

STUDIO DEL MICROCLIMA LOCALE PER IL PROGETTO PARCO DEL MARE, MARE, COMUNE DI RIMINI

I PARTE



Marianna Nardino, Teodoro Georgiadis, Letizia Cremonini

CNR-IBIMET Bologna

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Biometeorologia

Via Gobetti 101, 40129 Bologna

Recentemente è cresciuta molto l'attenzione da parte dei vari governi Europei di rendere le città resilienti, sane e sostenibili. Questo è dovuto alla sempre più consolidata degli effetti che un ambiente urbano ha sulla popolazione (inquinamento, isola di calore, rumore, ecc...) e all'importanza che le aree urbane hanno negli studi dei cambiamenti climatici.

Nel 2008 è nato il patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia, presentato dal Commissario Miguel Arias Cañete come "la più vasta iniziativa urbana su clima ed energia al mondo". Il Patto dei Sindaci per il clima e l'energia vede coinvolte migliaia di autorità locali e regionali impegnate su base volontaria a raggiungere sul proprio territorio gli obiettivi UE per l'energia e il clima.

Con il loro impegno, i nuovi firmatari mirano a ridurre le emissioni di CO2 di almeno il 40% entro il 2030 e ad adottare un approccio integrato per affrontare la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici.

La mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici è una nuova azione che molti enti locali hanno preso in considerazione anche in Italia. Viene utilizzato il concetto di "servizi eco-sistemici" attuando le così dette "Nature Based Solutions (NBS)".

Tra le varie soluzioni, le infrastrutture verdi sono state identificate essere appartenenti alle "best practices" al fine di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici ma non solo.

ANALISI CLIMATICA

Durante la rigenerazione degli spazi pubblici, quando si vuol tener conto sia della resilienza urbana che della qualità, spesso viene trascurato il clima del luogo in cui ci troviamo. In realtà è molto importante considerare "l'aria" in cui stiamo operando con la nostra progettazione in quanto lo spazio pubblico è uno spazio all'aperto e perché se vogliamo costruire un ambiente resiliente e di qualità dobbiamo offrire benessere alle persone che poi andranno ad occuparlo.

Tener conto del campo di vento, ad esempio, risulta fondamentale: in una zona ventosa si può pensare di inserire gli alberi in modo da fare barriera e rendere meno disturbo a chi frequenta quel luogo durante l'inverno, ma agevolare invece il passaggio di aria durante l'estate. Umidità e temperatura dell'aria sono i parametri primari che determinano i vari indici di comfort e quindi la loro conoscenza e il loro cambiamento in funzione del nostro progetto possono darci importanti informazioni sullo stato di benessere del cittadino che si trova a frequentare quel determinato spazio pubblico.

A tal fine per la città di Rimini è stata effettuata un'analisi climatica reperendo i dati gratuitamente dal 'Sistema Dexter' del Servizio IdroMeteoClima dell'ARPA Emilia Romagna (<http://www.smr.arpa.emr.it/dext3r/>). La stazione "Rimini Urban" è localizzata a circa 1.5 Km da Parco Fellini quindi sicuramente rappresentativa delle condizioni meteo locali (Figura 1).



Figura 1: mappa dell'area di studio e statistica della direzione dei venti per 4 anni (2013-2016).

Sono stati analizzati quattro anni di dati (2013-2016) della velocità e direzione del vento, temperatura e umidità dell'aria che sono i parametri fisici utilizzati nell'inizializzazione del modello Envi-met.

L'analisi sui 4 anni mostra che le direzioni prevalenti dei venti sono Est e Nord Ovest (vento dal mare). I valori medi sia annuali che stagionali estivi di temperatura e umidità rientrano nei valori standard dei climi temperati.

Grazie all'analisi climatica effettuata sempre dal Servizio IdroMeteoClima dell'ARPA Emilia Romagna sono stati ricavati i dati di temperatura e precipitazione storici (1961-2015).

La temperatura media annuale e la precipitazione cumulata per la città di Rimini sono riportate in Figura 2. Dal grafico della temperatura si può notare come vi sia un aumento della temperatura dell'aria negli anni, soprattutto a partire dal 1995, dato dalla linea di tendenza tratteggiata. Questo risultato conferma l'incremento di temperatura registrato dai cambiamenti climatici, dovuto in parte anche all'urbanizzazione delle città che rende superfici permeabili in impermeabili e aumentando quindi l'emissione di calore in atmosfera.

Le precipitazioni invece non presentano un trend (non c'è un aumento né una diminuzione del valore medio cumulato annuale): vi è una correlazione però negli anni in cui vi è un valore di precipitazione sopra la media del periodo (730 mm) e valori minori di temperatura dell'aria: 1976, 1980, 1996, 2010. Viceversa valori maggiori di temperatura dell'aria media annuale in alcuni casi sono relativi agli anni più siccitosi ad esempio il ben noto 2003.

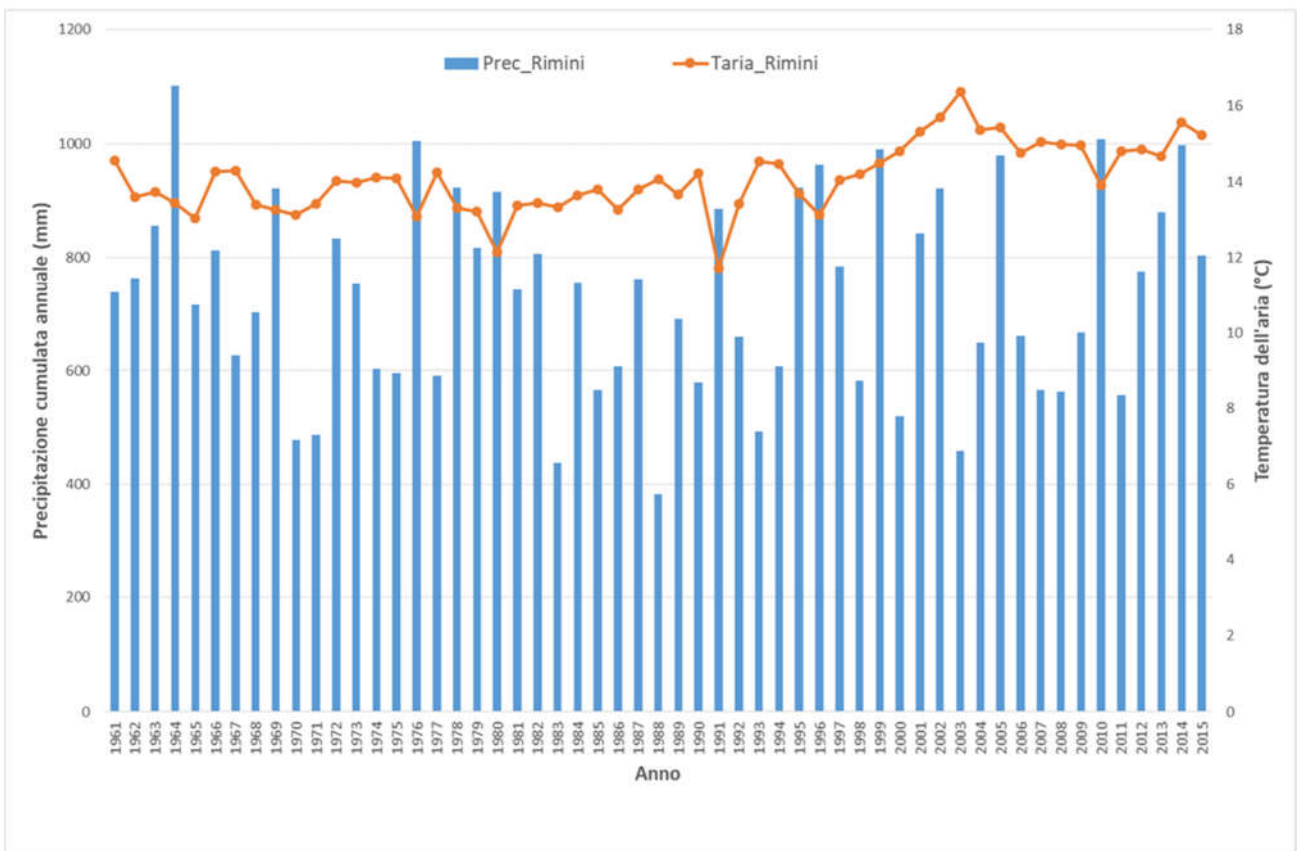
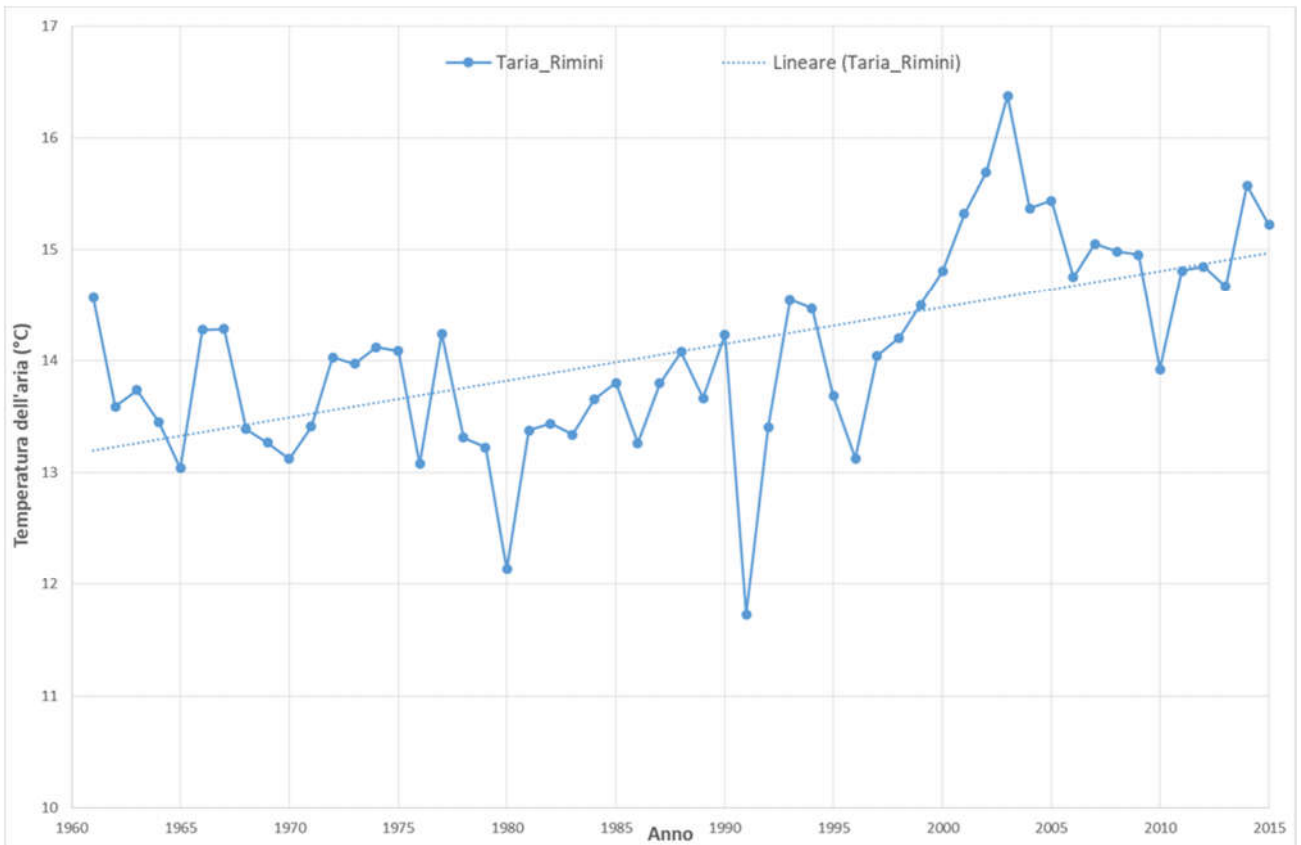


Figura 2: Temperatura dell'aria media annuale e precipitazione cumulata annuale dal 1961 al 2015 per la città di Rimini.

Simulazione Envi-met Parco Fellini e Piazzale Kennedy

Al fine di ottenere la valutazione del microclima locale durante eventi di ondate di calore, e quindi di forte discomfort termico, le simulazioni attraverso il modello Envi-met sono state effettuate durante la giornata che ha registrato la temperatura massima nel 2017 (5 Agosto, dati 'Sistema Dexter' del Servizio IdroMeteoClima dell'ARPA Emilia Romagna, <http://www.smr.arpa.emr.it/dext3r/>).

Dalla stazione meteorologica dell'Arpa sono quindi stati scaricati i dati orari e inseriti nel modello per la sua inizializzazione:

velocità vento: 1.2 m/s

direzione del vento: 20 ° da Nord

Temperatura massima: 34.8 °C alle ore 15:00

Temperatura minima: 26.9 °C alle ore 3:00

Umidità relativa massima: 46% alle ore 14:00

Umidità relativa minima: 21% alle ore 00:00

Le due aree di studio considerate comprendono il Parco Fellini e il Piazzale Kennedy.

In Figura 3 si può vedere l'orografia delle due aree inserita nel progetto (edifici e verde) e l'uso del suolo con una risoluzione spaziale di 5 metri. L'area denominata Parco Fellini è costituita da 142X78 celle per una superficie totale di 276900 m², mentre l'area denominata Piazzale Kennedy è costituita da 146X144 celle per una superficie totale di 525600 m².

A seguito della redazione del progetto (ex post), con i medesimi dati di input, si simulerà l'andamento dei vari parametri fisici andando ad analizzare come il progetto avrà influito sul comfort urbano dell'area.

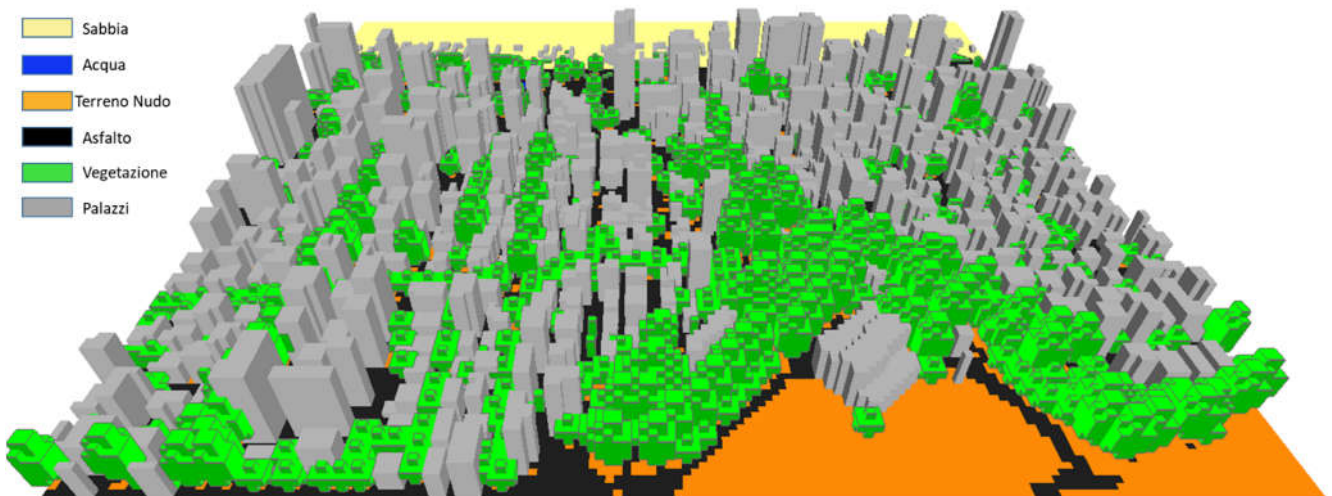
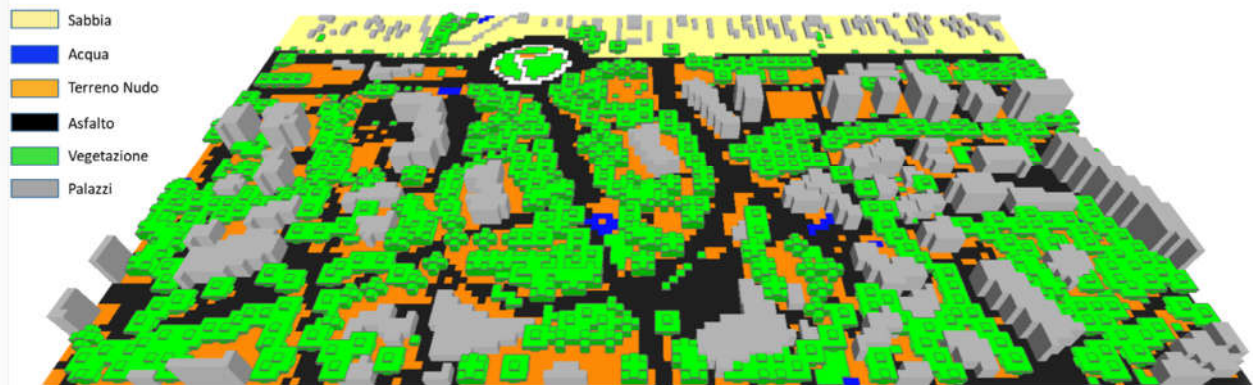


Figura 3: orografia in 3D e uso del suolo delle due aree simulate: Parco Fellini (sopra) e Piazzale Kennedy (sotto).

Temperatura dell'aria

Le mappe riportate in Figura 4 rappresentano la distribuzione della temperatura dell'aria in °C, negli spazi aperti e in prossimità degli edifici. La temperatura dell'aria influisce sugli scambi termici diretti tra corpo umano ed ambiente. La mappa evidenzia che i valori della temperatura dell'aria alle ore 14:00 sono compresi tra circa 33°C e 37 °C nella maggior parte delle aree aperte. Le aree di colore fucsia rappresentano le aree a maggior temperatura che possiamo considerare "tasche di aria calda". Possiamo notare come il lungomare e le strade che si incanalano all'interno presentano durante il giorno le temperature dell'aria maggiori, mentre le zone con presenza di alberi e quindi con ombra e superfici permeabili hanno temperature minori.

Durante la notte (ore 2:00 Figura 5) però la situazione si inverte: le aree che di giorno hanno accumulato calore lo rilasciano durante la notte e quindi in assenza della radiazione solare il lungomare va in bilancio termico con l'atmosfera, ovvero a una temperatura minore, mentre le zone più all'interno presentano una temperatura maggiore. Questo è il classico esempio di isola di calore notturna e in queste due aree di Rimini si vede la sua l'estensione.

Flusso del vento

Il vettore velocità del vento può essere visualizzato attraverso frecce dove la lunghezza rappresenta l'intensità del vento mentre l'angolo la direzione del vento. La velocità del vento è dovuta principalmente alle condizioni climatiche locali (venti prevalenti) e alle caratteristiche microclimatiche locali (stratificazione di masse d'aria con diverse temperature e pressione).

La mappa in Figura 6 mostra valori di intensità del vento fino ai 3 m/s (brezza leggera) con valori che cambiano sostanzialmente in prossimità degli edifici. Il vento alle ore 14:00 proviene dal mare e quando incontra gli edifici viene modificata sia la sua intensità che la sua direzione: si creano dei piccoli vortici dovuti alla turbolenza indotta dalla presenza di ostacoli (edifici, alberi). In quelle zone si ha una assenza di vento che causa un discomfort durante le ondate di calore.

Le frecce permettono di vedere come si incanala il vento nella geografia del luogo, input importante che può dare suggerimenti per il progetto.

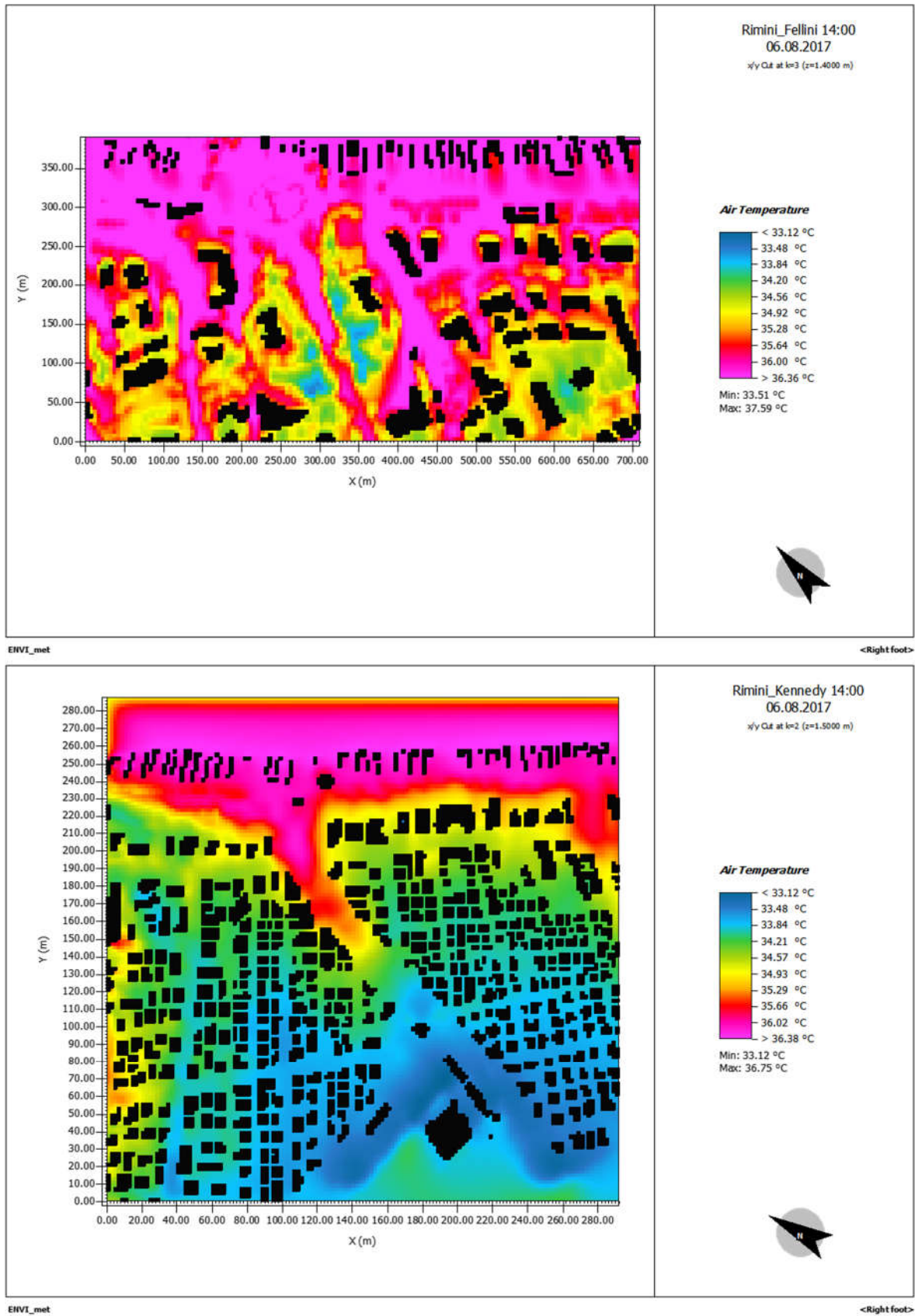


Figura 4: Temperatura dell'aria a 1.5 m di altezza alle ore 14 delle due aree simulate: Parco Fellini (sopra) e Piazzale Kennedy (sotto).

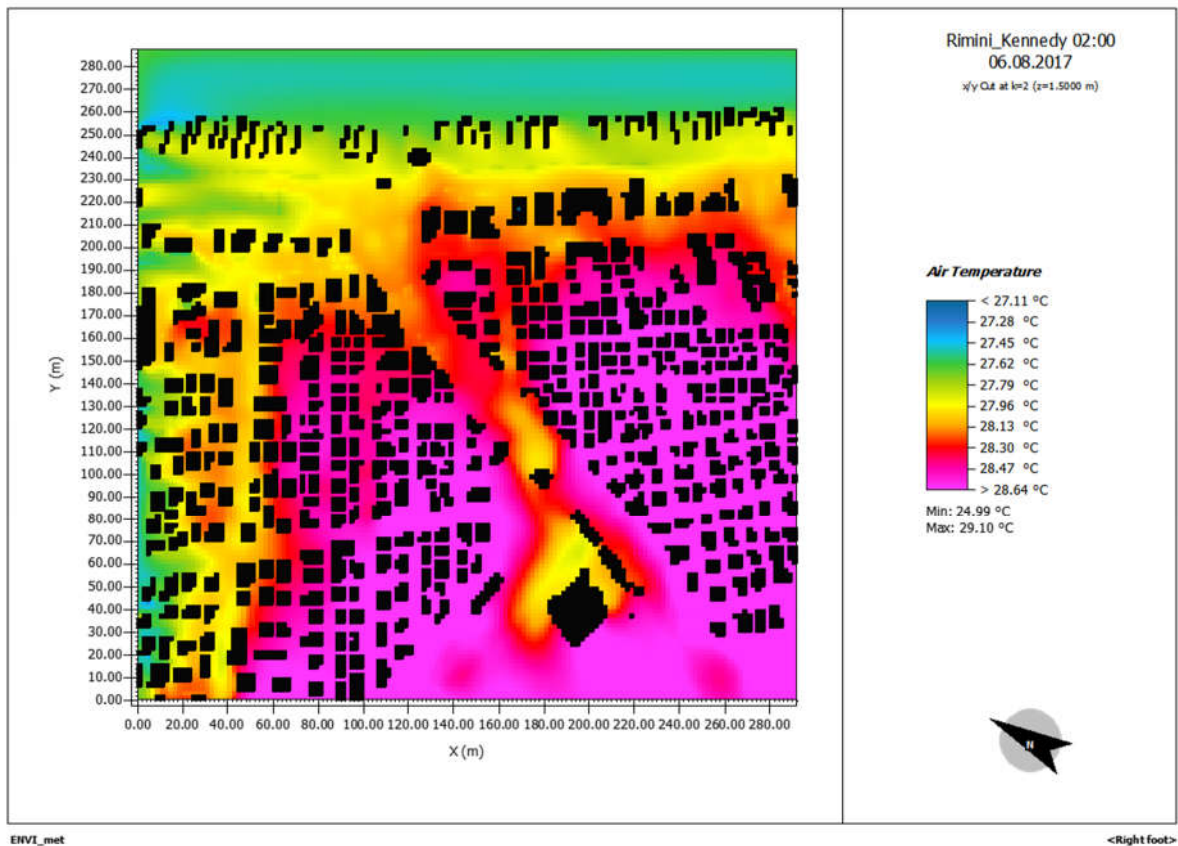
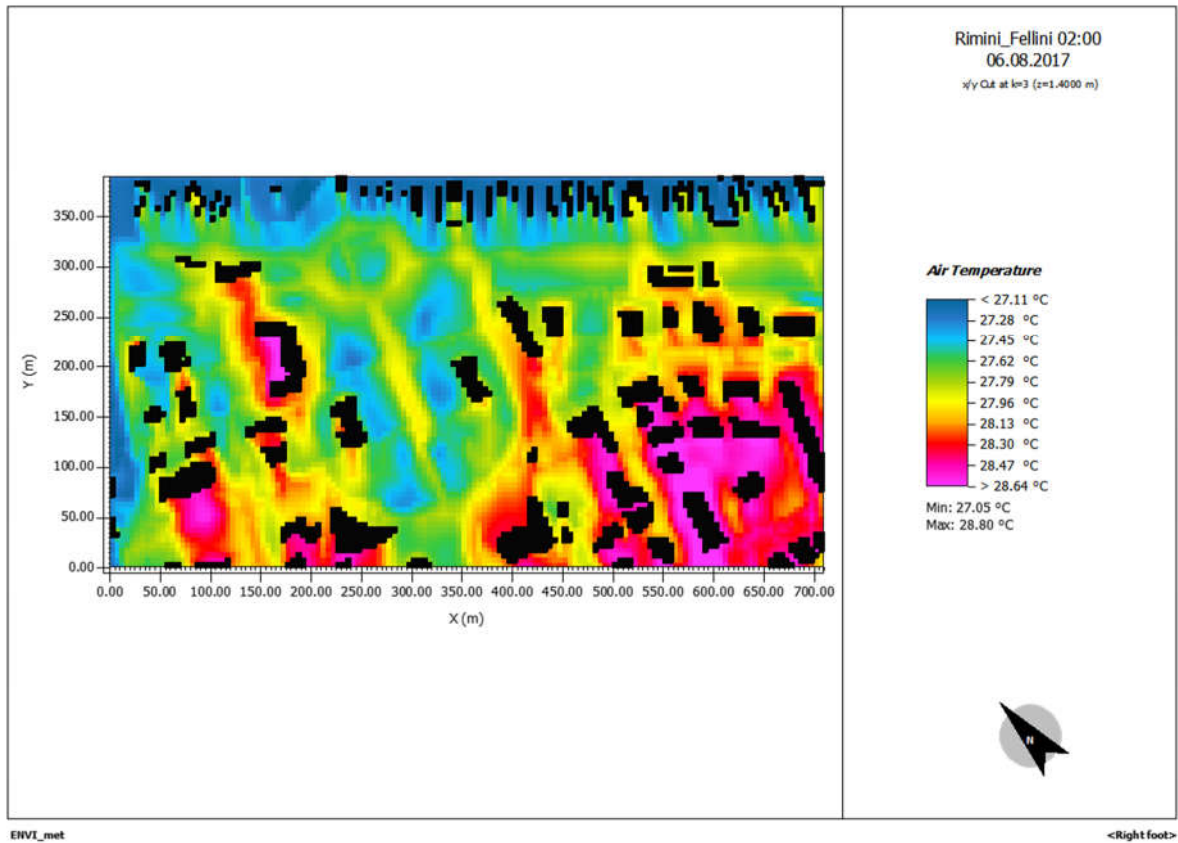


Figura 5: Temperatura dell'aria a 1.5 m di altezza alle ore 2:00 delle due aree simulate: Parco Fellini (sopra) e Piazzale Kennedy (sotto).

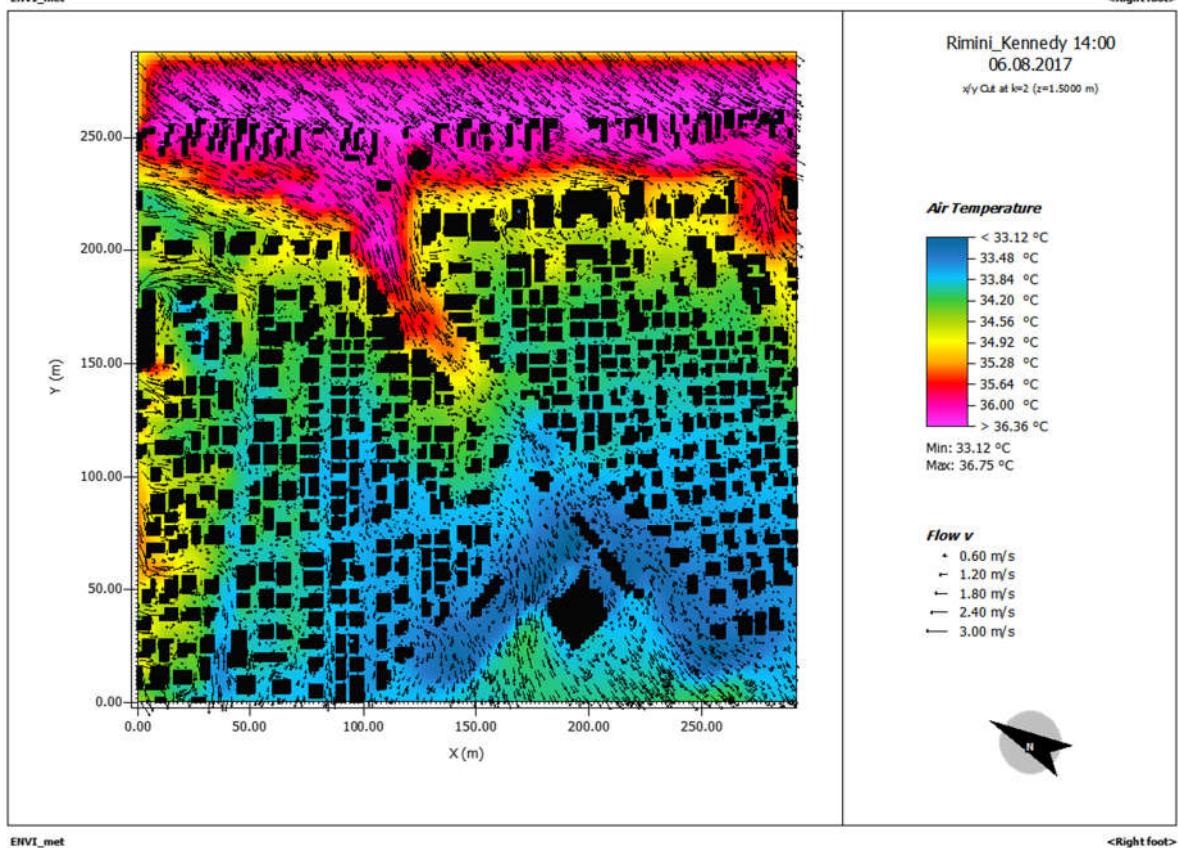
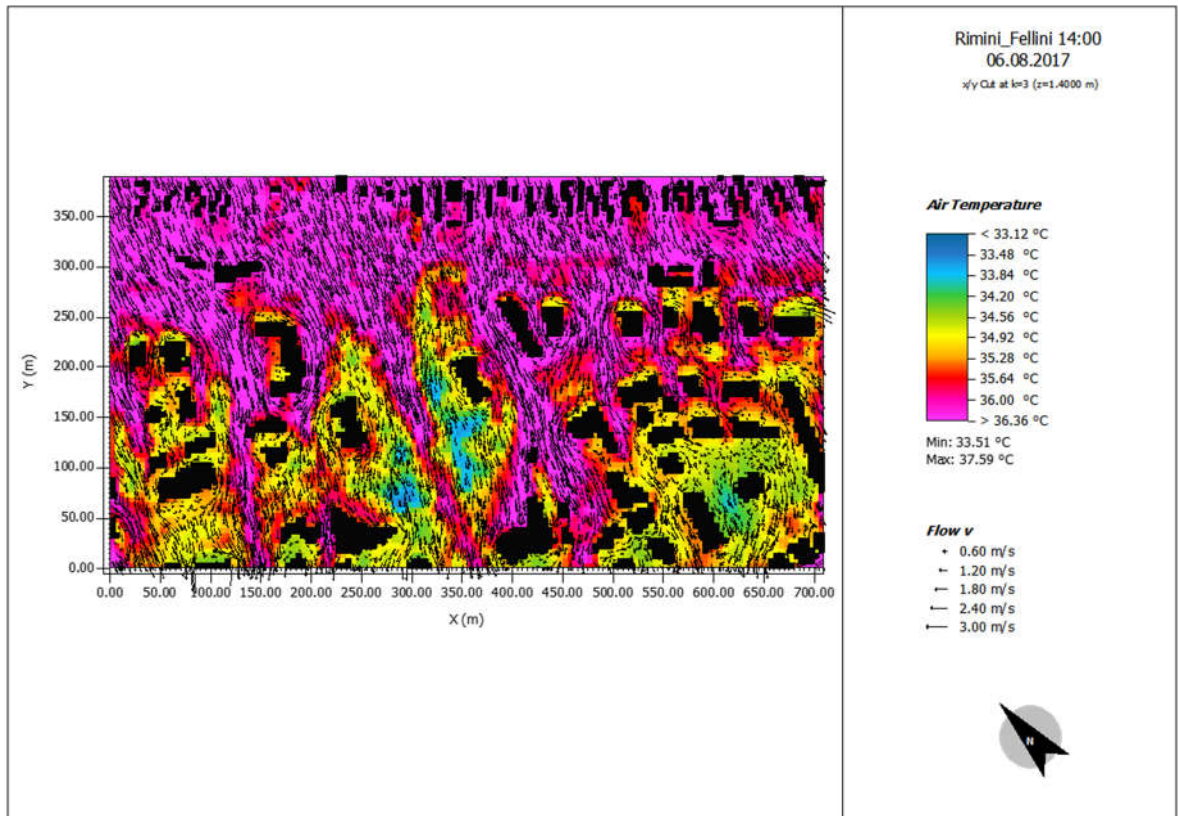


Figura 6: Temperatura dell'aria a 1.5 m di altezza alle ore 14 e campo del vento (intensità data dalla lunghezza delle frecce e direzione dalla direzione delle frecce) delle due aree simulate: Parco Fellini (sopra) e Piazzale Kennedy (sotto).

Umidità Relativa

La distribuzione dell'umidità relativa durante il giorno è riportata in Figura 7 : essa è influenzata dalle condizioni della climatologia locale e dai processi di evapotraspirazione della vegetazione. I valori sono piuttosto bassi e variano dal 19% a circa il 30%. Le mappe mostrano che i valori maggiori sono corrispondenti alle aree con presenza di vegetazione, mentre i valori più bassi sono sul lungomare e sulla spiaggia. Questi sono valori tipici del periodo estivo e l'incremento di vegetazione può andare ad aumentare il valore del flusso evapotraspirativo andando a sottrarre calore in atmosfera.

Temperatura Superficiale

La temperatura superficiale esprime la temperatura con la quale la superficie scambia energia, per irraggiamento, con l'ambiente circostante. E' influenzata dalle proprietà radiative (riflettanza, riflessione, assorbimento e albedo) e dalla emissività dei materiali della superficie che si sta considerando.

In Figura 8 sono riportate le mappe delle due aree e si può notare come vengono superati i 50 °C nelle superfici asfaltate mentre sulla vegetazione e acqua i valori restano tra i 27°C e i 35 °C. Interessante è notare come la temperatura della sabbia sia intorno ai 40°C.

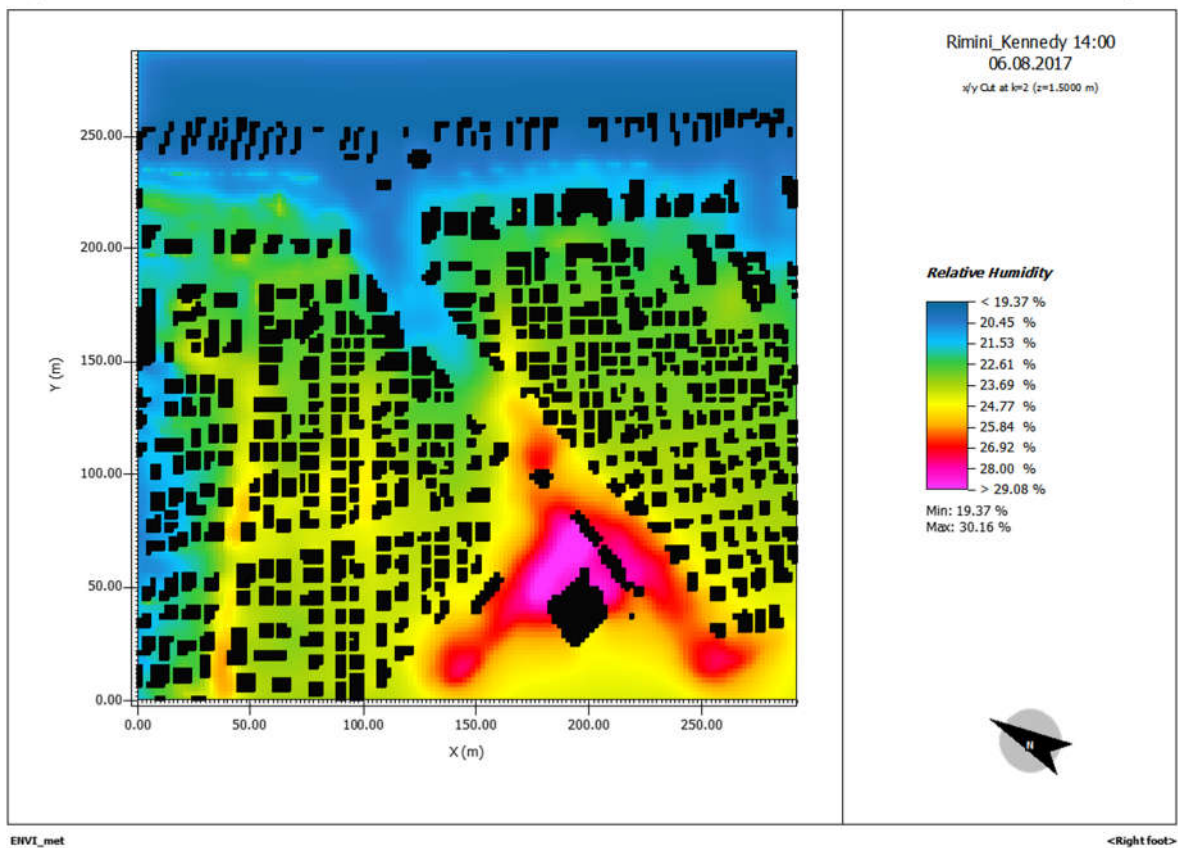
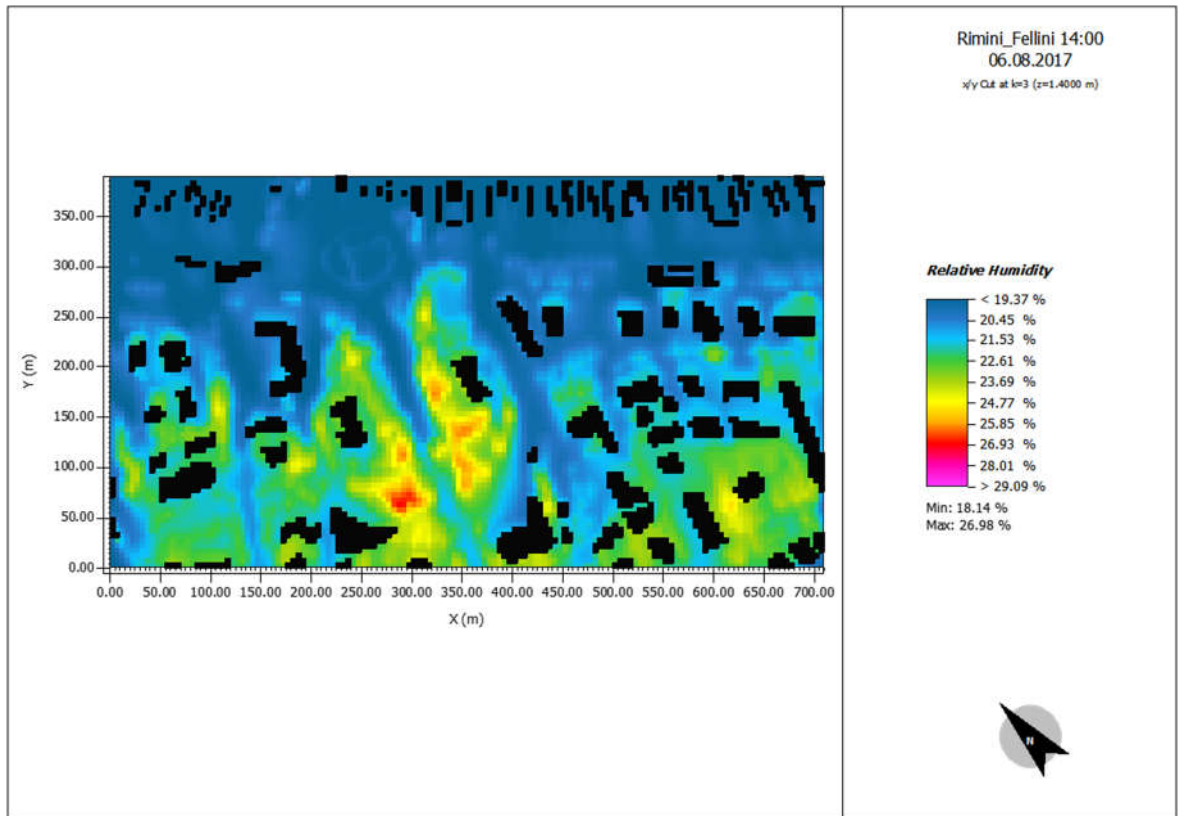


Figura 7: Umidità relativa dell'aria a 1.5 m di altezza alle ore 14 delle due aree simulate: Parco Fellini (sopra) e Piazzale Kennedy (sotto).

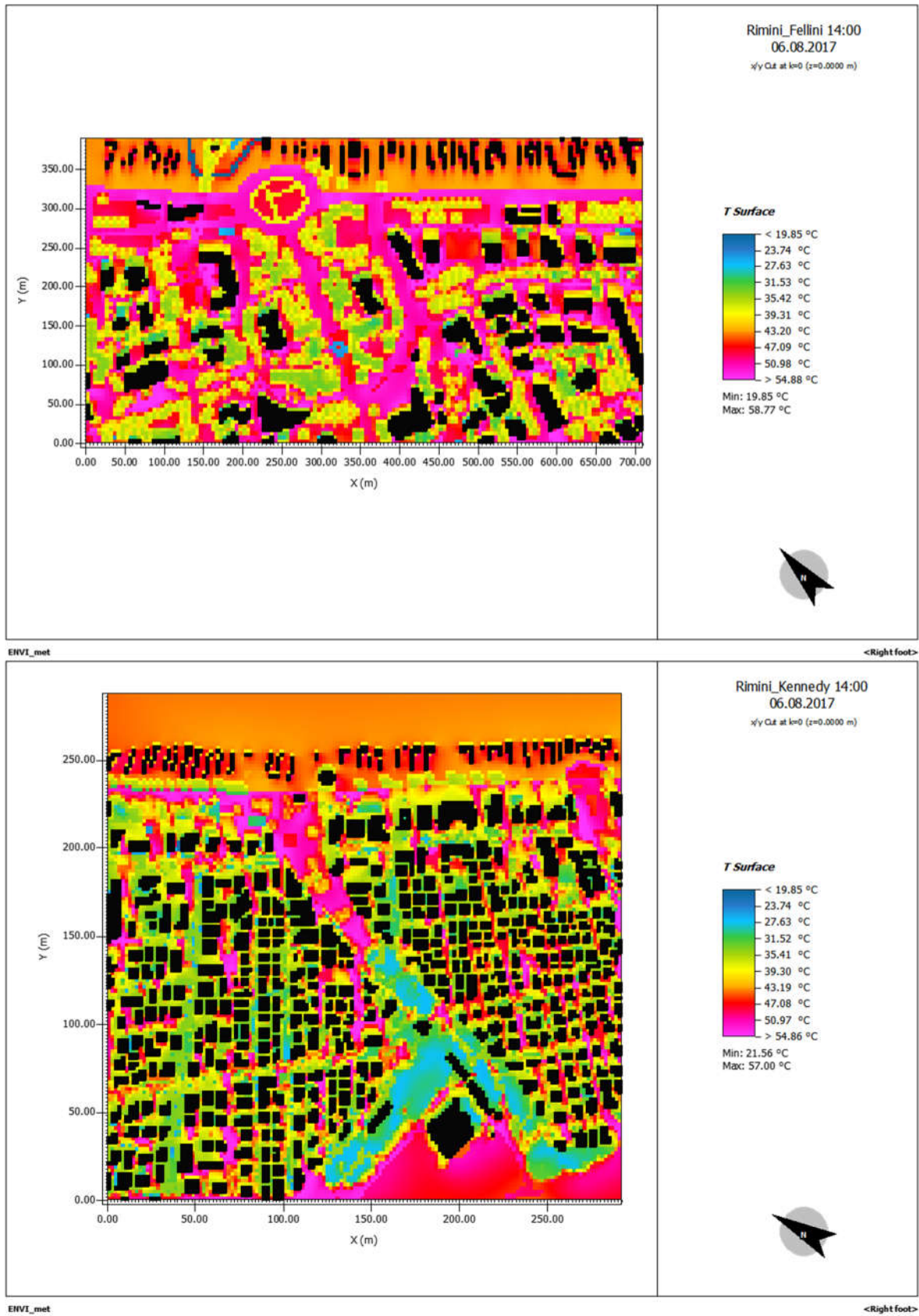


Figura 8: Temperatura superficiale alle ore 14 delle due aree simulate: Parco Fellini (sopra) e Piazzale Kennedy (sotto).

Predicted Mean Vote

L'indice PMV (Predicted Mean Vote) esprime il giudizio sul comfort termico attribuito dai soggetti in una data condizione microclimatica. I valori del PMV variano tra -3 (molto freddo) a +3 (molto caldo) e corrispondono alle percezioni di caldo/freddo dovuti agli scambi energetici per la termoregolazione del corpo umano. Il comfort di benessere si ha tra +0.5 e -0.5. Le mappe riportate in Figura 9 mostrano valori piuttosto elevati a dimostrare l'elevato senso di caldo che si percepisce in questa zona con aree che raggiungono anche il valore 5 soprattutto nell'area di Parco Fellini che risulta essere peggiore rispetto all'area Kennedy.

PET Physiological equivalent temperature

PET (Temperatura fisiologica equivalente) equivale alla temperatura che si avrebbe in un ambiente interno, una stanza, in cui ci fossero le stesse condizioni microclimatiche dell'esterno. Per meglio dire equivale alla temperatura dell'aria alla quale, in un tipico ambiente chiuso (senza vento e radiazione solare diretta), il bilancio di calore del corpo umano è in equilibrio con la stessa temperatura interna e della pelle che avrebbe in un ambiente esterno complesso. Questo indice permette ad una persona ferma di confrontare gli effetti integrali di condizioni termiche complesse dell'esterno con la propria esperienza in ambienti chiusi.

PET physiological effective temperature

PMV	PET (°C)	Thermal perception	Grade of physiological stress
-3.5	4	Very cold	Extreme cold stress
-2.5	8	Cold	Strong cold stress
-1.5	13	Cool	Moderate cold stress
-0.5	18	Slightly cool	Slight cold stress
0.5	23	Comfortable	No thermal stress
1.5	29	Slightly warm	Slight heat stress
2.5	35	Warm	Moderate heat stress
3.5	41	Hot	Strong heat stress
		Very hot	Extreme heat stress

La Figura 10 mostra valori estremamente alti di PET (sopra i 40°C) eccetto che per alcune zone dove la presenza del verde rende l'ambiente più confortevole. L'area del parco Fellini risulta essere peggiore rispetto a piazzale Kennedy a dimostrazione ancora del forte discomfort che si percepisce in questa area.

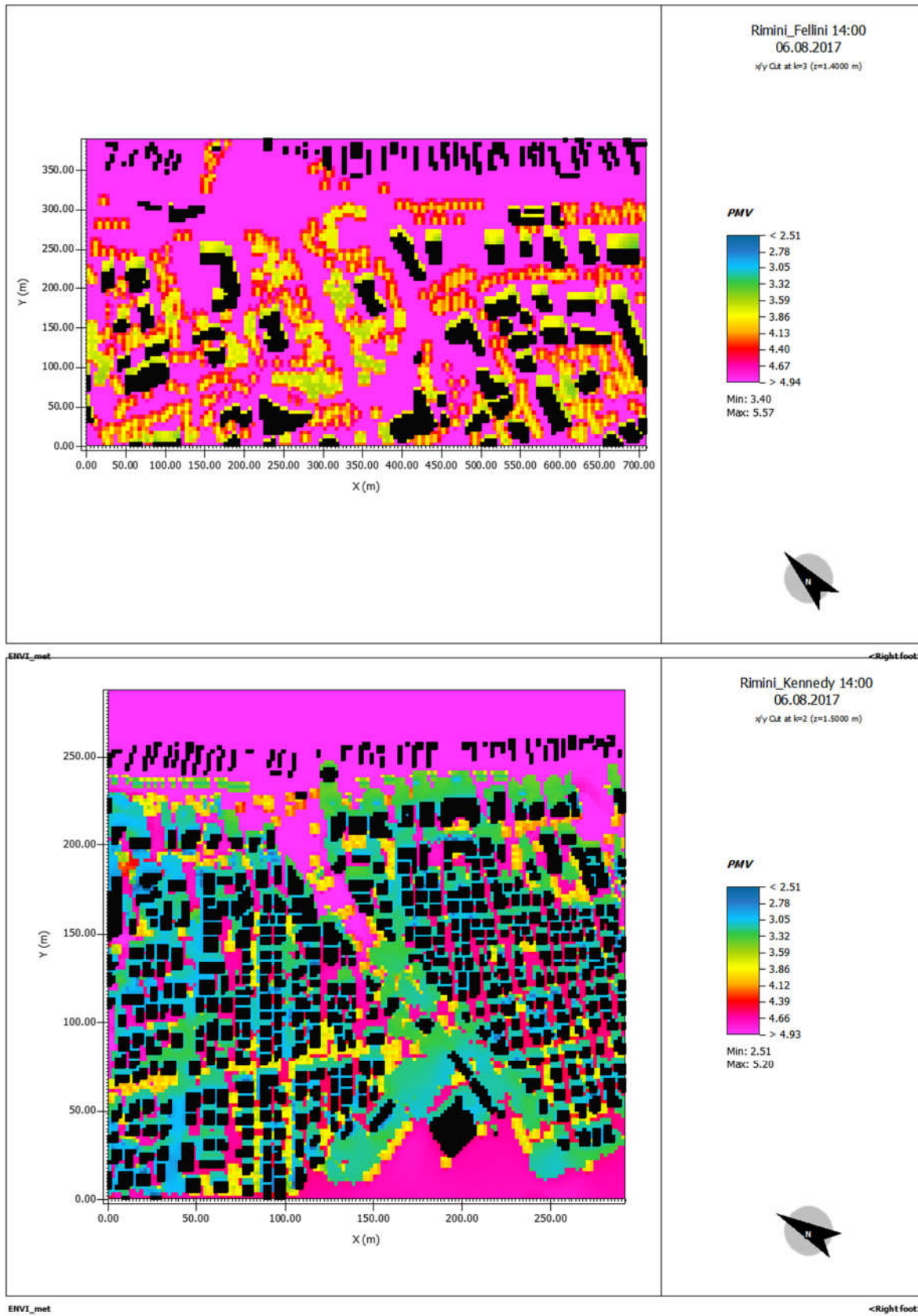


Figura 9: Predicted mean value (PMV) a 1.5 m di altezza alle ore 14 delle due aree simulate: Parco Fellini (sopra) e Piazzale Kennedy (sotto).

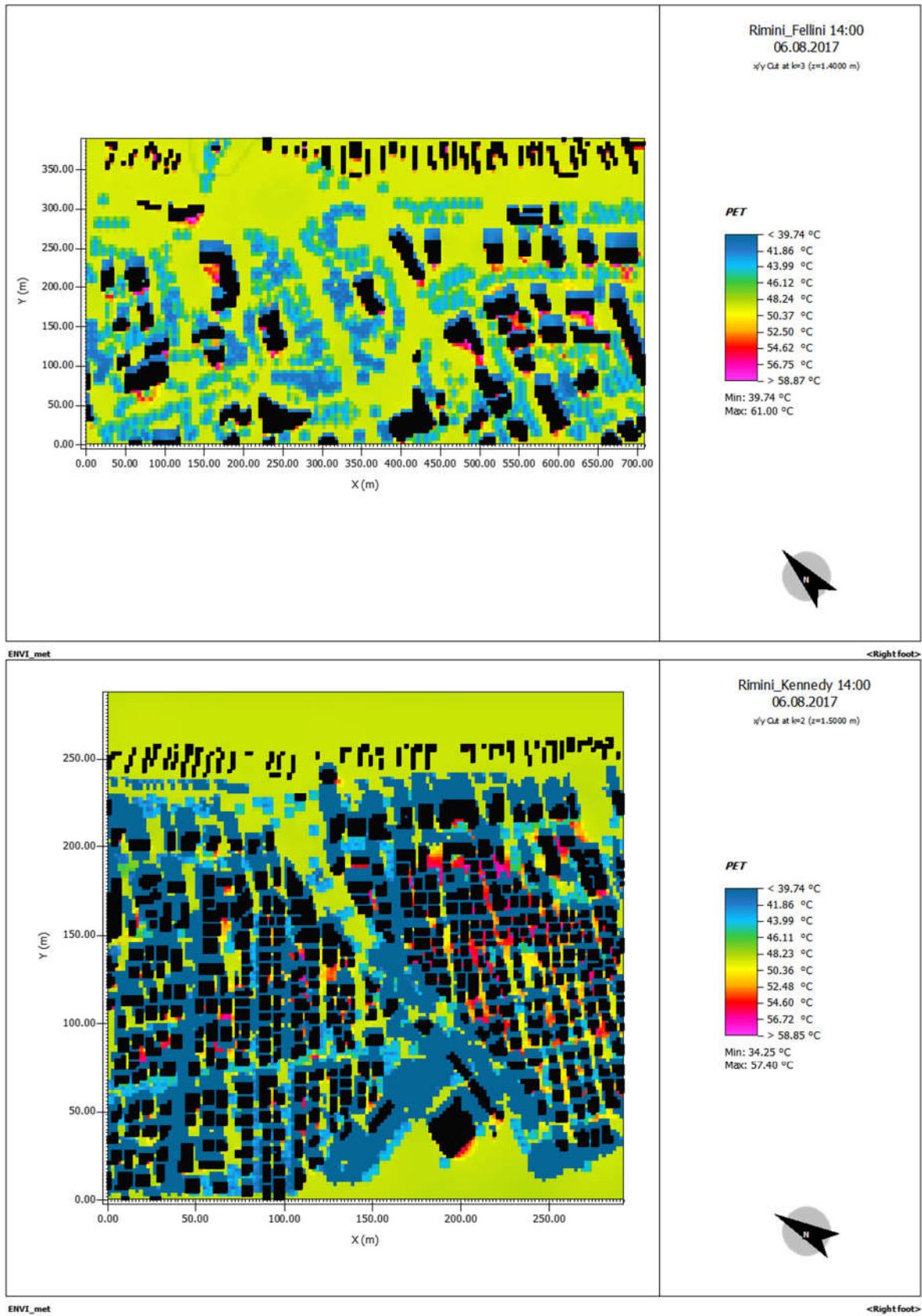


Figura 10: Temperatura Fisiologica Equivalente (PET) a 1.5 m di altezza alle ore 14 delle due aree simulate: Parco Fellini (sopra) e Piazzale Kennedy (sotto).

Benefici della foresta urbana - Servizi Eco-sistemici

Le foreste urbane possono essere definite come reti o sistemi, comprendenti boschi, gruppi di alberi e singoli alberi. Nonostante sia stato dimostrato che uno dei benefici delle foreste urbane è l'impatto sulla qualità dell'aria, spesso le foreste urbane vengono apprezzate più per la loro valenza estetica che per altro.

Dal clima alla diminuzione dello stress, sono molti gli effetti positivi che un'area boschiva urbana può avere (Figura 11). L'effetto principale si ha sulla temperatura e sul clima. Una città con più alberi può ridurre l'effetto "isola di calore" – dovuto solitamente alle varie superfici impermeabilizzate presenti in una città che immagazzinano calore durante il giorno e lo riemettono durante la notte – abbassando nei mesi estivi la temperatura anche di 8°C.



Figura 11: Effetti della foresta urbana sulla vita e l'ambiente delle città.

Un altro effetto dovuto alla presenza di alberi è l'assorbimento della CO₂ atmosferica. Grazie al processo della fotosintesi, infatti, gli alberi assorbono CO₂ e successivamente la reimmettono sotto forma di ossigeno in atmosfera. Un albero può arrivare ad assorbire fino a 150 kg di CO₂ all'anno, contribuendo fortemente a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici. In secondo luogo sulla sicurezza del suolo. Un terreno con radici è molto più resistente di un suolo cementificato, e previene fenomeni come l'erosione. Abbiamo poi i contributi dati alla salute. Sempre grazie al processo di fotosintesi, una pianta può contribuire fortemente al miglioramento dell'aria urbana, filtrando l'inquinamento atmosferico. C'è poi l'economia. Gli spazi verdi possono generare nuove opportunità per la produzione di cibo e di legname. Inoltre, a livello immobiliare, una casa circondata dal verde può aumentare il suo valore fino al 30%. E che dire del possibile risparmio energetico? Se posizionati nelle vicinanze degli edifici, gli alberi possono ridurre la necessità di

utilizzo dei condizionatori d'aria permettendo in questo modo di risparmiare dal 20 al 50% di energia. Infine il valore culturale. Gli spazi verdi sono spesso infatti luoghi di aggregazione per eventi sociali o religiosi, ma anche posti dove potersi rilassare e fare sport.

La foresta urbana della città di Rimini, grazie alla presenza di un completo e aggiornato Database del verde pubblico fornito da Anthea (<https://www.anthearimini.it/>) è stata analizzata attraverso il software i-Tree.

I-Tree – foresta urbana di Rimini

I-Tree è una suite di software che è stata revisionata e approvata dall' USDA Forest Service (Servizio Forestale del Dipartimento di agricoltura degli Stati Uniti). I-Tree fornisce strumenti di valutazione, di analisi e di benefici della foresta urbana. I vari strumenti di questo software aiutano le comunità a rafforzare la gestione e la difesa delle foreste urbane quantificando i servizi ambientali che gli alberi forniscono e la struttura della foresta urbana.

I gestori del verde urbano (in termini di FORESTA URBANA) riescono tramite questo strumento a quantificare il valore in denaro dei benefici ambientali ed estetici annuali dei vari alberi presenti nella città:

il risparmio energetico;

Il miglioramento della qualità dell'aria;

la riduzione della CO₂;

il controllo delle acque piovane;

aumentare del valore dei beni immobili.

Si tratta di un programma facile da usare, che permette a qualsiasi Comune di condurre e analizzare una serie di alberi presenti sulle strade. I dati di base possono essere utilizzati per gestire in modo efficace le risorse, sviluppare la politica e stabilire le priorità.

L'analisi è stata effettuata per tutta la città di Rimini, e qui riportiamo le mappe relative alle zone di studio del progetto Parco del Mare ovvero parco Fellini e piazzale Kennedy.

Le aree con presenza di alberi sono state suddivise in zone e il modello I-TREE consente di ottenere i risultati con sia i valori per i singoli alberi, per la singola zona e per l'intera area simulata.

Il primo risultato presenta il contributo della foresta urbana verso il risparmio energetico in termini di riduzione dell'uso di gas naturale in inverno (misurato in Giga Joule) e la riduzione del consumo di energia elettrica per l'aria condizionata in estate (Figura 12): l'analisi è fatta a zone e si può notare come in questa area le zone sono fino a circa 300 GJ di energia elettrica risparmiata per anno per zona. Il lungomare presenta valori più bassi.

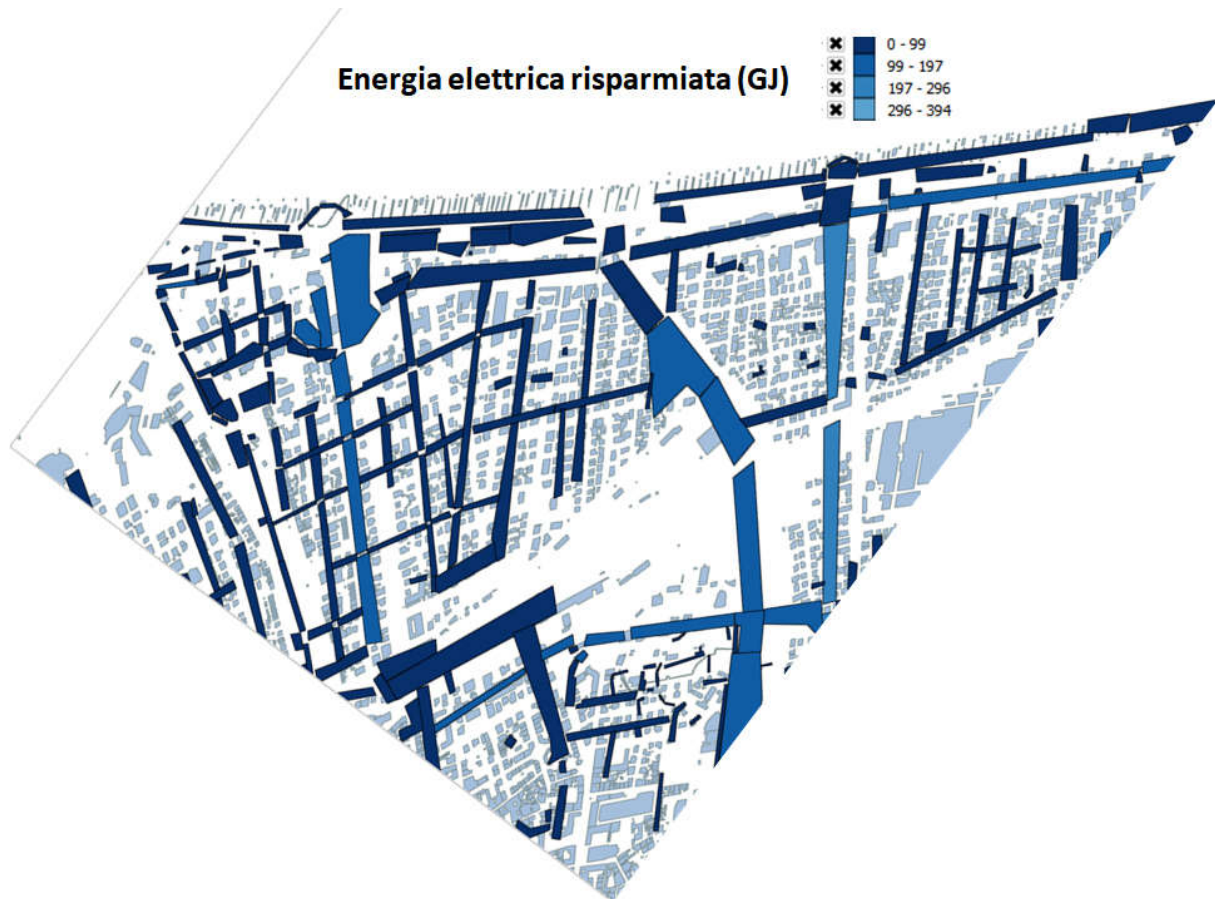


Figura 12: valori dell'energia elettrica in GJ risparmiata per anno nelle varie zone con presenza di alberi per l'area di analisi del progetto Parco del Mare.

I-TREE riesce a stimare la riduzione annuale di CO₂ atmosferica grazie al sequestro da parte degli alberi e una riduzione delle emissioni dalle centrali elettriche a causa del consumo di energia ridotto (in libbre o chilogrammi). Il modello tiene conto della CO₂ rilasciata se un albero muore e si decompone oppure quella emessa durante la manutenzione.

La quantità di CO₂ immagazzinata dalle piante e quella al netto della respirazione sono riportate in figura 13 e 14: per l'area considerata si hanno zone fino a 500 tonnellate di CO₂ immagazzinata nei vari organi delle piante e zone fino a 150 tonnellate di CO₂ al netto della respirazione notturna che è il valore che viene sottratto al gas serra presente in atmosfera.

Il valore totale è dato dalla somma di tutte le zone come vedremo in seguito.

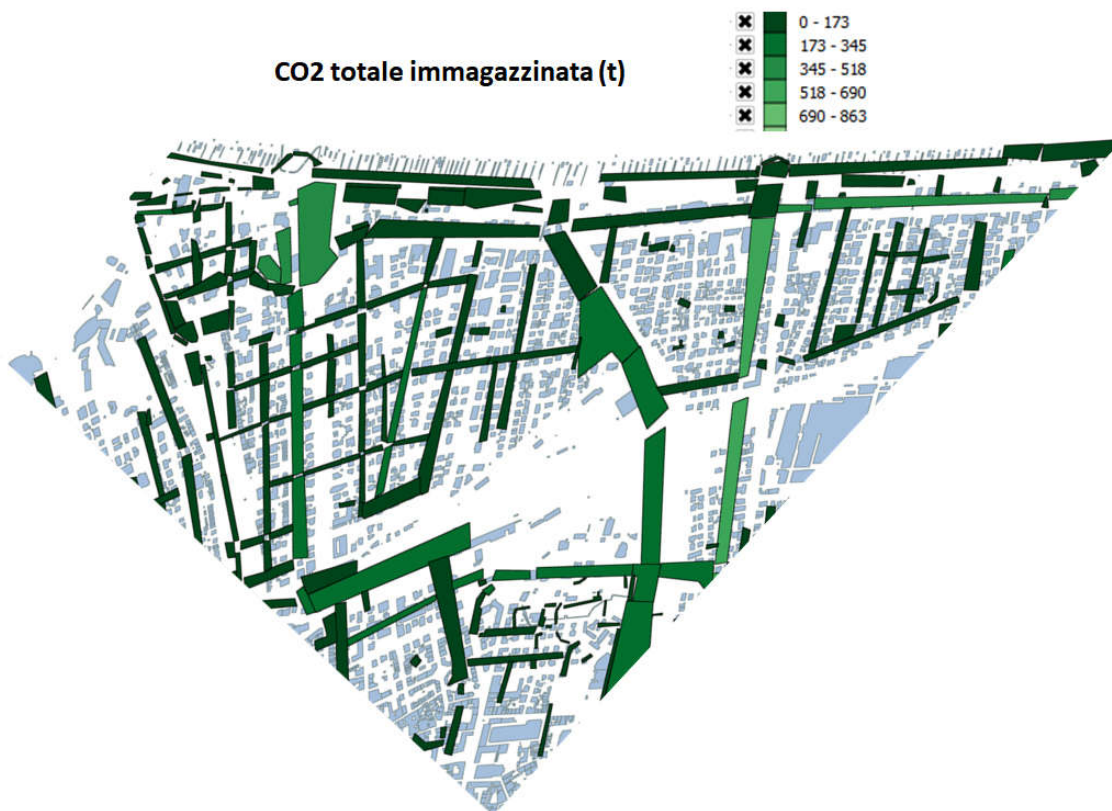


Figura 13: valori della CO2 immagazzinata in tonnellate per anno nelle varie zone con presenza di alberi per l'area di analisi del progetto Parco del Mare.

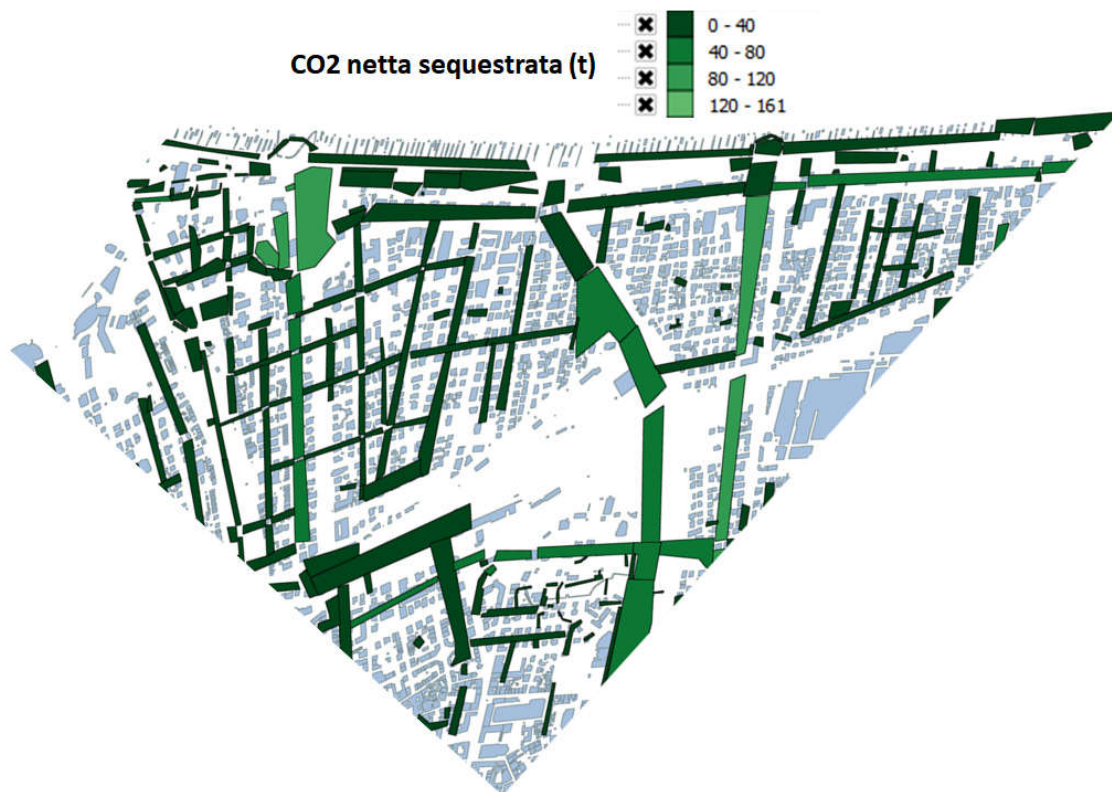


Figura 14: valori della CO2 al netto della respirazione in tonnellate per anno nelle varie zone con presenza di alberi per l'area di analisi del progetto Parco del Mare.

La presenza della foresta urbana porta benefici anche sulle riduzioni di deflusso delle acque piovane grazie all'intercettazione delle precipitazioni effettuata dagli alberi.

Il risultato del modello per la zona considerata è riportato in Figura 15 dove si arriva a zone con una riduzione di 3500 m³ di pioggia intercettata per anno.

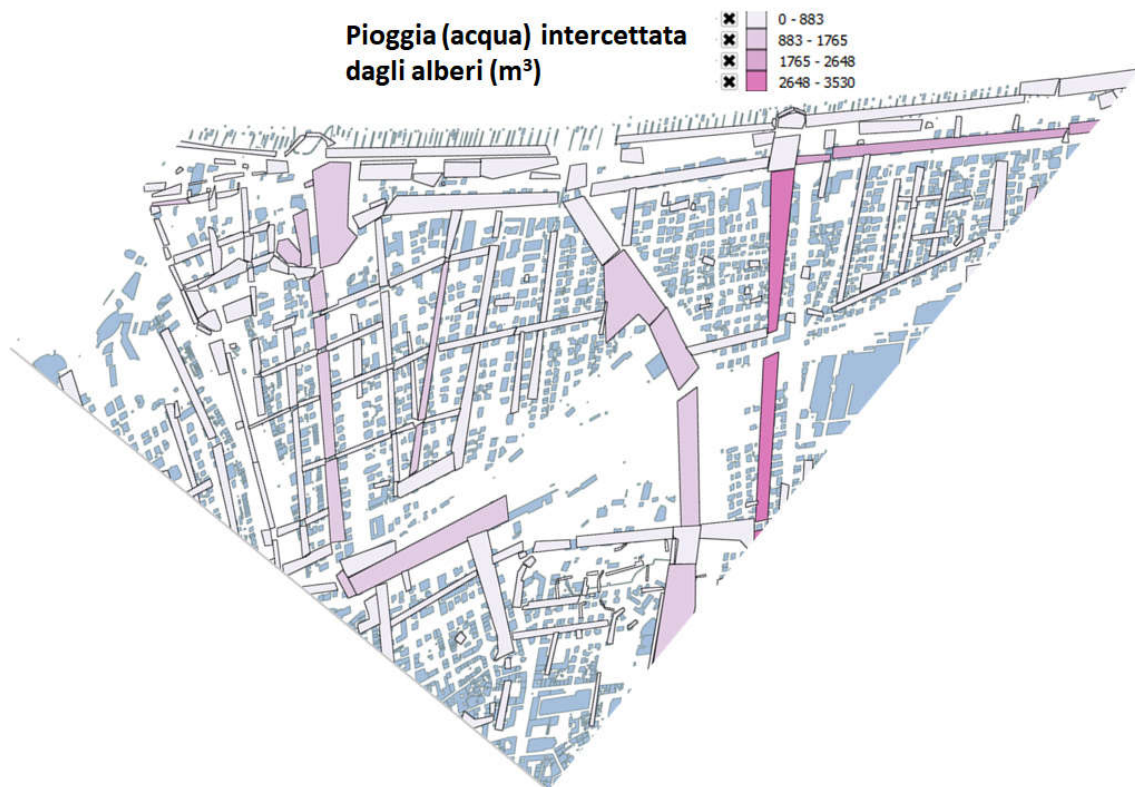


Figura 15: valori di pioggia intercettata per anno nelle varie zone con presenza di alberi per l'area di analisi del progetto Parco del Mare.

Infine il modello dà la stima della concentrazione degli inquinanti (O_3 , NO_2 , SO_2 , PM_{10}) depositati sulle superfici degli alberi e la riduzione delle emissioni dalle centrali elettriche dovute al consumo di energia elettrica ridotta (misurato in libbre o chilogrammi). Sono riportati anche i potenziali effetti negativi di alberi sulla qualità dell'aria a causa delle emissioni di BVOC.

Viene qui riportata in Figura 16 solo la mappa dei PM_{10} ma vedremo dopo il contributo totale su tutti gli inquinanti.

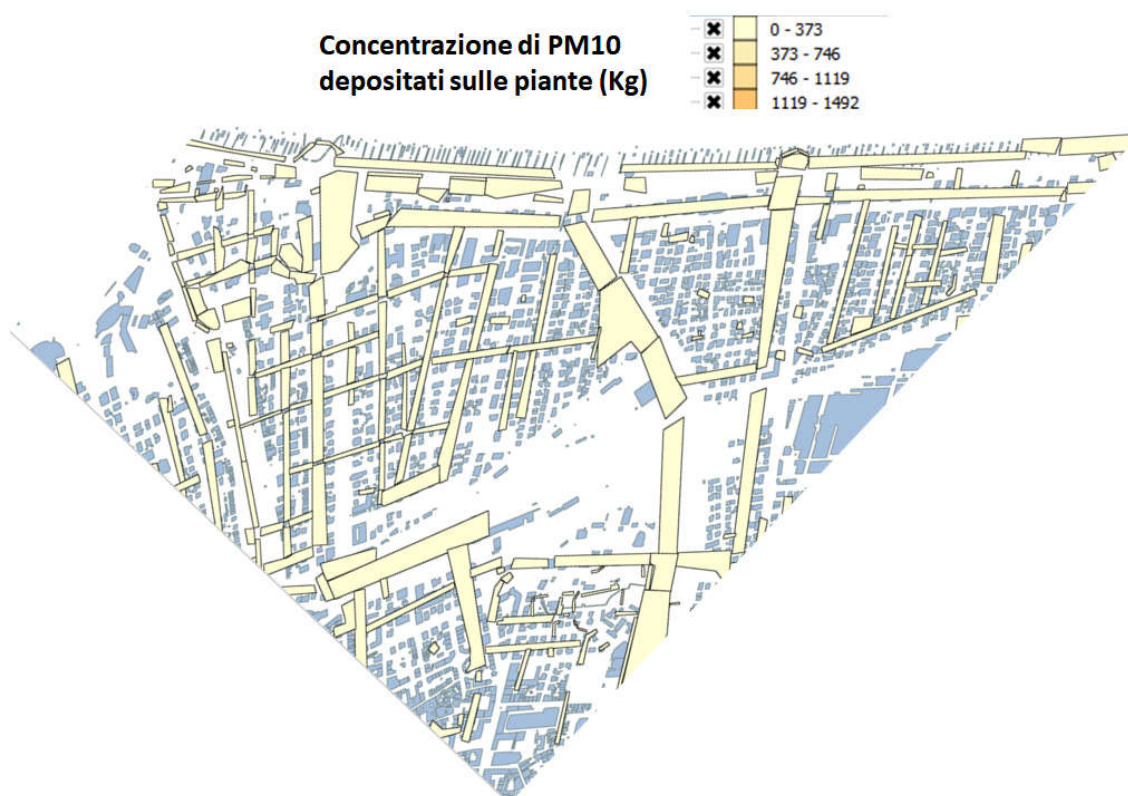


Figura 16: valori di concentrazione di PM₁₀ depositata per anno nelle varie zone con presenza di alberi per l'area di analisi del progetto Parco del Mare.

L'effetto totale di tutta la foresta urbana nel comune di Rimini può essere riassunto dalla Figura 17 dove sono riportati il numero di alberi totali presenti nel Database del Comune, la percentuale delle cinque specie prevalenti e i totali annuali di energia risparmiata in GJ, CO₂ sottratta all'atmosfera in tonnellate, acque piovane che non hanno raggiunto le reti di raccolta in m³ e il totale dei Kg di inquinanti che si sono depositati sulle superfici degli alberi.

Il modello I-TREE permette poi, avendo a disposizione i costi di manutenzione e gestione del verde pubblico, di avere i valori di risparmio economici dovuti alla presenza della foresta urbana.

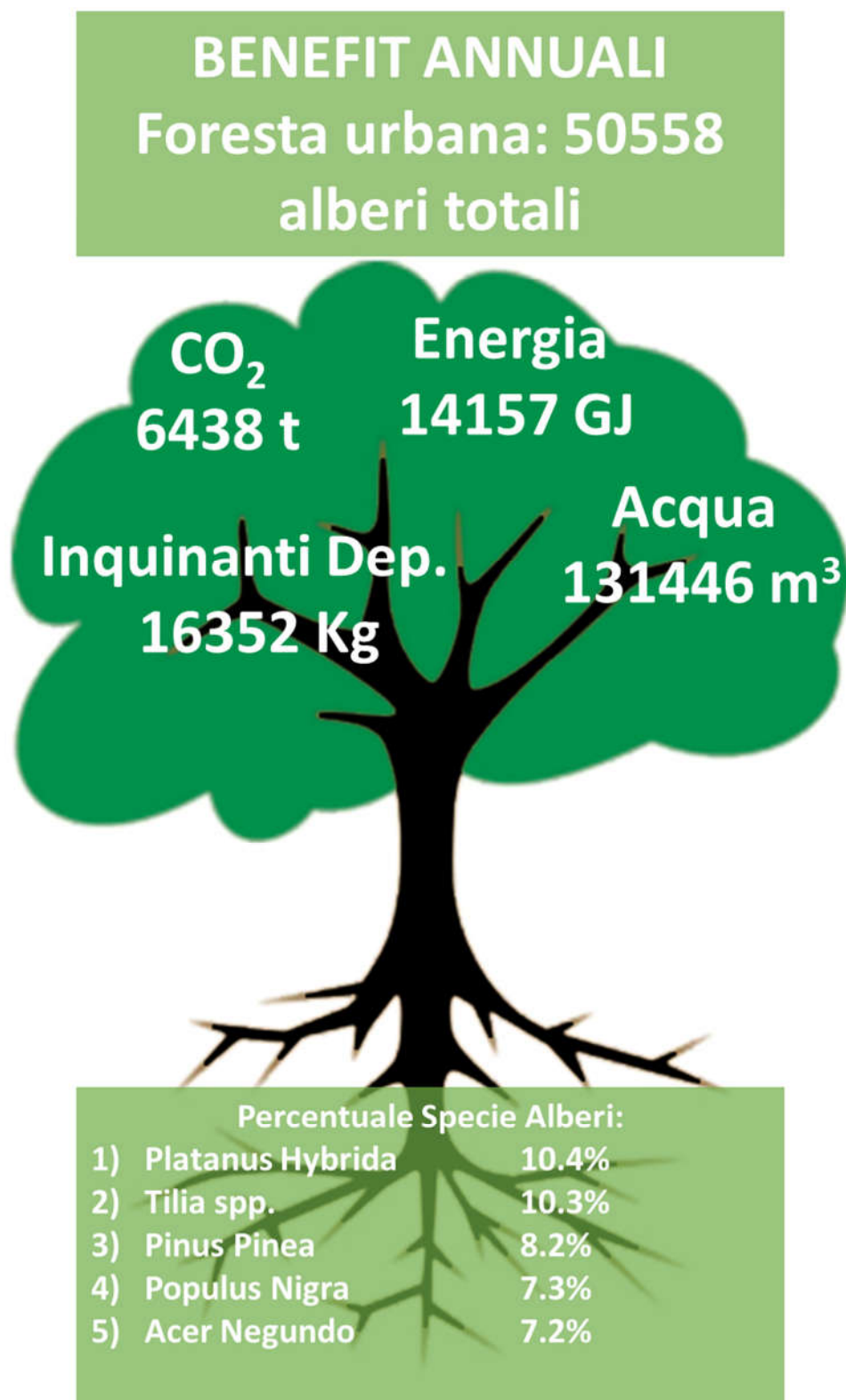


Figura 17: numero di alberi totali presenti nel Database del Comune, percentuale delle cinque specie prevalenti e i totali annuali di energia risparmiata, CO₂ sottratta all'atmosfera, acque piovane che non hanno raggiunto le reti di raccolta e il totale dei Kg di inquinanti che si sono depositati.

EVENTI ESTREMI

Precipitazioni estreme

I dati sulle precipitazioni di intensità estrema sono stati scaricati dal sito dell'ARPAE, in particolare dagli annali idrologici

(https://www.arpae.it/documenti.asp?parolachiave=sim_annali&cerca=si&idlivello=64).

Il periodo analizzato va dal 2008 al 2016, poiché nel sito i dati disponibili coprivano questo lasso di tempo.

La precipitazione uguale o superiore a 70 mm viene definita **nubifragio**, mentre la precipitazione uguale o superiore a 90 mm viene definita **evento estremo** (P. Randi). Sono state prese in esame queste due tipologie di precipitazione, considerando un intervallo di tempo di precipitazione da 1 a 3 ore, ottenendo la seguente Figura 18.

DATA	INTENSITA' (mm)	TIPOLOGIA
15/07/2016	70,8	nubifragio
24/06/13	88,4	nubifragio
11/11/12	86,6	nubifragio
14/05/10	75,4	nubifragio

Figura 18: Precipitazioni di intensità estrema dal 2008 al 2016.

Ondate di calore

Vengono considerate ondate di calore estreme quelle maggiori o uguali a 30° C per almeno 3 giorni consecutivi, anche se non esiste allo stato attuale una definizione approvata del WMO.

I dati utilizzati nel presente studio sono stati presi dal sito dell'ARPAE (https://www.arpae.it/dettaglio_documento.asp?id=6147&idlivello=1528), e il periodo di tempo considerato va dal 2005 al 2015.

Nella figura 19 è stata riportata in una colonna a parte il periodo di durata dell'ondata di calore quando superiore ai 3 giorni, in quanto significativa dal punto di vista del benessere dell'individuo e dello stress idrico a livello territoriale. Di tale tabella se ne riporta solo una parte esemplificativa in quanto non è possibile riportare quella integrale causa l'estensione.

Periodo	Temperatura max estrema	Durata dell'onda di calore
27/05/2005	32,1	
28/05/2005	32,6	
29/05/2005	32,1	3+2 giorni
16/06/2005	30,1	
17/06/2005	30,1	
18/06/2005	33	
21/06/2005	31,1	
22/06/2005	32,6	
23/06/2005	35,4	3+12 giorni
14/07/2005	32,6	
15/07/2005	34,3	
16/07/2005	34,7	3+9 giorni
24/07/2005	31	
25/07/2005	32,9	
26/07/2005	33,1	3+7 giorni
30/08/2005	30,2	
31/08/2005	30,6	
01/09/2005	31,3	3+2 giorni

Figura 19. Ondate di calore estreme nell'anno 2005.

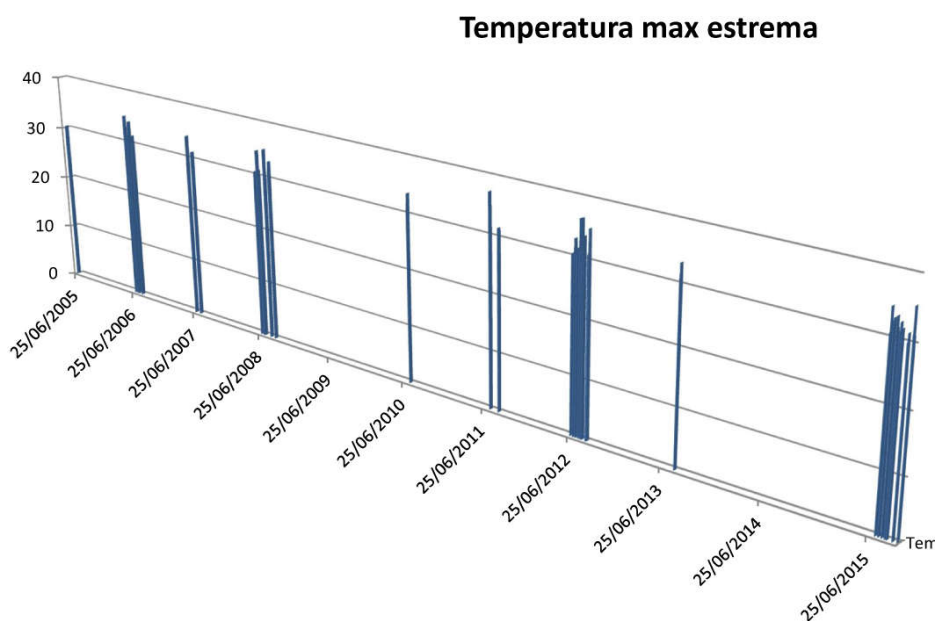


Figura 20. Grafico delle ondate di calore estreme dal 2005 al 2015.

Negli anni 2009 e 2015 non si sono verificate ondate di calore. La temperatura massima rilevata è stata a luglio 2011, primo giorno di un'ondata di calore durata 3 giorni. A luglio 2006 si è verificata l'ondata di calore più lunga, durata 16 giorni (Figura 20).

POSSIBILI SOLUZIONI PER RISPONDERE AGLI EVENTI CLIMATICI ESTREMI E CONTRIBUIRE AL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELLA VITA E DEL BENESSERE NELLA CITTÀ

Ad oggi gli eventi climatici estremi (dalle precipitazioni di forte intensità e breve durata alle ondate di calore nei centri cittadini) e l'aumento del territorio urbanizzato (cioè l'aumento di superficie impermeabile rispetto a quella permeabile) sono elementi che tendenzialmente generano situazioni di forte stress nelle città e negli individui che la abitano.

Di seguito si riporteranno alcuni esempi di soluzioni realizzate in Europa in risposta a tali situazioni, riportando anche una "nuova lettura" emersa in particolare da due contributi tecnico/scientifici di cui si ritiene importante la divulgazione, in quanto forniscono un approccio olistico al processo progettuale nell'ambito di una progettazione urbana integrata che tiene conto di tutte le componenti fondamentali per uno sviluppo sostenibile del territorio.

Il primo contributo è la guida **Blue Green Solutions – A System Approach to Sustainable, Resilient and Cost-Efficient Urban Development**, finanziata da Climate-KIC ed esito del progetto *Blue Green Dream*, Climate-KIC Innovation, che sarà di seguito nominata **BGS**.

Il secondo contributo è il report **EKLIPSE – An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solution projects – An EKLIPSE Expert Working Group Report – H2020, European Union Funding For Research & Innovation – Grant agreement 690474**, che di seguito sarà nominato **Eclipse**.

Entrambi gli studi ragionano a tutte le scale sia da un punto di vista eco-sistemico che urbanistico: macro - livello globale e del bioma, che dal punto di vista urbanistico corrisponde al livello internazionale; meso - livello paesaggistico/eco-sistemico, che dal punto di vista urbanistico corrisponde al livello regionale / di area metropolitana / urbano; micro - livello che dall'ecosistema va ai singoli organismi, e dal punto di vista urbanistico corrisponde al livello del quartiere, della strada e del singolo edificio (distinzione delle scale tratta da Eclipse, p.4).

Le soluzioni attuate dagli anni '90 ad oggi quali per esempio tetti verdi, rain garden (i giardini della pioggia), swales (i fossi artificiali con a valle un terrapieno su cui vengono piantati alberi e arbusti per trattenere le acque) sono fra le più diffuse per trattenere l'acqua in seguito a precipitazioni estreme e sono conosciute come **Sustainable Urban Drainage System – SUDS**. Tali soluzioni fanno parte delle **Nature Based Solutions** (che di seguito saranno dette **NBS**), definite nel Report di Eclipse come "*solutions to societal challenges that are inspired and supported by nature*". Tuttavia il concetto di SUDS è stato superato e approfondito nell'ambito del Progetto Blue Green Dream – BGS (primo contributo su nominato) arrivando al concetto di **Water Sensitive Urban Design – WSUD** – che fa assumere alle NBS un ruolo molto importante non solo per mitigare i problemi legati all'acqua ma anche altre problematiche che riguardano lo sviluppo della città quali per esempio l'isola di calore urbana e l'inquinamento atmosferico (BGS, p.9).

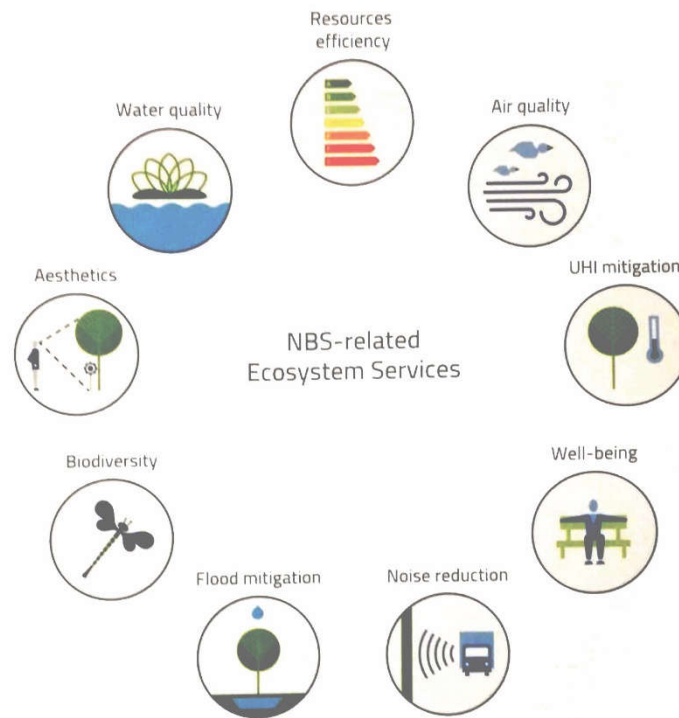


Figura 21: NBS-related ecosystem services

Un esempio NBS pensato come SUDS (ma che di fatto è anche WSUD) alla microscala è il quartiere di Augustenborg a Malmö, in Svezia. La necessità primaria era porre rimedio alle frequenti inondazioni, generando una soluzione che andasse a integrarsi alla struttura fisica e sociale del quartiere, riorganizzandola anche nella gestione dei rifiuti, degli spazi pubblici. Infatti il quartiere veniva regolarmente inondato a causa di un sottodimensionamento del sistema di evacuazione delle acque e di una eccessiva impermeabilizzazione del suolo. È stata operata un'analisi tenendo presente che il sistema di drenaggio sostenibile delle acque (*Sustainable Urban Drainage Systems - SUDS*) doveva collocarsi negli spazi del quartiere senza interferire con la rete elettrica, dell'acqua, del riscaldamento, delle infrastrutture e delle destinazioni già esistenti (per esempio la scuola elementare); l'accesso ai veicoli di emergenza andava mantenuto; i residenti hanno sottolineato l'inadeguatezza degli spazi verdi, e che alcuni alberi necessitavano di abbattimento; inoltre gli edifici non dovevano essere danneggiati dal sistema di drenaggio delle acque; sicurezza e salute dovevano essere garantite, soprattutto in quelle aree più sensibili quali le scuole elementari; per la maggior parte dei residenti l'estetica del sistema e di tutti gli interventi in *progress* era importante quasi più della loro funzione.



Figura 23: tratta da: **Blue Green Solutions – A System Approach to Sustainable, Resilient and Cost-Efficient Urban Development**. Si noti che tale esempio è stato analizzato da BGS evidenziando gli eco-services generati con le NBS attuate.

Secondo il team di Blue Green Solution *“integrating nature into urban development offers vital restorative potential and can deliver attractive world class urban environments”*. Quindi progettare integrando le NBS alle componenti urbane (quali strade, pavimentazioni, infrastrutture, etc..) fa emergere una caratteristica particolare delle NBS, la multifunzionalità (figura 24).

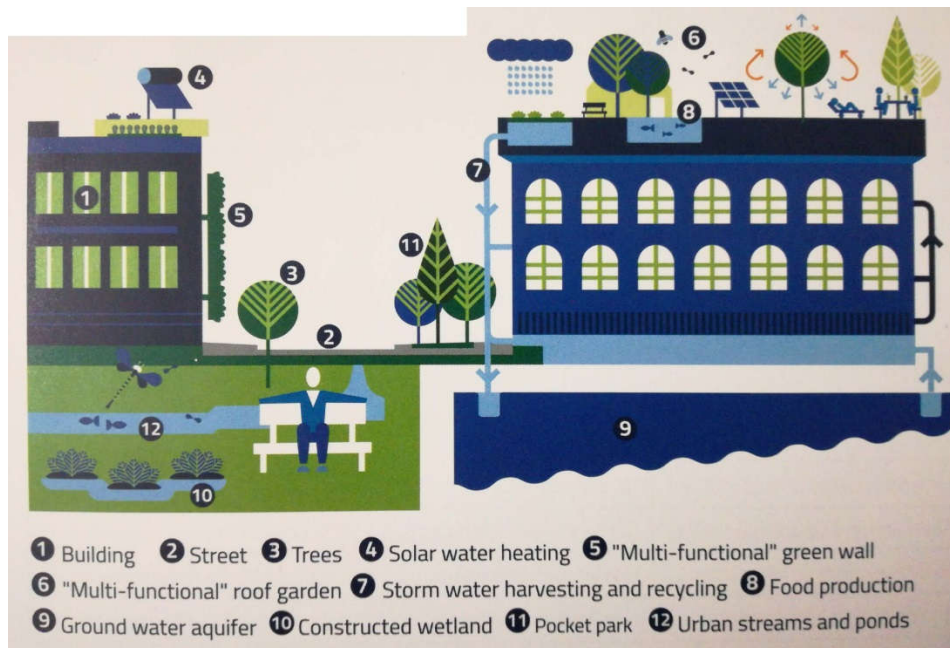


Figura 24: Le componenti urbane - tratta da: **Blue Green Solutions – A System Approach to Sustainable, Resilient and Cost-Efficient Urban Development**

I servizi ecosistemici che vengono generati sono sia tangibili (per esempio la riduzione del rischio di allagamento) che intangibili (per esempio il benessere psicofisico che genera negli individui, con impatto positivo a livello sociale), oltre a essere soluzioni ottimizzate rispetto al luogo anche da un punto di vista economico e di efficienza delle risorse. Inoltre tale approccio olistico è applicabile a qualsiasi scala urbana, da quella dell'edificio a quella dell'intera città e a qualsiasi area climatica.

Nel BGS System Approach il processo progettuale coinvolge fin dall'inizio tutte le figure disciplinari utili a rispondere a tutte le necessità del luogo coordinandosi fra loro e coinvolgendo gli stakeholder nel rispettivo grado di interesse e responsabilità. Vengono definiti le problematiche a cui rispondere e gli obiettivi comuni; si identificano le sinergie fra le componenti urbane che offrono maggiori benefici rispetto alle possibili soluzioni NBS integrate adottabili in funzione del luogo; si dettagliano maggiormente i requisiti specifici per ogni stakeholder coinvolto identificando specificatamente idee e soluzioni condivise. Il fulcro di questa metodologia di pianificazione integrata è la possibilità di avere sotto controllo la quantificazione di interazioni fra le discipline e le componenti urbane e la comprensione dei loro effetti sulle soluzioni progettuali soprattutto in termini qualitativi e di life-cycle cost. Gli strumenti utili alla progettazione sono quindi: La matrice delle interazioni, i costi dipendenti dalla matrice e la matrice di resilienza climatica. Quest'ultima vede l'applicazione di tutti quegli scenari che risultano migliorativi sia dal punto di vista climatico che sotto il profilo dei costi.



Figura 25: Esempio di BG synergies e i loro benefici - tratta da: **Blue Green Solutions**, p.25

Le soluzioni ottimali saranno accettate se offriranno il minor costo da punto di vista del ciclo di vita del sistema e il massimo livello di efficienza delle risorse, della resilienza oltre a un miglioramento della qualità della vita da un punto di vista ambientale e sociale (figura 25).

Il BGS team ha anche cercato soluzioni che garantiscano la resilienza del luogo in risposta agli eventi climatici estremi. L'approccio da loro ipotizzato è denominato **A2R climate resilience approach**, cioè Anticipate, Absorb, Reshape. Questo processo identifica delle appropriate misure di resilienza e le integra con le misure sostenibili già identificate per l'area oggetto di intervento. In questo modo massimizzano al massimo l'efficienza delle risorse e minimizzano i costi (**Blue Green Solutions – A System Approach to Sustainable, Resilient and Cost-Efficient Urban Development**, p. 27).

Un caso studio dove è stato applicato il BG System Approach è il Zagreb University Campus, con lo scopo di restituire un masterplan migliorativo di un ex pista di atterraggio militare in mezzo alla foresta trasformare in Campus universitario. Le parole chiave del progetto erano sostenibilità, qualità ambientale e ottimizzazione delle risorse. È stata applicata la Interaction Matrix per un'analisi totale dell'area e delle tematiche di cui portare le soluzioni. Da questa sono emerse interazioni sinergiche che garantivano un life cycle cost efficace per il campus: in particolare l'integrazione dell'acqua di falda, uno stoccaggio sotterraneo di energia e la vegetazione appositamente pianificata hanno dimostrato un potenziale significativo (figura 26). Posizionando gli alberi caducifoglia a foglia larga in linea coi venti estivi si è garantito il raffrescamento agli edifici, inoltre le facciate esposte a sud sono state protette dalla radiazione solare estiva attraverso le fronde degli alberi. Queste, cadendo in autunno, hanno permesso la captazione della radiazione solare in inverno. Seguendo la medesima linea di pensiero, sulla linea dei venti dominanti invernali sono stati posizionati alberi sempreverdi, per schermare gli edifici. L'approvvigionamento energetico è stato garantito dalla presenza di un impianto fotovoltaico. L'accumulo di energia sotterranea e l'acqua di falda sono combinati con il sistema di raccolta dell'energia solare per creare un impianto di produzione di energia naturale pensato appositamente per il sito.

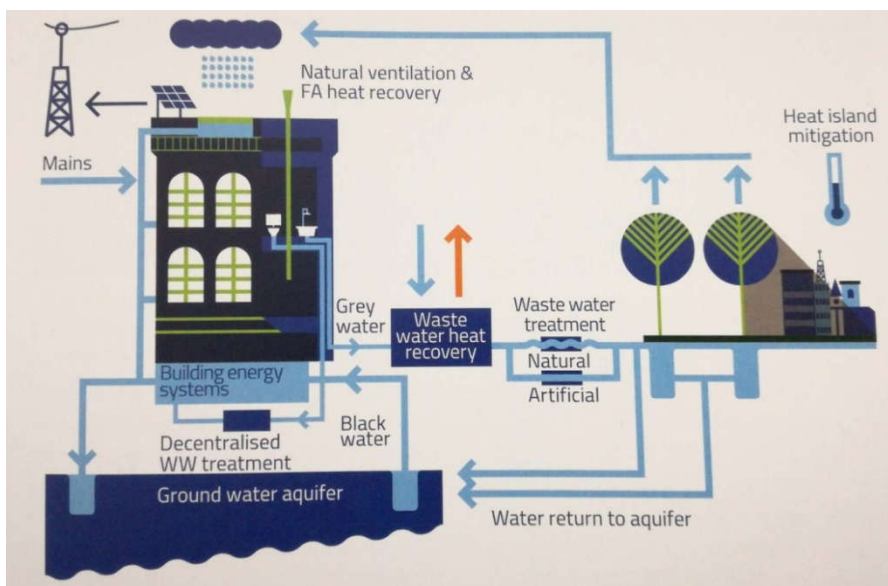


Figura 26: Multi purpose water use and reuse and its interactions with localized energy production and recovery, and vegetation - tratta da: **Blue Green Solutions**, p.31

I risultati sono un campus autonomo dal punto di vista energetico con energia prodotta a km zero. La posizione e la selezione degli alberi in base ai venti e al sole ha garantito una temperatura indoor estiva di 4°C più bassa e una temperatura indoor invernale di 6°C più alta, rispetto a uno scenario con zero alberi. Da un'analisi sui tempi di ammortamento dell'investimento fatto risulta di 4,8 anni.

Risulta chiaro che l'effetto delle NBS può variare in base alle caratteristiche delle soluzioni adottate e al contesto dove vengono applicate, ciò implica che ogni caso sia a sé, per tale ragione può diventare importante avere degli indicatori e delle metodologie di riferimento per valutarne l'impatto, che tengano conto delle scale a cui vengono applicati. Con questo obiettivo generale l'Eclipse Work Group (EWG) sviluppa un framework olistico che consente la valutazione degli impatti relativi alle azioni NBS specifiche nell'ambito di 10 "sfide" di resilienza climatica, dalla scala regionale a quella dell'edificio (figura 27).

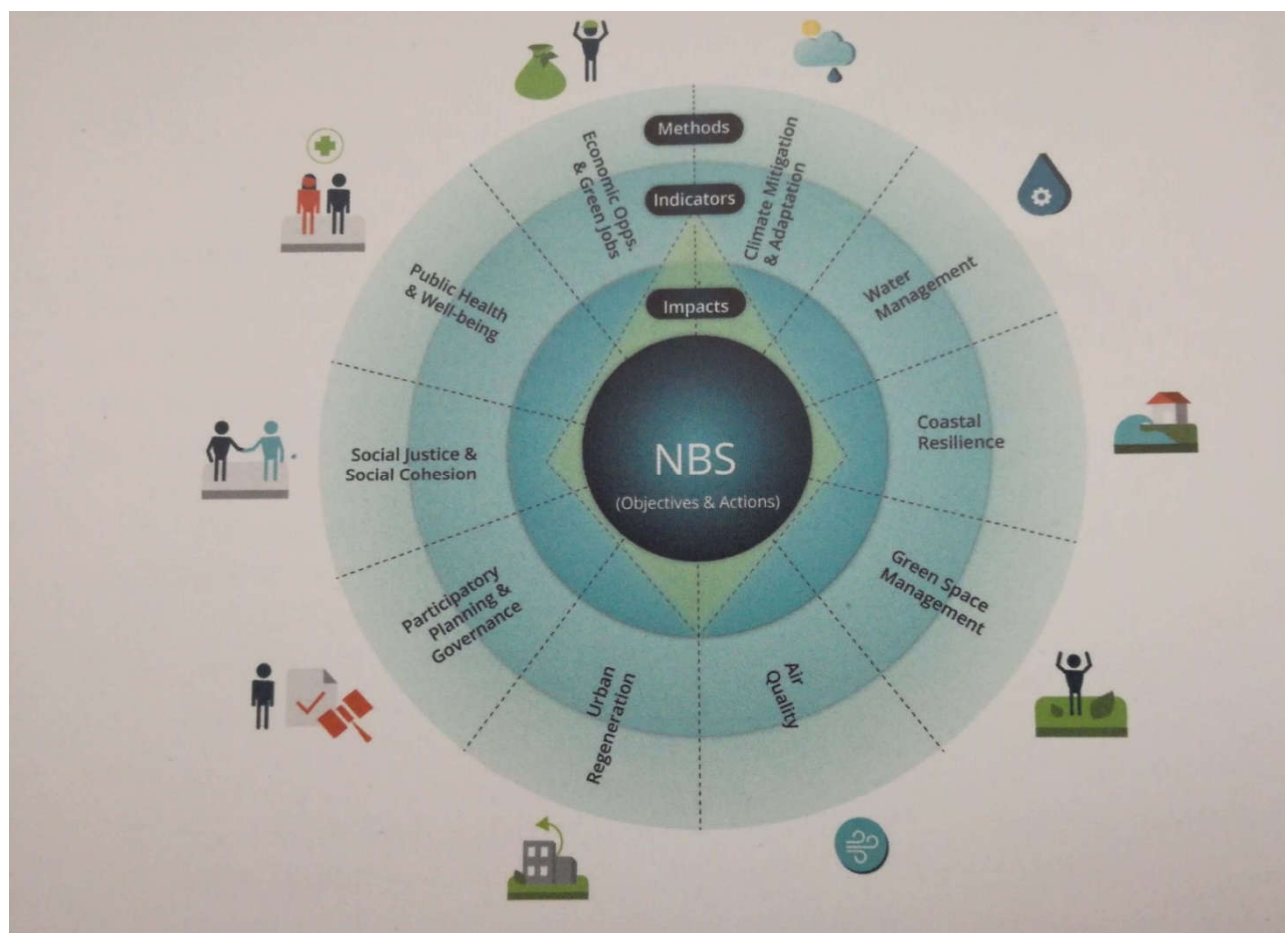


Figura 27: The 10 climate resilience challenges considered in this impact assessment framework, tratto dal Report **EKLIPSE – An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solution projects**

Allo scopo di ottenere una guida applicativa per misurare come il costo dei progetti NBS sia in relazione con gli indicatori identificati nel fornire molteplici benefici ambientali, economici e sociali, il gruppo di lavoro definisce degli step/azioni a cui rispondere che guidano i progettisti / decisori verso la selezione delle decisioni più appropriate rispetto all'obiettivo principale stabilito dal progetto NBS (tratti dal Report Eklipse, p. 2):

- 1- How each challenge could be addressed;*
- 2- Which components of each challenge are relevant and will be addressed;*
- 3- The geographical and temporal scale of the action and its effect;*
- 4- Which indicators will be appropriate to measure the effectiveness of individual actions in addressing each challenge;*
- 5- Which methods are available, suitable and feasible for the measurements of the indicators;*
- 6- What baseline will be used, including measurements that should be taken prior to the commencement of any action, so that effectiveness can be measured;*
- 7- How to identify the interactions between actions, and how to capitalize on the opportunities presented by co-benefits and tackle any trade-offs between conflicting desired effects.*

Diviene di importanza strategica comprendere come identificare le lacune conoscitive che possono emergere durante la ricerca delle sinergie fra le azioni e i criteri presentati nel framework di stima dell'impatto di ciascuna azione. A questa necessità il gruppo risponde fornendo un piano di azione per la valutazione degli impatti delle NBS. Tali progressi nel processo progettuale richiedono naturalmente un impegno notevole sia a livello di ricerca scientifica che dal punto di vista pratico progettuale con un approccio olistico e interdisciplinare che identifica una serie di indicatori e delle tecniche sia qualitative che quantitative per valutarli nel corso del progetto.

L'obiettivo specifico a cui mira il gruppo di lavoro è migliorare la resilienza climatica nelle aree urbane nonostante gli impatti dovuti ai cambiamenti climatici quali per esempio le ondate di temperature estreme e le precipitazioni intense di breve durata. Una volta identificata una soluzione ottimale rispetto a una delle 10 sfide, il gruppo mira a comprendere come tale soluzione interagisca con le altre sfide in termini di benefici e costi indiretti (figura 28).

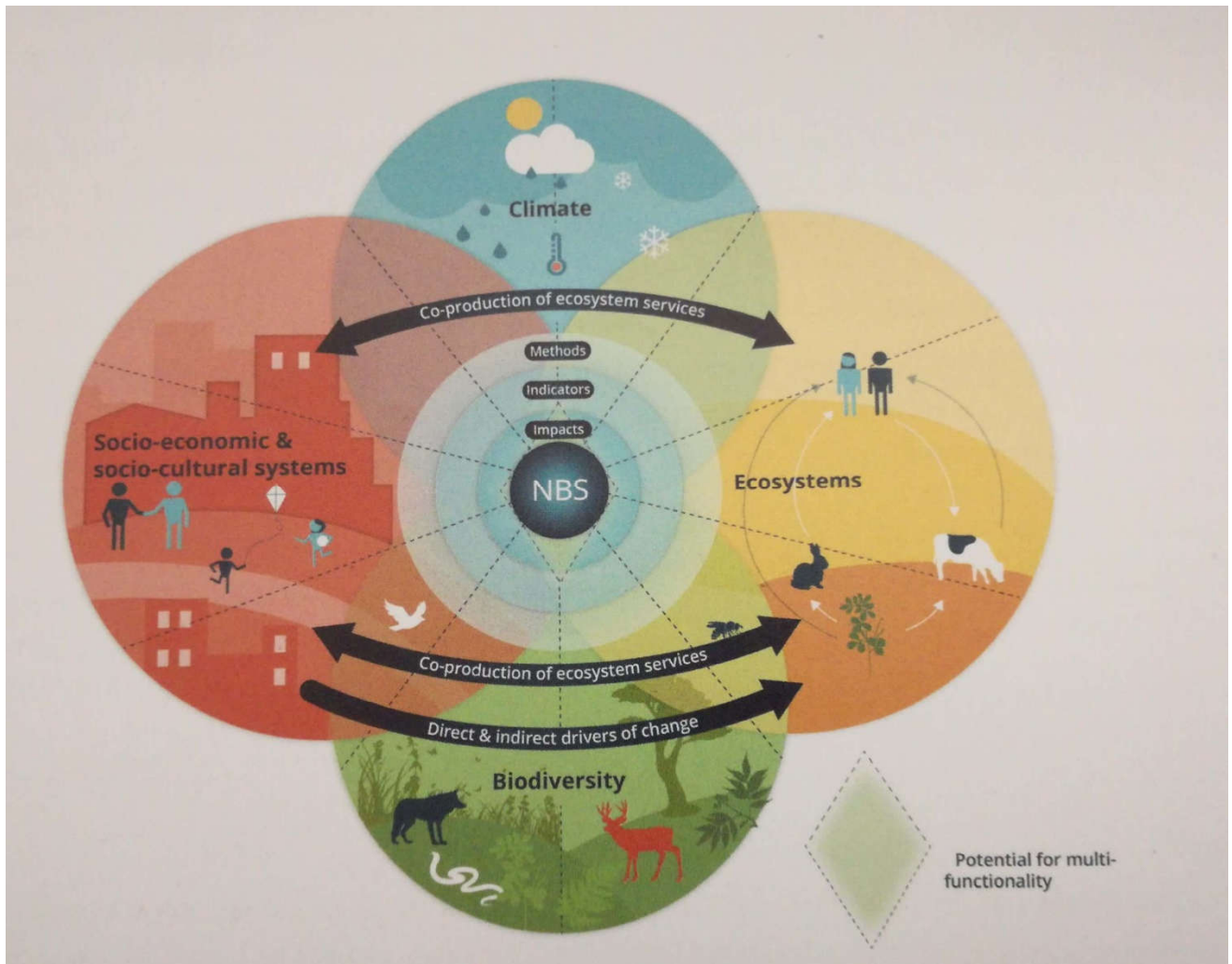


Figura 28: framework illustrating the relationships among elements of biophysical and social system, climate resilience challenges and the NBS actions, impacts, indicators and methods for addressing each challenge, tratto dal Report **EKLIPSE – An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solution projects**

In breve si riportano di seguito 3 delle 10 sfide indagate, così da far comprendere al meglio come vengono identificati i contributi delle NBS rispetto a ogni sfida.

Sfida 1- Contributo delle NBS alla Resilienza Climatica - La resilienza climatica si basa su due concetti: l'adattamento e la mitigazione, strettamente legati poiché ogni forma di adattamento di un ecosistema può influenzare la potenziale mitigazione con conseguenze anche drammatiche sul clima a tutte le scale. In questa sfida le NBS sono usate per la mitigazione e l'adattamento climatici attraverso la regolazione del microclima urbano, quindi agendo alla meso e microscala. Sono state identificate le azioni potenziali NBS e i relativi impatti (figura 29 e 30), poi sono stati identificati degli esempi di indicatori e di metodi per valutare tali impatti (figura 31 e 32).

Potential actions	Expected impacts
<ul style="list-style-type: none"> Increasing the area of (or avoiding the loss of) green space, particularly wetlands and tree cover, for both direct and indirect carbon storage. 	<ul style="list-style-type: none"> Carbon sequestration in vegetation and soil (Davies et al., 2011; Pataki et al., 2006). Reducing the temperature at meso or microscales, thus decreasing the energy demand for cooling, especially in warmer climates, and reducing associated carbon emissions (Akbari, 2002). Increased flood regulation (meso or microscale impact) (Pregolato et al., 2016).
<ul style="list-style-type: none"> Maximizing the net sequestration of carbon through species selection and management practices i.e. improving mitigation as well as choosing species that are adapted to future conditions. 	<ul style="list-style-type: none"> Climate change mitigation and carbon storage by vegetation, including carbon stored in soil (Davies et al., 2011; Pataki et al., 2006). Improved air quality (mesoscale impact) (Baró et al., 2014).

Figura 29: tabella delle potenziali azioni per la mitigazione del clima globale e gli impatti attesi – Report Eklipse, p.10.

Potential actions	Expected impacts
<ul style="list-style-type: none"> Increasing the area of (or avoiding the loss of) vegetation and particularly tree cover. Increasing green walls and roofs to cool down the city through outdoor energy management using shading and the latent heat of evapotranspiration of plants and soils. 	<ul style="list-style-type: none"> Maximize cooling effect by evapotranspiration and shading, thus reducing local temperatures and ameliorating heat island effects and heat stress (Alexandri and Jones, 2008; Fioretti et al., 2010; Kazmierczak, 2012). Securing long-term carbon storage in vegetation and soil and avoid carbon emissions from land-use changes (global impact). Increased energy savings at building and street level through the insulating effect of plants (Alexandri and Jones, 2008; Zinzi and Agnoli, 2011). Reducing wind speed and thus wind chill in cold climates.

Figura 30: tabella delle potenziali azioni di adattamento e gli impatti attesi – Report Eklipse, p.10.

Indicators	Metric
<ul style="list-style-type: none"> Carbon storage and sequestration in vegetation and soil (Davies et al., 2011; Demuzere et al., 2014). 	<ul style="list-style-type: none"> Tonnes of carbon removed or stored per unit area per unit time (Zheng et al., 2013), total amount of carbon (tonnes) stored in vegetation (Davies et al., 2011). Comparison with calculations of carbon consumption of equivalent non-NBS actions (e.g. through Life Cycle Assessment). Allometric forest models of carbon sequestration, developed using proxy data obtained from Lidar data (Giannico et al., 2016). Growth rates derived from Forest Inventory Analysis (Zheng et al., 2013).
<ul style="list-style-type: none"> Monetary values: value of carbon sequestration by trees (Baró et al., 2014). 	<ul style="list-style-type: none"> Measurements of gross and net carbon sequestration of urban trees based on calculation of the biomass of each measured tree (i-Tree Eco model), translated into avoided social costs of CO₂ emissions (USD t⁻¹ carbon).

Figura 31: tabella che riporta esempi di indicatori per valutare le azioni di mitigazione climatica alla macroscale – Report Eklipse, p.10.

Indicators	Metric
<ul style="list-style-type: none"> Temperature reduction 	<ul style="list-style-type: none"> Decrease in mean or peak daytime local temperatures (°C) (Demuzere et al., 2014). Measures of human comfort e.g. ENVIMET PET — Personal Equivalent Temperature, or PMV — Predicted Mean Vote. Heatwave risks (number of combined tropical nights (>20°C) and hot days (>35°C)) following Fischer, Schär, 2010, cited by Baró et al. (2015).
<ul style="list-style-type: none"> Energy and carbon savings from reduced building energy consumption 	<ul style="list-style-type: none"> kWh/y and t C/y saved.

Figura 32: tabella che riporta esempi di indicatori per valutare le azioni di mitigazione climatica alla mesoscale – Report Eklipse, p.11.

Sfida 2- Gestione dell'acqua – I principali problemi a cui bisogna rispondere sono il rischio di inondazione, la scarsità di acqua e la qualità dell'acqua. Le NBS possono essere di aiuto nel gestirli per esempio simulando i naturali processi di infiltrazione, evapotraspirazione e fitorimediazione. Vengono quindi identificate le potenziali azioni e i rispettivi impatti (figura 33). Le soluzioni NBS contribuiscono alla gestione sostenibile delle acque aumentando l'infiltrazione, migliorando l'evapotraspirazione, fornendo aree di stoccaggio e rimuovendo gli agenti inquinanti. Immagazzinare l'acqua piovana e le acque grigie può essere utile al fine di riutilizzare le acque rispondendo così a una richiesta sempre crescente diminuendone l'impatto sulle risorse esistenti, o addirittura contribuendo a rifornirle.

	Reduce Run-off	Flood peak reductions/Increase in time to peak	Reduce load from run-off into sewerage systems	Reduce risk of flooding from flash-floods.	Reduce costs related to loads into sewerage systems	Reduce risk of flooding from rivers.	Increase infiltration/water storage	Enhance water retention capacity in the area	Reduce risk of damages from drought	Increase evapotranspiration	Reduce risk from urban heat island effect	Improve human health	Increase human well being	Improve water quality/reduce pollutants	Increase biodiversity	Increase carbon storage capacity
Type of actions*	P	P	P	I	I	I	P	S	I	P	I	S	S	S	S	S
• Renaturing urban waterbodies (opening channels, de-culverting, increase vegetation, greening waterfronts).		•				•	•			•	•	•	•	•	•	•
• Use of vegetation in urban areas (e.g. street trees, grassland, green roofs and facades, infiltration gardens and urban forests).			•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
• Creation of artificial waterbodies for short term temporal water storage.	•	•	•	•	•			•	•				•			
• Creation of new vegetated surface waterbodies (ponds, drains, lakes, bio-retention cells).	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
• Creation of new subsurface waterbodies for water storage.	•	•	•	•	•		•	•	•							
• Create areas for temporary flooding along rivers (floodplains) by moving flood protection infrastructures.	•					•			•				•	•	•	•
• Restore/create/increase wetlands in river-basins.	•					•	•	•	•	•				•	•	•

* The letters represent the categories of indicators as defined in the DPSIR Framework (see Gabrielsen and Bosch, 2003)
 P – Pressure indicators, I – Impact indicators, S – State indicators

Figura 33: tabella che riporta le potenziali azioni di gestione delle acque e i rispettivi impatti – Report Eklipse, p.13.

È interessante vedere l'approccio critico che il gruppo di lavoro mantiene, infatti vengono anche evidenziati potenziali fattori di successo e fattori limitanti rispetto a ciascuna azione, un esempio per tutti: viene evidenziato che spesso le piante resistenti alla siccità hanno un apparato radicale molto invasivo e rischiano di rovinare in poco tempo le pavimentazioni se usate in contesti urbani con aree impermeabilizzate o semi permeabili.

Per tale sfida viene anche riportato un caso studio a Copenaghen (figura 34).

Case example: Copenhagen cloudburst plan pays off

The city of Copenhagen needed to tackle the issue of cloudbursts in the urban area. In a cost-benefit analysis, costs for implementation and management of two alternative approaches have been analysed, comparing the cost and benefits of hard (grey) infrastructure with a mixed approach combining NBS with hard infrastructure (Copenhagen, 2014; Leonardsen, 2013). The economic assessment was designed as an integrated valuation which extended beyond the consideration of the dimensions directly involved in their management, but also included wider socio-economic benefits and costs, such the benefits of avoided flood impacts, and the costs to society of increased fees for sewerage services. The improvement of environmental quality is a clear advantage of the solution of involving NBS. Consequently, the assessment also includes the environmental benefits provided by the additional green areas created, including the reduction of air pollution, and indirect benefits in the form of increased real estate prices.

Figura 34: tabella che riporta le potenziali azioni di gestione delle acque e i rispettivi impatti – Report Eklipse, p.16.

Sfida 3- Resilienza costiera – Le NBS possono aumentare la resilienza costiera proteggendo le comunità dagli eventi estremi quali tempeste e erosione della costa, nonché incrementare il valore economico e culturale del luogo.

Potential actions	Expected impacts
<ul style="list-style-type: none"> Use NBS against coastal storms and sea level rises (Yepsen et al., 2016) and protect the population from these risks in combination with engineered structures (Stark et al., 2016). 	<ul style="list-style-type: none"> Increased population and infrastructures protected by a cost-effective creation of NBS (Cohen-Shacham et al., 2016) and increased resilience of cities.
<ul style="list-style-type: none"> Promote various NBS in coastal areas that can maintain or restore valuable coastal ecosystems and coastal biodiversity (Barbier, 2013). 	<ul style="list-style-type: none"> Better protection and restoration of coastal ecosystems including valuable species and habitats (Gedan et al., 2011).
<ul style="list-style-type: none"> Integrate development and conservation objectives using a better quantification of ecosystem services (Piwowarczyk et al., 2013). 	<ul style="list-style-type: none"> Sustainable development of coastal regions and reduced conflicts over resources or land-use (Narayan et al., 2016).

Figura 35: tabella che riporta le potenziali azioni di resilienza costiera e gli impatti attesi – Report Eklipse, p.17.

In linea con l'approccio finora adottato, vengono identificate prima le potenziali azioni e i rispettivi impatti attesi (figura 35) e successivamente gli indicatori per valutare gli elementi presi in considerazione (figura 36).

Anche per questa sfida vengono identificati i potenziali fattori di successo e quelli limitanti, in particolare risulta necessario, secondo il gruppo di lavoro, colmare una mancata conoscenza del valore di mercato dei vantaggi significativi offerti dalle NBS in ambito di resilienza costiera. Ancora, non è conosciuta la connessione fra le strutture NBS, le funzioni e l'efficienza della resilienza degli habitat costieri, in differenti condizioni ecologiche e idrodinamiche.

Di seguito in figura 37 viene riportato il caso studio di New York. Nel 2013/14, nell'ambito del Comprehensive Plan della città, nella parte costiera si decide di alzare le sponde della costa e migliorare la resilienza. Le NBS attuate prevedono lo sviluppo di dune di sabbia che andranno a ottimizzare la gestione delle infrastrutture litoranee. I risultati più evidenti ottenuti con le NBS hanno riguardato la riduzione dei costi di gestione per la municipalità e l'incremento dei vantaggi sociali per la popolazione.

Indicators	Measurement scale				
	mesoscale			microscale	
	Regional	Metropolitan	Urban	Street	Building
Physical indicators (Fagherazzi, 2014; Gedan et al., 2011; Grabowski et al., 2012; Stark et al., 2016).					
• Shoreline characteristics and erosion protection	•	•			
• Soil, temperature, drainage			•		
• Flooding characteristics	•	•			
Economic indicators (Gedan et al., 2011; Narayan et al., 2016; Shuster and Doerr, 2015).					
• Avoided damage costs			•	•	•
• Changes in property value				•	•
Social and education indicators (Piwowarczyk et al., 2013; Schuster & Doerr, 2015).					
• Recreation and public access		•	•		
• Number of students benefiting from education and research about coastal resilience/amenity	•				
Biological indicators (Bell, 1997; Yepsen et al., 2016).					
• Estimates of species, individuals and habitats distribution	•	•			
• Invasive and planted species	•	•	•		
• Algal bloom	•				
Chemical indicators (Grabowski et al., 2012; Yepsen et al., 2016).					
• Concentration of nutrients			•	•	
• Salinity, pH			•	•	

Figura 36: tabella che riporta degli esempi di indicatori per valutare elementi della sfida relativa alla resilienza costiera – Report Eklipse, p.18.

Case example: A stronger, more resilient coastal New York

The City of New York released a strategy in 2013 containing a comprehensive plan aimed at coastal protection, based on four main directions: improve coastal design and governance, provide storm protection, increase coastal edge elevation, and minimize upland wave zones (The City of New York, 2014). To address these challenges the municipality has used a variety of best practice options for enhancing coastal resiliency. Among the various NBS being used is the development of sand and dune surfaces which will improve the management of shoreline infrastructure (Seavitt Nordenson et al., 2015). The program was monitored using cost-benefit analysis to determine the efficiency of various methods in reducing risks, and also to plan additional developments in future coastal modelling and mapping, climate-related health vulnerabilities, and indicators and monitoring (The City of New York, 2014). The most noted outcomes of using NBS to improve the coastal resilience of New York City include reduced economic costs for the municipality and social benefits for the population.

Figura 37: New York, caso studio – Report Eklipse, p.19.

Questi due contributi scientifico/tecnici forniscono due approcci che mirano alla medesima direzione identificando anche metodologie e strumenti simili per poter procedere criticamente nella selezione degli scenari più adatti alle situazioni di differenti contesti a differenti scale di intervento. Entrambi garantiscono una governance integrata e prevedono la partecipazione degli stakeholder con la conseguente condivisione delle responsabilità.

Risulta fondamentale, nell'applicazione operativa di un'economia circolare (così come suggerito dall'EU) e di uno sviluppo sostenibile, il contributo delle NBS, e probabilmente il ruolo che stanno assumendo richiama effettivamente il ruolo del paesaggio che dal 2000 era stato definito nella Convenzione Europea del Paesaggio, declinando la fondamentale esistenza delle componenti materiali e immateriali, riscontrate in uno di questi due contributi come tangibili e intangibili.

Conclusioni

Lo studio è propedeutico alla valutazione degli interventi previsti per il Progetto parco del Mare e servirà da base microclimatica ed eco-sistemica per la definizione delle condizioni ex-ante intervento, ai fini dell'ottimizzazione della nuova progettazione urbanistica. Si è effettuata una prima analisi storica dei dati meteo-climatici per evidenziare le eventuali criticità climatiche del territorio. Il trend delle temperature dimostra un aumento superiore a quanto previsto nelle rappresentazioni IPCC molto probabilmente dovuto alla marcata urbanizzazione avvenuta nel periodo di riferimento (1961-2015). Le precipitazioni non dimostrano trend particolari sul lungo periodo anche se l'area in esame ha subito alcuni importanti episodi di nubifragio: questo non contrasta con l'ipotesi di una diminuzione degli episodi precipitativi e con il conseguente rafforzamento dell'intensità dei singoli eventi.

L'analisi modellistica dei due lotti considerati in questa Parte I dimostra che durante il giorno il principale effetto di riscaldamento (isola di calore) avviene lungo costa, mentre la notte il fenomeno termico risulta prevalente nell'entroterra urbanizzato. Questo comportamento avvalorava notevolmente la scelta di rigenerazione urbanistica relativa al Parco del Mare quale intervento mitigante sul microclima locale.

Relativamente ai servizi eco-sistemici offerti dalla vegetazione sono stati determinati per tutta la foresta urbana del Comune di Rimini i valori annuali di deposizione di inquinanti, assorbimento di CO₂, energia elettrica risparmiata, e acqua piovana intercettata dalla vegetazione che non ha raggiunto la rete di raccolta, ovvero ha in parte preservato da fenomeni di 'flash flood'.

Si sono, inoltre, proposte delle soluzioni NBS per la loro eventuale applicazione in sede progettuale.

A questo rapporto seguirà l'analisi modellistica che verrà effettuata sugli altri lotti previsti dal Progetto Parco del Mare.