceived comfort indices (Predicted Mean Vote – PMV; Fanger, 1970; Jendritzky, Maarouf and Staiger, 2001) for current representative scenarios (ante operam) and the project scenarios (post operam). The post operam scenarios in Figure 8 allow us to evaluate the climate mitigation action of the micro-forestry interventions through the evaluation of the dimensionless index PMV in a range of variability -3/3, respectively feeling of ‘very cold’ and ‘very hot’, and the increase of the permeability of soils and built-up areas with green treatment, through an area indicator expressed in square metres.

The actions identified derive from an evaluation of the vulnerability and exposure factors of the urban space of the port and the spatial-functional needs. The concept is to use the quay as a resting area for pedestrians, as a protected cycle-pedestrian infrastructure with temporary, light, seasonal and reversible elements, making the port a new urban centrality. The interventions, outlined through four types of actions, always foresee a substantial reduction of the waterproof surfaces and their reconversion into elements with thermo-physical characteristics better suited to the context and able to manage the relationship with solar radiation and water regulation more effectively. The four meta-actions shown in Figure 7 can integrate and describe themselves as follows:

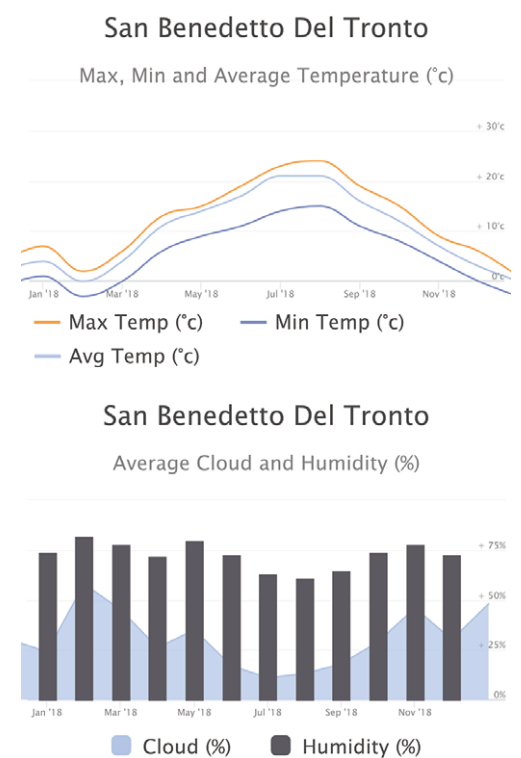
- 1) Linear: a system that identifies a strip with a more or less contained width and developed parallel to the longitudinal development of the port, based on the creation of surfaces with permeability or de-sealing interventions, the insertion of a linear tree and shrub formations structured according to rows of essences, hedges, green walls, linear green pergolas, planting along the port axes;
- 2) Surface: a system that identifies areas based on the creation of surfaces that can be permeated or de-sealed, the creation of areas of green lawns, usable lawns, green driveways, green roofs, micro-wooded areas, green roofs, carpets of herbaceous perennials, vegetable gardens, ground cover shrubs, etc.; part of the surface can deal with to control the flow of rainwater and its temporary surface storage;
- 3) Spot: a system that foresees the creation of small diffuse surfaces that stratify the port infrastructure through the use of porous surfaces or de-sealing micro-interventions and the consequent insertion of tree essences; the spot actions foresee pocket gardens, green balconies, green corners, isolated plantings that do not form green canopies, etc.;
- 4) Buffer: a system that relies mainly on the identification of green screening surfaces capable of configuring open spaces in a ‘protected’ mode, which supports temporary and seasonal activities; micro-forestry actions are used as a thermodynamic mediation tool and create climatic filter zones that allow modulating the variation of the external temperature (thermal gradient); they provide for the use of buffer or screen zones through plantings, green scenes, green rooms, etc.

**Methodology and phases |** The complexity of the port system requires a transdisciplinary methodological approach that analyses the microclimate of open areas and the relationship between open spaces and buildings, often pre-fabricated for in-

dustrial use. The approach works on horizontal surfaces with de-sealing actions to transform the waterfront system into a thermodynamic mediating element, exploiting, for example, the evapotranspiring action of greenery, the permeability of natural materials, the retro-reflective effect of cold surfaces and the shading capacity of horizontal roof surfaces. It is possible to act within these areas by appropriately placing horizontal and vertical micro-installations after an accurate definition of the areas requiring intervention after reading urban features and a thorough evaluation of the environmental and microclimatic data of the port areas.

This process allows an increase of the de-waterproofing action in situations of high built density resulting in benefits in terms of improvement of urban comfort and quality of life. The study and analysis methodologies translate the complexity of the city-port interface according to linear, punctual or areal actions, configured so as not to affect the metabolism of the waterfront metabolism, recognizing the role and function of all morphological, material, environmental and climatic aspects of the coastal system.

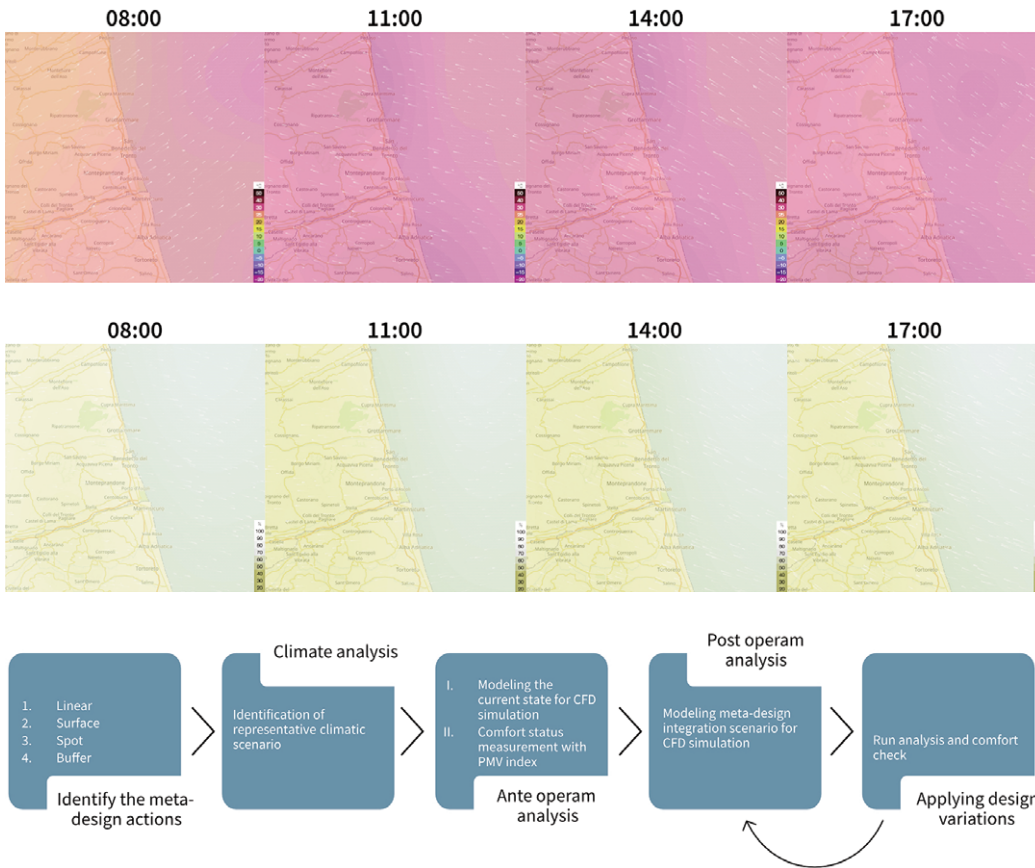
The environment complexity understudy suggests a parametric system that allows the ‘functional association’ of material, microclimatic and morphological characteristics in a platform that dynamically combines the parts to provide an ‘overall’ view of a ‘complex’ problem. The simulation tools include the parametric platform implementation in a software development environment that, by creating proprietary algorithms, allows recursive control over every aspect of the process. The micro-forestry actions allow for intervention strategically in the points that highlight the most critical issues in the environment by analysing the physical parameters of the place and the perceptual char-



**Fig. 9 |** Annual temperature performance of San Benedetto del Tronto in 2018 (credit: the Authors, 2022).

**Fig. 10 |** Annual humidity/cloud performance of San Benedetto del Tronto in 2018 (credit: the Authors, 2022).





**Fig. 11, 12** | Representing temperature and wind on a typical day; Representing humidity and wind on a typical day (credit: the Authors, 2022).

**Fig. 13** | Workflow to explain the methodology (credit: the Authors, 2022).

Time	Air Temperature (°C)			Relative Humidity (%)			PMV		
	8:00	14:00	18:00	8:00	14:00	18:00	8:00	14:00	18:00
Ante operam	19.6	24.8	20.1	66.7	69.7	70.3	0.7	1.5	1.1
Post operam	19.4	24.8	20	67.3	70.1	70.6	0.7	0.9	0.6

**Tab. 2** | Comparison of simulated data before and after applying one of the solutions (credit: the Authors, 2022).

acteristics of the users through the evaluation of the index of environmental comfort PMV (Predicted Mean Vote) according to UNI EN ISO 7730: 2006 (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).

The methods can help evaluate local thermal comfort since several factors related to the human environment strongly influence this. Design meta-actions varied in their application to the study area and were perhaps most effective depending on the balance of characteristics of the built space. Its materiality, integration with the green zones and geometric-dimensional relationship with the open space. Investigating natural phenomena through the virtual environment implies adopting a correct and coherent simplification of the urban complexity to maintain a smooth workflow without compromising the quality of the results. For this purpose, different types

of software have been set up and managed in a single Grasshopper platform that allows the development of processes dedicated to the microclimatic analysis from the concept development phases to the validation of the design actions implemented with the help of a CFD software.<sup>4</sup>

The method uses several preparatory phases that start from the study of the climatic characteristics of the site in a temporal frame of at least five years to draw a climatic profile suitable for representing the environmental boundary conditions by evaluating a typical day. This day (Tirabassi and Nasseti, 1999) is a synthetic microclimatic indicator consisting of a typical day that describes the summer weather conditions in the area under study using a proprietary algorithm (Cocci Grifoni et alii, 2012). Figures 9 and 10 show the annual temperature and humidity/cloud cover trends, whilst Figures 11 and 12 represent the temperature and humidity time-maps that also show the variation of wind direction and intensity during the scenario.

It is relevant to adapt the climatic conditions thus obtained at the macro-scale to a localized urban context (micro-scale) with thermo-fluid dynamics analysis tools defining the ante operam state. Meta-design hypotheses have been shaped and introduced into the study area to establish the post operam state. Intermediate results from this phase allow the application of site-specific strategies to improve the initial conditions. The meta-design hypotheses examine applying the same environmental conditions (defined by the climate profile in the reference scenario) to compare the results obtained with the ante operam state.

The methodology foresees a reiteration of this last operation to correct and enhance or, in extreme hypothesis, exclude the proposed solutions if they do not meet expectations. By applying quantitative variations of the elements that define a given meta-action, it is possible to obtain varying performance feedback in terms of comfort. Figure 13 shows an example workflow. The use of models with a high level of precision allows a careful reading of the results at the verification stage. The implementation of such measures presumes environmental benefits such as the reduction of flood risk and urban heat islands, the improvement of the microclimate and the protection of biodiversity, but also socio-economic benefits, directly affecting the well-being and health of citizens and the enhancement of the aesthetic quality of places (McDonald and Beatley 2021; Città Metropolitana di Milano, 2020).

**Results and discussion** | Results present the fruit of the adopted methodological process. To efficiently explain the quality of the project meta-actions under study, the visualizations elaborated in Figures 6 and 8 show the area distribution of the comfort index PMV in the Linear meta-action, one of the case studies. Comfort is data that summarises in one dimensionless air temperature, average radiant temperature, air humidity and wind speed. The PMV index describes the state of comfort with a score that is all the more ideal as it is closer to zero. The downscaling operation conducted reveals a decrease in the value in a window ranging from approximately 0.30 to 0.50.

Table 2 shows some significant results of the simulation. Improving the comfort status in the representative warm scenario has a potentially positive effect spread over the whole season. This decrease shows the effectiveness of an architectural design which provides space to use greenery as an instrument of microclimate mitigation and regulation. The benefits of such results will facilitate the fruition of outdoor environments, transforming them from high discomfort to a more comfortable condition. The analysis of the results using a sample of meta-solutions may lead to several interpretations of the human space by designers, who may conceptualize new innovative models being aware of the impact their design actions may have on the space.

**Conclusions** | The document provides possibilities for light intervention to enhance and renew critical open spaces not limited to port areas. However, all coastal cities called urban regeneration processes can use them to take the first step towards more structured subsequent interventions or long-term funding or application development. The focus introduced by the arti-

cle is to contribute to a wide-ranging and trans-disciplinary issue such as climate change adaptation, which, due to its multi-faceted nature, needs research in all spheres of its complexity. In this sense, the urban microforestry approach is a practical possibility to improve the use of urban open spaces subject to climate change.

In addition to further investigation by the scientific community, it is necessary to put some of these interventions into practice to monitor their

outcomes through real-life surveys and systematic interviews with the local community. The study should also provide indications of the social and economic-administrative structures of the port areas, which are considered strategic for the proposed actions. The establishment by the Ministry of Infrastructure and Sustainable Mobility of the Table of the Sea on 20 December 2021 also pushes in this direction, to open a debate with trade associations and trade unions and to study in depth

general and specific issues concerning ports and they are economic, social and environmental sustainability (MIMS, 2021). Among other objectives, the NRRP mentions the port system as an area for significant impact and in the direction of ecological transition.

## Acknowledgements

The contribution is the result of a joint reflection of the authors. The introductory paragraph is by R. Cocci Grifoni and M. F. Ottone, the one entitled 'Features of minor ports in the mid-Adriatic' is by T. D. Brownlee and R. Cocci Grifoni, 'Meta-design hypotheses for micro-forestation' is by T. D. Brownlee and R. Cocci Grifoni. D. Brownlee, 'Methodology and phases' by G. E. Marchesani, 'Results and discussion' by T. D. Brownlee and G. E. Marchesani, while the paragraph 'Conclusions' is by all authors. Brownlee and Cocci Grifoni carried out the general supervision of the article.

## Notes

1) It refers particularly to ports in category II and of predominantly regional competence, according to art. 4 of Italian Law 84/1994.

2) Background data is available in the deliverable D.3.2.2 – 'Risk and vulnerability analysis of the INTERREG Joint\_SECAP project target areas'; more information at the website: joint-secap.unicam.it [Accessed 15 March 2022]. The Project was coordinated by UNICAM and ran from 2019 to 2021 through a network of eight Italian and Croatian partners who identified at least one target area where they intend to carry out the study in collaboration with local institutions and with the aim of identifying joint adaptation measures.

3) Albedo is defined as the ratio of the intensity of the radiation reflected by a body to the total incident radiation intensity.

4) For further information, visit the website: envi-met.com [Accessed 15 March 2022].

## References

Brownlee, T. D., Camaioni, C., Magaouda, S., Mugnoz, S. and Pellegrino, P. (2022), "The INTERREG Italy-Croatia Joint\_SECAP Project – A Collaborative Approach for Adaptation Planning", in *Sustainability*, vol. 14, issue 1, 404, pp. 1-19. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su14010404 [Accessed 15 March 2022].

Carter, J. G., Cavan, G., Connelly, A., Guy, S., Handley, J. and Kazmierczak, A. (2015), "Climate change and the city – Building capacity for urban adaptation", in *Progress in Planning*, vol. 95, pp. 1-66. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.progress.2013.08.001 [Accessed 15 March 2022].

Città Metropolitana di Milano (2020), "Metro Adapt Platform – Strategie e misure di adattamento al cambiamento climatico nella Città Metropolitana di Milano", in *cittametropolitana.mi.it*, 24/02/2020. [Online] Available at: cittametropolitana.mi.it/Life\_Metro\_Adapt/index.html [Accessed 15 March 2022].

Cocci Grifoni, R., Pierantozzi, M., Tascini, S. and Passerini, G. (2012), "Assessing the representativeness of thermal comfort in outdoor spaces", in Pacetti, M., Passerini, G., Brebbia, C. A. and Latini, G. (eds), *Sustainable City*, vol. VII, pp. 835-846. [Online] Available at: doi.org/10.2495/SC120702 [Accessed 15 March 2022].

de Graaf-van Dinther, R. and Ovink, H. (2021), "The Five Pillars of Climate Resilience", in de Graaf-van

Dinther, R. (ed.), *Climate Resilient Urban Areas – Governance, design and development in coastal delta cities*, Palgrave Macmillan, Cham, pp. 1-19. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-57537-3\_1 [Accessed 15 March 2022].

De Pascali, P. and Bagaini, A. (2021), "L'affermazione del Piano d'azione per l'energia sostenibile (PAES) in Italia – Limiti e tentativi di integrazione con la pianificazione locale", in *Archivio di Studi Urbani e Regionali*, issue 131, suppl., pp. 71-96. [Online] Available at: doi.org/10.3280/ASUR2021-131-S1004 [Accessed 15 March 2022].

Fanger, P. O. (1970), *Thermal Comfort, Analysis and Application in Environment Engineering*, Danish Technical Press, Copenhagen.

Frantzeskaki, N. and Rok, A. (2018), "Co-producing urban sustainability transitions knowledge with community, policy and science", in *Environmental Innovation Societal Transitions*, vol. 29, pp. 47-51. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.eist.2018.08.001 [Accessed 15 March 2022].

Guida, C. (2021), *I rischi naturali del cambiamento climatico nelle città del Mediterraneo*, Federico II Open Access University Press, Napoli. [Online] Available at: dx.doi.org/10.6093/978-88-6887-107-9 [Accessed 15 March 2022].

ISPRA (2019), "Consumo di suolo in area costiera", in *annuario.isprambiente.it*. [Online] Available at: annuario.isprambiente.it/sys\_ind/report/html/697 [Accessed 15 March 2022].

ISPRA (2012), *Manuali e Linee Guida*, vol. 78/ 2012. [Online] Available at: isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida [Accessed 15 March 2022].

Jendritzky, G., Maarouf, A. and Staiger, H. (2001), "Looking for a universal thermal climate index UTCI for outdoor applications", in *Moving thermal comfort standards into the 21st century – Conference proceedings, Cumberland Lodge, Windsor (UK), 5th-8th April 2001*, OCS D, pp. 353-367. [Online] Available at: utci.org/isb/documents/windsor\_vers04.pdf [Accessed 15 March 2022].

Joint\_SECAP team (2021), *Joint\_SECAP – Joint strategies for climate change adaptation in coastal area*. [Online] Available at: joint-secap.unicam.it [Accessed 15 March 2022].

Langenheim, N., White, M., Tapper, N., Livesley, S. J. and Ramirez-Lovering, D. (2020), "Right tree, right place, right time – A visual-functional design approach to T select and place trees for optimal shade benefit to commuting pedestrians", in *Sustainable Cities and Society*, vol. 52, 101816, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scs.2019.101816 [Accessed 15 March 2022].

Matos Silva, M. (2019), *Public Spaces for Water – A Design Notebook*, CRC Press.

McDonald, R. and Beatley, T. (2021), *Biophilic Cities for an Urban Century – Why nature is essential for the success of cities*, Palgrave Pivot. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-51665-9 [Accessed 15 March 2022].

MIMS – Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili (2021), "Porti – il Mims istituisce il Tavolo del Mare", in *mit.gov.it*, 20/12/2021. [Online] Available at: mit.gov.it/comunicazione/news/porti-il-mims-istituisce-il-tavolo-del-mare [Accessed 15 March 2022].

Molenaar, A., Hölscher, K., Looibach, D. and Verlinde, J. (2021), *Making the transition – Transformative gover-*

nance capacity, in De Graaf-van Dinther, R. (ed.), *Climate resilient urban areas – Governance, design and development in coastal delta cities*, Palgrave Macmillan, Cham, pp. 175-190. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-57537-3\_9 [Accessed 15 March 2022].

Mosca, F., Dotti Sani, G. M., Giachetta, A. and Perini, K. (2021), "Nature-Based Solutions – Thermal Comfort Improvement and Psychological Wellbeing, a Case Study in Genoa, Italy", in *Sustainability*, vol. 13, issue 21, article 11638, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su132111638 [Accessed 15 March 2022].

Musco, F. (2018), "Nature-Based Solutions – Tecniche e strumenti per le città resilienti", in *Equilibri | Rivista per lo sviluppo sostenibile*, vol. 1, pp. 105-115. [Online] Available at: rivisteweb.it/doi/10.1406/89641 [Accessed 15 March 2022].

Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K. N., Rusch, G. M., Waylen, K. A., Delbaere, B., Haase, D., Jones-Walters, L., Keune, H., Kovacs, E., Krauze, K., Külvik, M., Rey, F., van Dijk, J., Vistad, O. I., Wilkinson, M. E. and Wittmer, H. (2017), "The science, policy and practice of nature-based solutions – An interdisciplinary perspective", in *Science of the Total Environment*, vol. 579, pp. 1215-1227. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106 [Accessed 15 March 2022].

Ottone, M. F. and Cocci Grifoni, R. (2021), "Habitat e paesaggio costiero in uno scenario di cambiamenti climatici", in Doti, G. (ed.), *Porti minori – Un patrimonio da riconquistare nel medio Adriatico*, Campesano Editore, Roma, pp. 85-98.

Qiang, V. and Yu, F. (2019), "The Green-cloud project – Finding green space in an urban village", in *Biophilic Cities Journal*, vol. 3, n. 1, pp. 32-35. [Online] Available at: issuu.com/biophilicities/docs/bcj\_v3\_is1\_issu\_export [Accessed 15 March 2022].

Rossi, G. E. (2019), "Adattamento urbano, strategie e progetto – Il divario fra le politiche e la loro implementazione | Urban adaptation, strategies and projects – The gap between policies and their implementation", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 46-57. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/652019 [Accessed 15 March 2022].

Talia, M. (2019), "La pianificazione strategica di piccoli centri portuali", in Doti, G. (ed.), *Porti minori – Un patrimonio da riconquistare nel medio Adriatico*, Campesano Editore, Roma, pp. 85-98.

Tirabassi, T. and Nasseti, S. (1999), "The representative day", in *Atmospheric Environment*, vol. 33, issue 15, pp. 2427-2434. [Online] Available at: doi.org/10.1016/S1352-2310(98)00371-9 [Accessed 15 March 2022].

Tucci, F., Cecafosso, V., Caruso, A. and Turchetti, G. (2020), *Adattamento ai cambiamenti climatici di architetture e città green – Assi strategici, indirizzi, azioni d'intervento per la resilienza dell'ambiente costruito*, FrancoAngeli, Milano.

Tuel, E. A. and Elthair, E. A. B. (2020), "Is the Mediterranean a Climate Change Hot Spot?", in *Journal of Climate*, vol. 33, issue 14, pp. 5829-5843. [Online] Available at: doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0910.1 [Accessed 15 March 2022].