

# **PIANO INSEDIAMENTI AREE PRODUTTIVE SANTA CATERINA A MODENA**



## **PROGETTO**

CONSORZIO ATTIVITÀ PRODUTTIVE AREE E SERVIZI DI MODENA  
Luca Biancucci

COMUNE DI MODENA  
SETTORE PIANIFICAZIONE E SOSTENIBILITÀ URBANA  
Servizio Progetti Complessi e Politiche Abitative  
Servizio Pianificazione Ambientale

## **CONSULENTI**

BRENDO architecture&design [Castagnetti – Pasquale - Poli]  
HYDROPRO [Tommaso Musner]  
PRAXIS AMBIENTE srl [Carlo Odorici – Roberto Odorici]  
ECO EsternoCOntemporaneo [Giulia Gatta – Christian Abate]  
AESS Agenzia per l'Energia e lo Sviluppo Sostenibile [Andreoli]  
Valeriano Franchi  
Massimo Gobbi

## **N. ELABORATO**

**P**

**SIMULAZIONE  
COMFORT  
OUTDOOR**

## **DATA**

Novembre 2020

**N.  
PROTOCOLLO**

## **PROGETTO A CURA DI**

### **CONSORZIO ATTIVITÀ PRODUTTIVE AREE E SERVIZI DI MODENA**

Direttore: Luca Biancucci

Responsabile tecnico: Silvio Berni

Tecnico: Raffaello Vallone

Responsabile amministrativo: Davide Maselli

### **COMUNE DI MODENA**

#### **Settore Pianificazione e Sostenibilità urbana**

Dirigente: Maria Sergio

Servizio Progetti Complessi e Politiche Abitative

Responsabile del servizio: Michele Tropea

Tecnico: Filippo Bonazzi

Ufficio Mobilità, Traffico e Urbanizzazioni

Responsabile dell'Ufficio: Guido Calvarese

Tecnico: Dario Di Vincenzo

Servizio Pianificazione Ambientale

Tecnico: Marta Guidi

Ufficio Gestione Strumenti Urbanistici Vigenti

Responsabile dell'Ufficio: Morena Croci

### **CON LA COLLABORAZIONE DI**

#### **Servizio Ambiente**

Loris Benedetti

Sara Toniolo

Giorgio Barelli

Unità Impatto Ambientale

Daniela Campolieti

Ludovica Interlandi

#### **Ufficio Museo Civico Archeologico Etnologico**

Silvia Pellegrini

### **CONSULENTI**

BRENDO architecture&design [Lorenzo Castagnetti – Francesco Pasquale – Francesca Poli]

HYDROPRO [Tommaso Musner]

PRAXIS AMBIENTE srl [Carlo Odorici – Roberto Odorici]

ECO EsternoContemporaneo [Giulia Gatta – Christian Abate]

AESS Agenzia per l'Energia e lo Sviluppo Sostenibile [Piergabriele Andreoli]

Geologia Valeriano Franchi

Topografia Massimo Gobbi

## 1/ INTRODUZIONE

**I principi della progettazione bioclimatica e le strategie per l'adattamento al cambiamento climatico sono concetti basilari che hanno guidato la redazione del PUA Santa Caterina.** Per valutare gli impatti della nuova urbanizzazione rispetto alla mitigazione del fenomeno dell'isola di calore urbana si è analizzato il micro-clima del contesto attraverso l'**elaborazione di mappe del comfort termico** che permettono di individuare le variazioni microclimatiche all'interno dell'area, in termini di benessere e comfort percepito dagli utenti.

Le simulazioni sono state condotte attraverso il **programma open-source ENVI-Met**, un software di modellazione multidisciplinare che consente di simulare il comportamento fisico e microclimatico di edifici e spazi pubblici (come strade, piazze, parchi, giardini, etc.). ENVI-met è uno dei pochi modelli di simulazione ambientale e microclimatica che opera ad un livello di micro-scala urbana e che, attraverso equazioni di tipo termo-fluidodinamico, permette di riprodurre il comportamento di un modello climatico tridimensionale.

Considerando che l'area studio è attualmente ineditata e destinata ad uso agricolo, si è ritenuto che un confronto tra un terreno completamente permeabile (ex ante) ed una nuova lottizzazione (ex post) non avrebbe prodotto valutazioni significative<sup>1</sup>. **Si pertanto deciso di confrontare il layout di intervento proposto con una porzione di un comparto industriale tradizionale (nello specifico l'area dei Torrazzi prospiciente via Giovanni Dalton), con basse dotazioni di verde e spazi pubblici scarsamente qualificati.** Così facendo è stato possibile verificare come le soluzioni progettuali proposte per gli spazi pubblici, in particolare le maniche verdi e la fascia ecologica, abbiano aumentato il comfort di un'area industriale altamente densificata.

Nello specifico, il modello ha permesso dapprima di **valutare l'efficacia delle dotazioni esistenti nell'area del Torrazzi e successivamente di confrontare la situazione attuale** (ex ante), e quindi l'interazione tra le superfici urbane, la vegetazione e le condizioni atmosferiche/climatiche dell'area oggetto di studio, in un determinato giorno ed orario dell'anno, **con le soluzioni progettuali proposte per l'ampliamento a sud oltre Strada Santa Caterina**, al fine di testare l'efficacia di ciascuna azione specifica prevista dal PIP (ex post).

---

<sup>1</sup> In allegato, a riprova di quanto sostenuto, si raccolgono le mappe termografiche con le simulazioni sullo stato di fatto attuale dell'area destinata ad uso agricolo.

## 2/ ANALISI CLIMATICA

Per procedere con le simulazioni è stata necessaria un'analisi della situazione climatica della città di Modena, elaborando i dati provenienti dalla rete di rilevamento regionale RIRER gestita dal Servizio IdroMeteoClima di Arpae che permette di estrapolare dati in autonomia e gratuitamente attraverso il sistema Dext3r. Nello specifico si è fatto riferimento alla stazione meteorologica più prossima all'area di studio in un contesto territoriale molto simile: la stazione di Modena Urbana (rete di misura Agrmet Climat - altitudine 73 m sul livello del mare - coordinate geografiche: latitudine 44° 65' e longitudine 10° 91') che dista circa 3,5 km dall'area di Santa Caterina.

Considerando che l'area studio è particolarmente vulnerabile al fenomeno delle **ondate di calore**, le valutazioni sono state condotte nel periodo estivo, prendendo in considerazione i **dati climatici relativi ai mesi di Giugno-Luglio-Agosto 2017**, che dalle rilevazioni è risultato il periodo più caldo e meno piovoso degli ultimi 50 anni. Si sono registrate infatti 6 ondate di calore nel periodo estivo, la più intensa delle quali ha avuto una durata di 10 giorni tra il 28 luglio al 6 agosto, e 48 giorni con temperature massime giornaliere superiori alla media massima mensile (32,4 °C).

**Il 03/08/2017 è risultato il giorno più caldo dell'anno, con una temperatura massima di 39,5 °C, ed è stato pertanto utilizzato come base di partenza per la definizione del "giorno tipo",** necessario per analizzare e rendere comparabili le simulazioni ex ante ed ex post.

Nel dettaglio, il "giorno tipo" è stato così determinato:

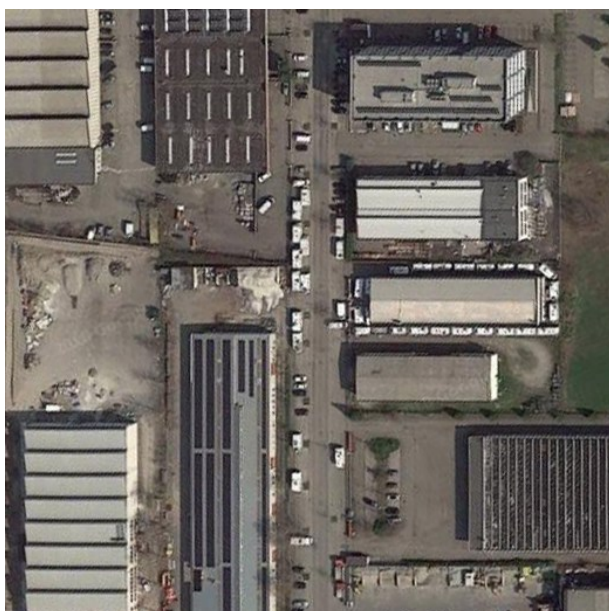
- **velocità del vento a 10 metri dal suolo - 1,6 m/s**, ovvero la velocità media giornaliera scalare del vento rilevata;
- **direzione del vento a 10 metri dal suolo - 315 deg**, ovvero la direzione del vento giornaliera prevalente a 10 metri dal suolo;
- **rugosità superficiale del terreno - 0,01** per la quale si è inserito il valore di default tipico di aree suburbane o industriali;
- **temperatura atmosferica - T min 24,9°C alle ore 06 / T max 39,5°C ore 15**;
- **umidità specifica a 2 metri dal suolo - 7.0%** per la quale si è inserito il valore di default tipico di aree urbane;
- **umidità relativa a 2 metri dal suolo - RH min 15% alle ore 23 / RH max 65% tra le ore 03 e 06.**

### 3/ IDENTIFICAZIONE PERIMETRO DI SIMULAZIONE

Il software ENVI-met lavora unicamente con modelli dalla forma regolare quadrata e nella versione *open-source* l'area di studio non può superare le 50x50 celle.

Per il caso studio sono stati identificati due perimetri compresi all'interno di due quadrati di 200x200m:  $200 \text{ m} / 50 \text{ celle} = 4 \text{ m}$ , ovvero ogni singola cella è stata modellata con una definizione di 4x4m.

Per ciascuna cella della griglia si è definito il **trattamento a terra**, distinguendo dapprima tra aree edificate e superfici all'aperto e successivamente **dettagliando i materiali** (ad esempio asfalto, calcestruzzo o terra battuta) **e la tipologia di verde** (prato, terreni agricoli, alberi, arbusti, etc).



Via Dalton - area industriale Torrazzi



via Santa Caterina – PIP Santa Caterina

Gli spazi pubblici dell'area dei Torrazzi presa in esame sono caratterizzati dalla presenza di un percorso carrabile a doppio senso di marcia in asfalto (via Dalton) con alberature a bordo strada. La presenza di verde è maggiore nella sezione meridionale della via, considerando anche le alberature e le siepi presenti all'interno dei lotti privati.

Il caso studio di Santa Caterina prende in esame il tratto di via Santa Caterina che, da progetto, si configura come un asse carrabile a doppio senso di marcia con parcheggi a spina di pesce su entrambi i lati della carreggiata. La strada è caratterizzata da alberature a bordo strada tra i posti auto e da un'ampia fascia verde attrezzata con giardini della pioggia, dove si attestano anche i principali percorsi ciclopeditoni. Rientra nell'area oggetto di simulazione anche il parcheggio alberato in corrispondenza di via Malavolti.

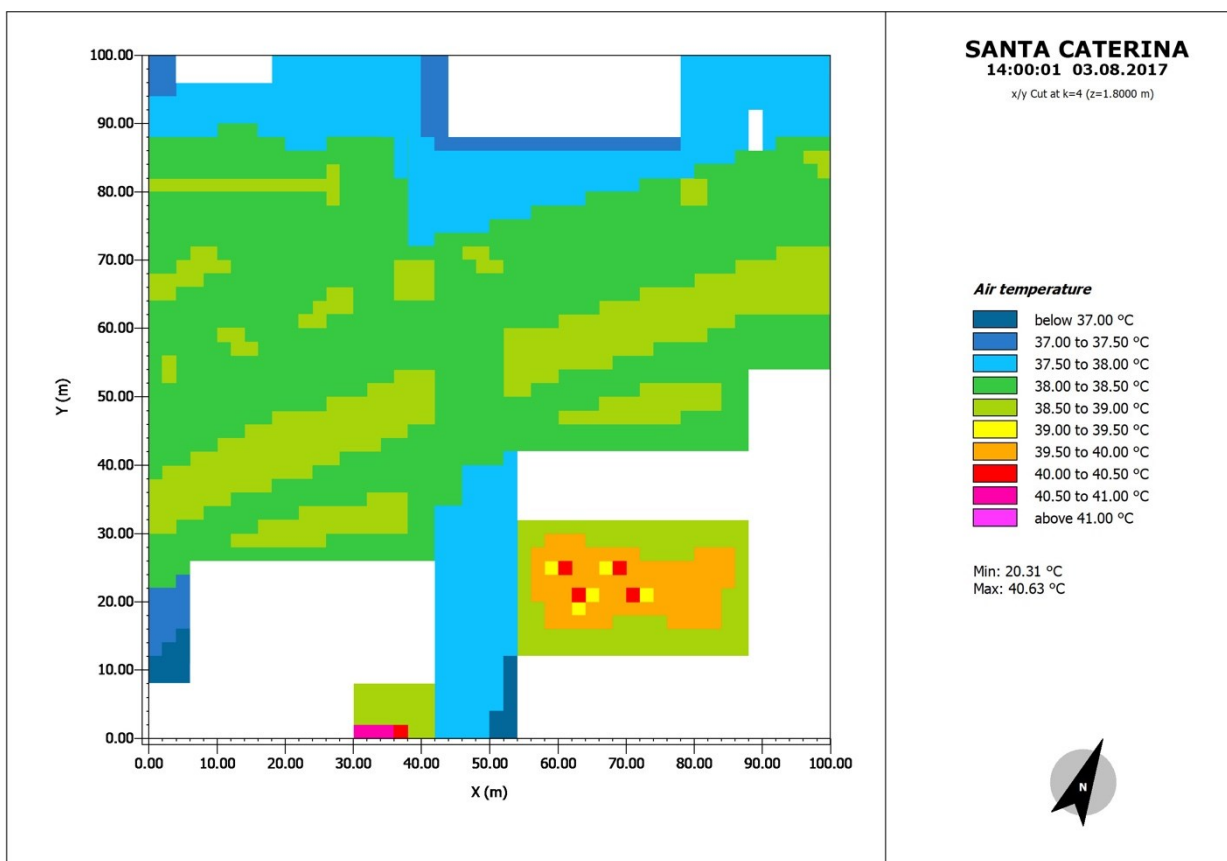
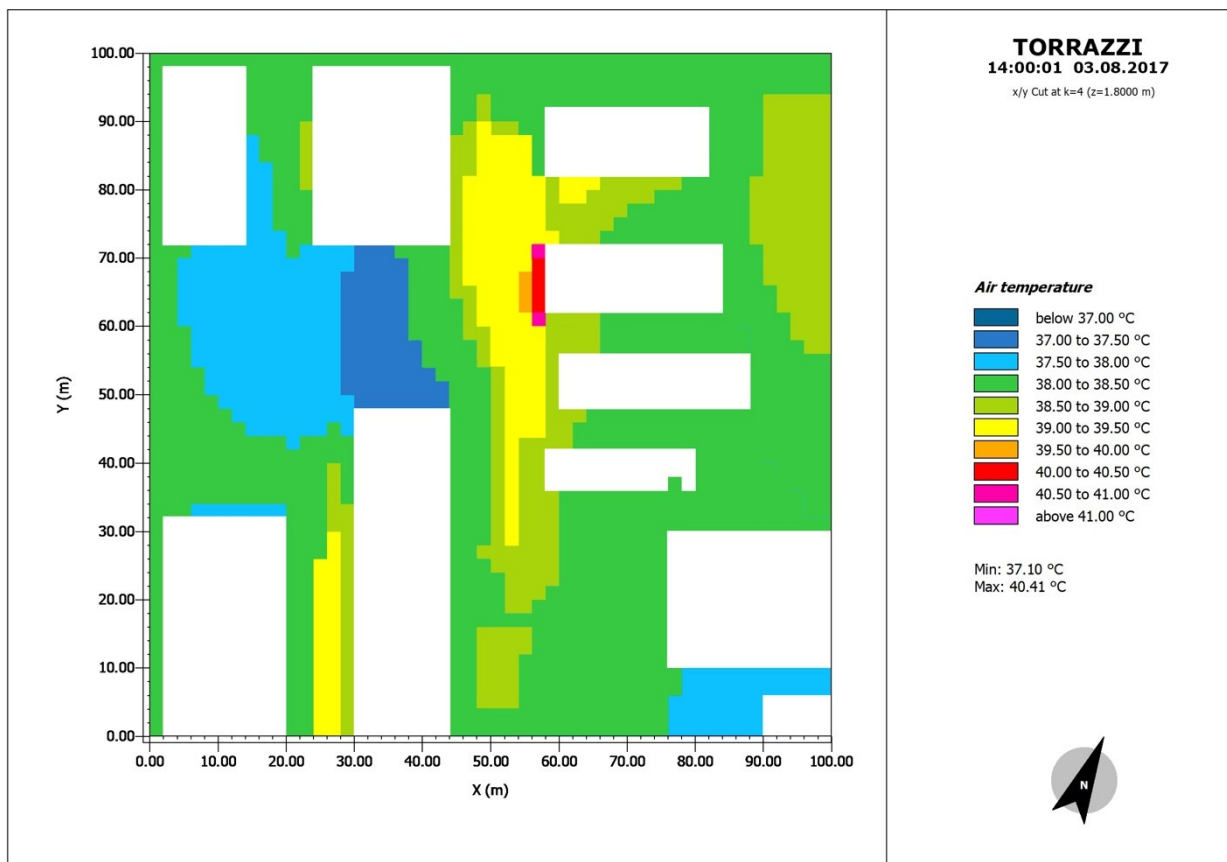
In entrambi i casi studio si è ipotizzata una tipologia analoga di edificio, con capannoni industriali con un'ampia impronta a terra e massimo 3 piani di sviluppo in altezza. Nell'area di Santa Caterina non vi sono prescrizioni sugli allineamenti dei fronti del costruito ma si richiede la realizzazione di una siepe in corrispondenza del confine di proprietà su strada.

Ultimate le simulazioni, sono state estrapolate le mappe termografiche per le seguenti variabili:

- **AIR TEMPERATURE (°C)** ovvero **la distribuzione della TEMPERATURA DELL'ARIA secca, espressa in °C**, che consente di valutare la distribuzione delle temperature ed individuare dove sono presenti zone con temperature molto alte;
- **MEAN RADIANT TEMPERATURE MRT (°C)** ovvero la **TEMPERATURA MEDIA RADIANTE**, un valore di temperatura sofisticato che esprime la temperatura corrispondente all'emissione di un corpo nero che si trova alla temperatura superficiale della pavimentazione; questo dato fornisce pertanto la temperatura delle superfici verso le quali il corpo umano scambia calore (solo) per irraggiamento;
- **WIND SPEED (m/s)** o **VELOCITÀ DEL VENTO** che riporta il valore della velocità del vento, un dato che può variare da valori pari a 0,00 m/s (aria ferma) a valori superiori a 3,0 m/s (forte brezza) secondo la scala di Beaufort;
- **PMV (Predicted Mean Vote = Valore Medio Previsto)** ovvero la **PERCEZIONE DEL COMFORT** (caldo freddo, molto caldo, molto freddo, neutro) che tiene conto delle variabili fisiche relative all'ambiente e delle caratteristiche del soggetto (metabolismo, attività e vestiario).

## 4/ RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

### TEMPERATURA DELL'ARIA - 03/08/2017 ore 14



La mappa termografica permette di identificare la distribuzione della temperatura dell'aria negli spazi aperti e in prossimità degli edifici, un valore che influisce sugli scambi termici diretti tra corpo umano ed ambiente.

La simulazione condotta per il caso studio dei Torrazzi evidenzia come i valori alle ore 14:00, tendenzialmente uno dei momenti più caldi della giornata, siano compresi tra una minima di 37°C ed una massima di 40°C, con una temperatura media tra 38°C e 39,5°C lungo la fascia centrale in corrispondenza di via Dalton. Si noti come lungo la sezione meridionale della strada, dove sono presenti maggior alberature, la temperatura è tendenzialmente minore e non supera di 39°C.

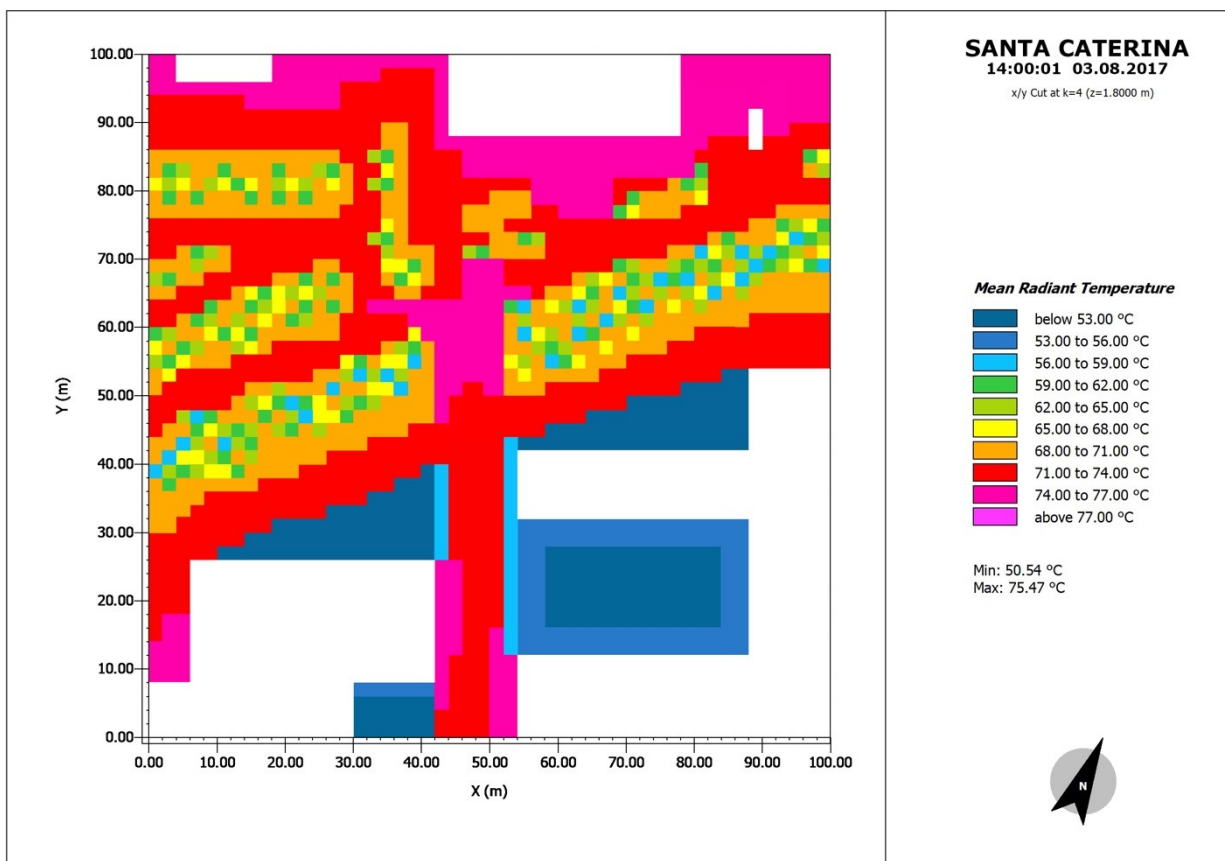
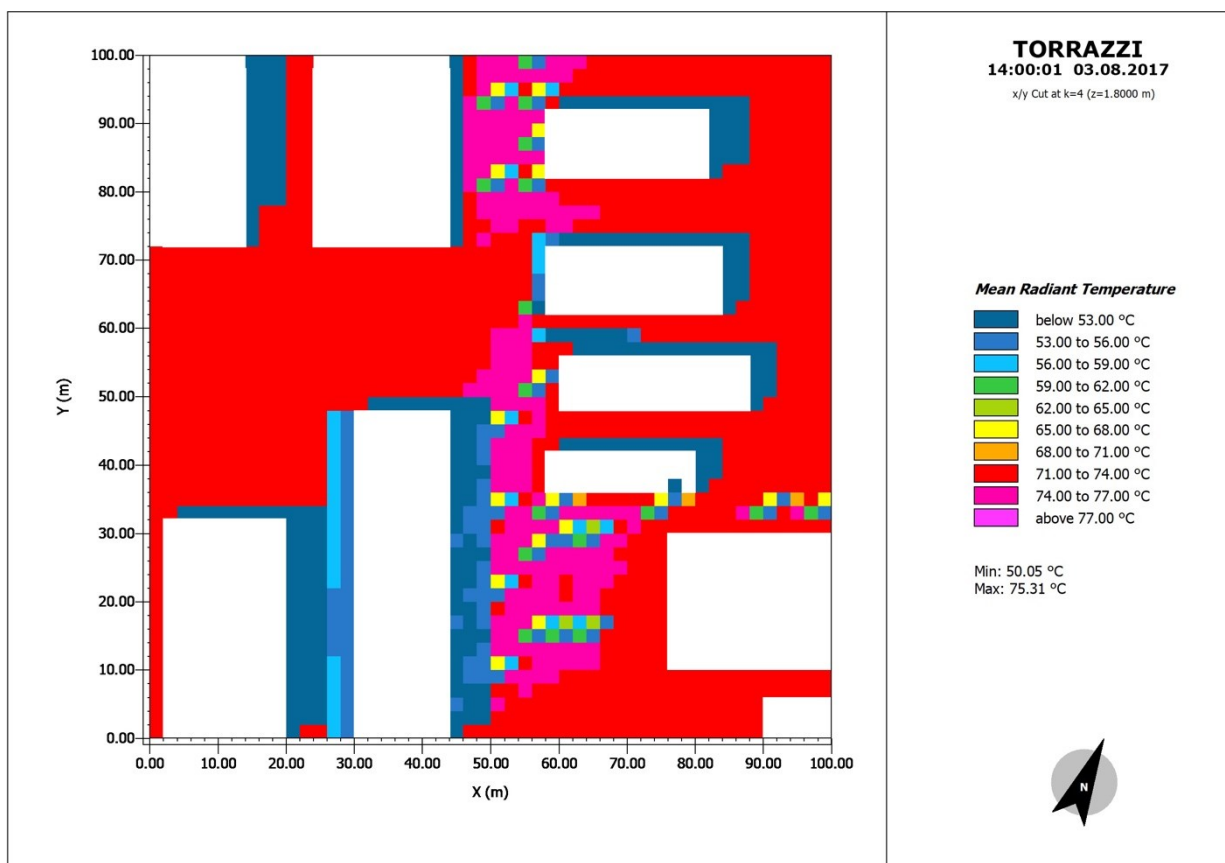
Le aree di colore rosso e fucsia rappresentano gli spazi dove si registra la maggior temperatura e si possono considerare "tasche di aria calda".

La simulazione condotta sul caso studio di Santa Caterina presenta valori compresi tra una minima di 20°C ed una massima di 40°C, con una temperatura media tra 37,5°C e 39°C lungo la fascia centrale in corrispondenza della manica verde dove si attestano i percorsi carrabili e pedonali principali.

Seppure le temperature medie lungo la fascia viaria risultano inferiori solamente di 0,5°C rispetto a quelle ipotizzate nell'area dei Torrazzi, **la temperatura minima registrata in tutta l'area studio si riduce di circa 18°C**. Inoltre, sia la nuova via Santa Caterina sia l'area attrezzata a parcheggio presentano temperature mediamente più basse di via Dalton, grazie alla presenza di alberi che generano ombra e proteggono dalle radiazioni solari.

**È dunque evidente dalle simulazioni come la presenza di alberi contribuisca alla diminuzione della temperatura dell'aria e come le superfici a verde del giardino della pioggia rappresentino una soluzione ottimale dal punto di vista del comfort termico**, pur avendo caratteristiche di albedo piuttosto basse. Il prato ad esempio può assorbire circa l'80% della radiazione incidente, mentre la parte assorbita è impiegata per il 70% per attivare fenomeni di traspirazione, facendo sì che la temperatura della superficie non aumenti.

## TEMPERATURA MEDIA RADIANTE - 03/08/2017 ore 14



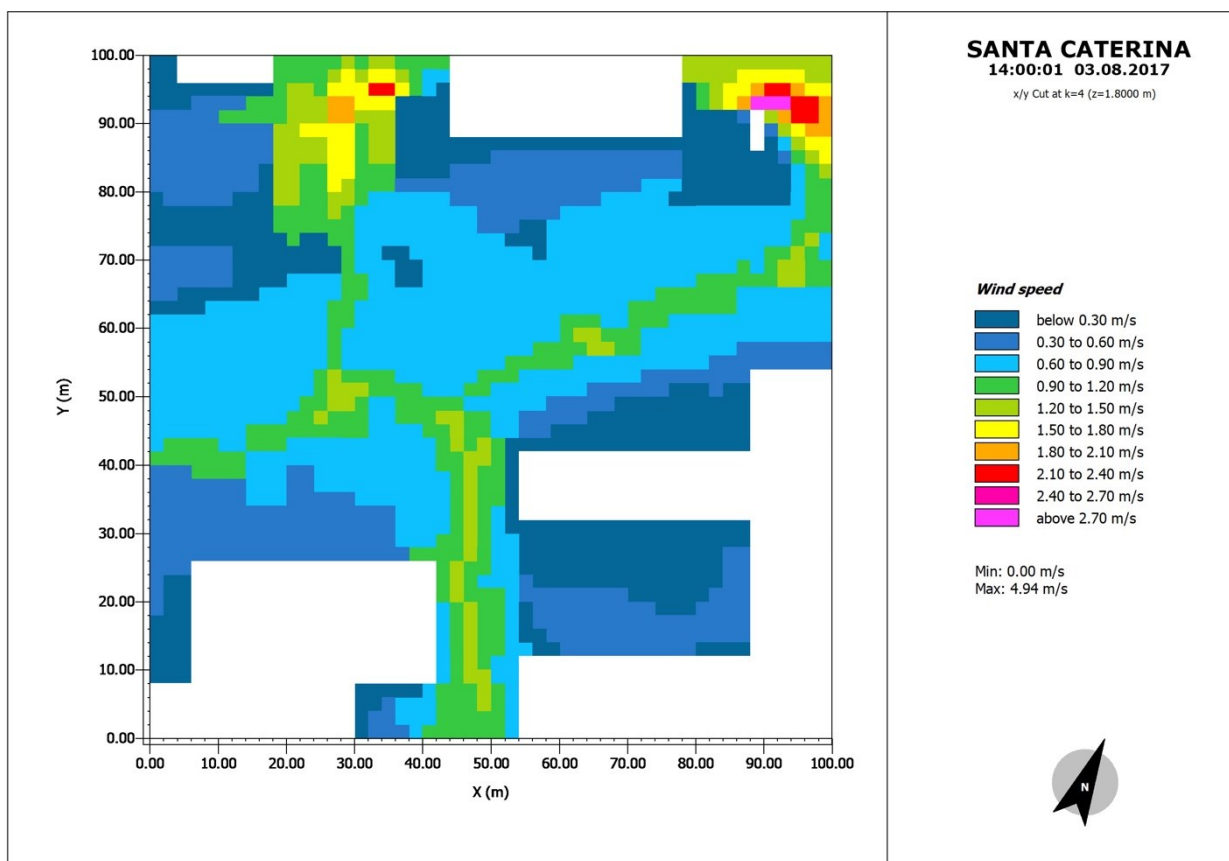
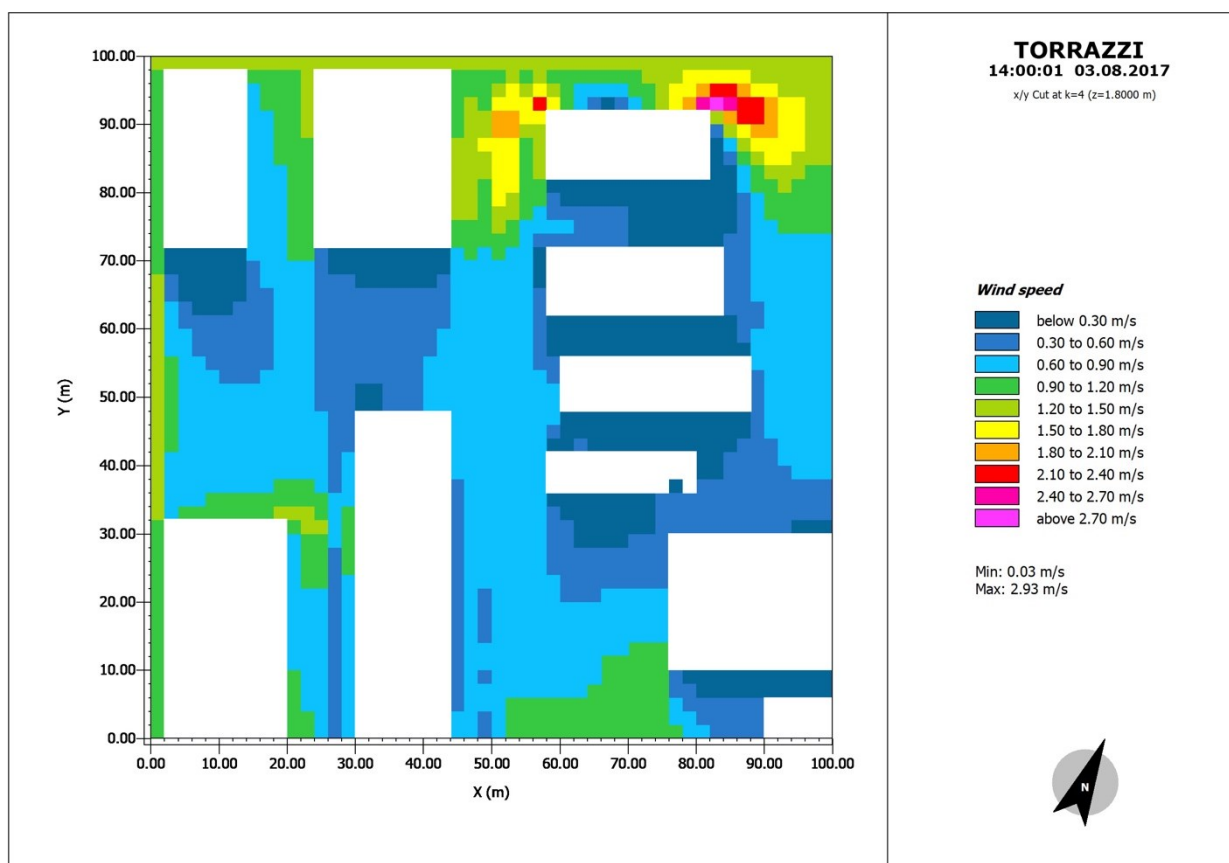
La temperatura media radiante rappresenta l'indice degli scambi radiativi fra le superfici che delimitano un ambiente e il corpo umano. Negli ambienti esterni, questi scambi sono dovuti a due differenti fenomeni: il flusso termico emanato per irraggiamento dalle superfici a una data temperatura (pavimentazione, prospetti, ecc.) e il flusso termico dovuto all'irraggiamento solare (diretto e diffuso).

La mappa termografica del caso studio dei Torrazzi mostra come sulle superfici pavimentate dell'area studio, principalmente in asfalto o conglomerato cementizio, si raggiungano temperature tra i 71°C ed i 77°C. **L'asfalto infatti presenta una temperatura superficiale molto più alta di altri materiali, ha un elevato coefficiente di albedo e favorisce l'accumulo di calore sensibile, aumentando così la temperatura media radiante ed influenzando negativamente sul comfort termico di uno spazio aperto.** La simulazione conferma l'effetto benefico, che si riscontra anche nella mappa della temperatura dell'aria, apportato dalle alberature e dalle siepi presenti lungo la sezione meridionale della strada.

La simulazione sul progetto per Santa Caterina, invece, rivela l'effetto benefico dato dalla massiccia presenza di alberi ed arbusti lungo il giardino della pioggia lineare e nell'area attrezzata a parcheggio in quanto **gli schermi vegetali sono tra i fattori che incidono più efficacemente sul controllo della radiazione solare.**

**La presenza di verde riesce, infatti, a ridurre la temperatura percepita dall'utente tramite la riduzione sia degli scambi radiativi sole-pelle, che della radiazione riflessa.** In particolare, la presenza di cespugli e siepi caratterizzati da una bassa chioma ravvicinata al suolo e da un limitato sviluppo in altezza, svolge contemporaneamente la funzione di schermo a parete e quella di barriera alla radiazione riflessa. Gli alberi, invece, fungono prevalentemente da schermi alla radiazione e solo in misura minore da schermi a parete impedendo alla radiazione solare di raggiungere le superfici laterali.

## FLUSSO DEL VENTO - 03/08/2017 ORE 14

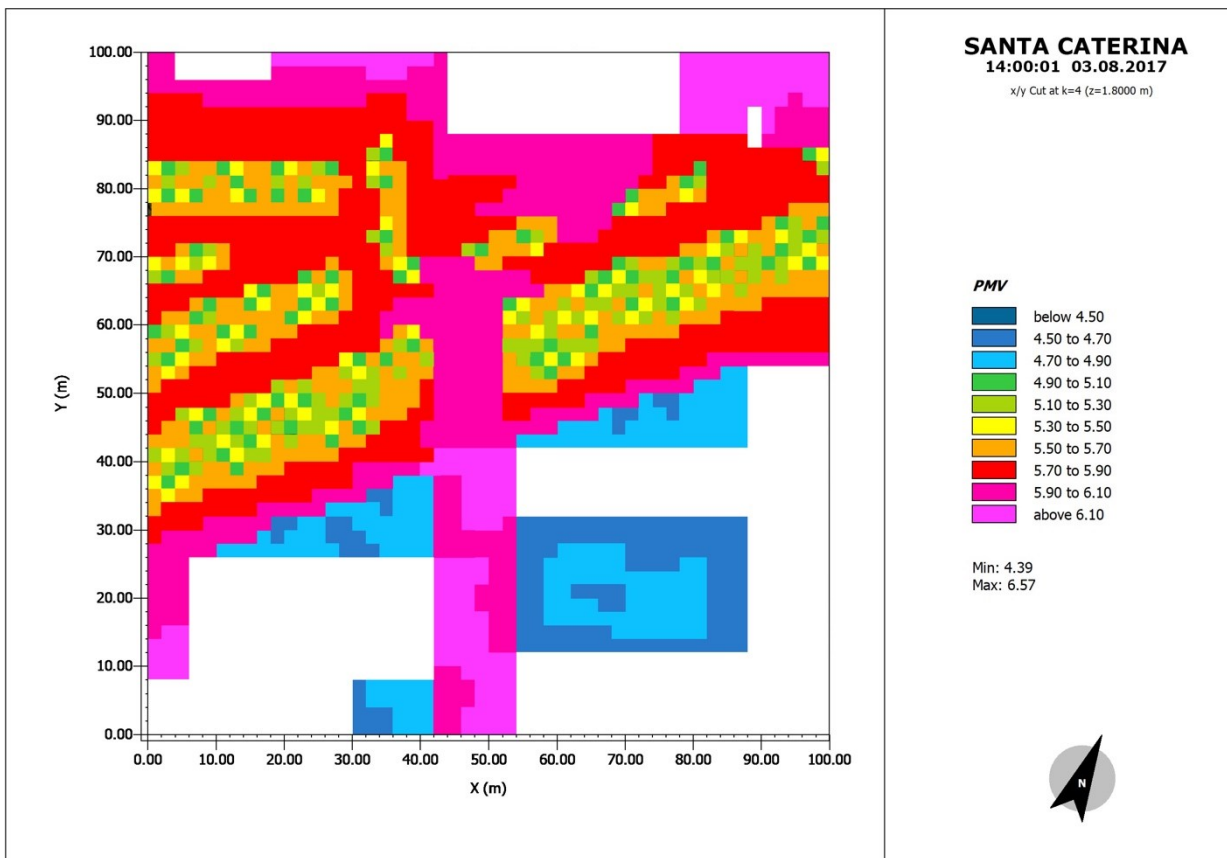
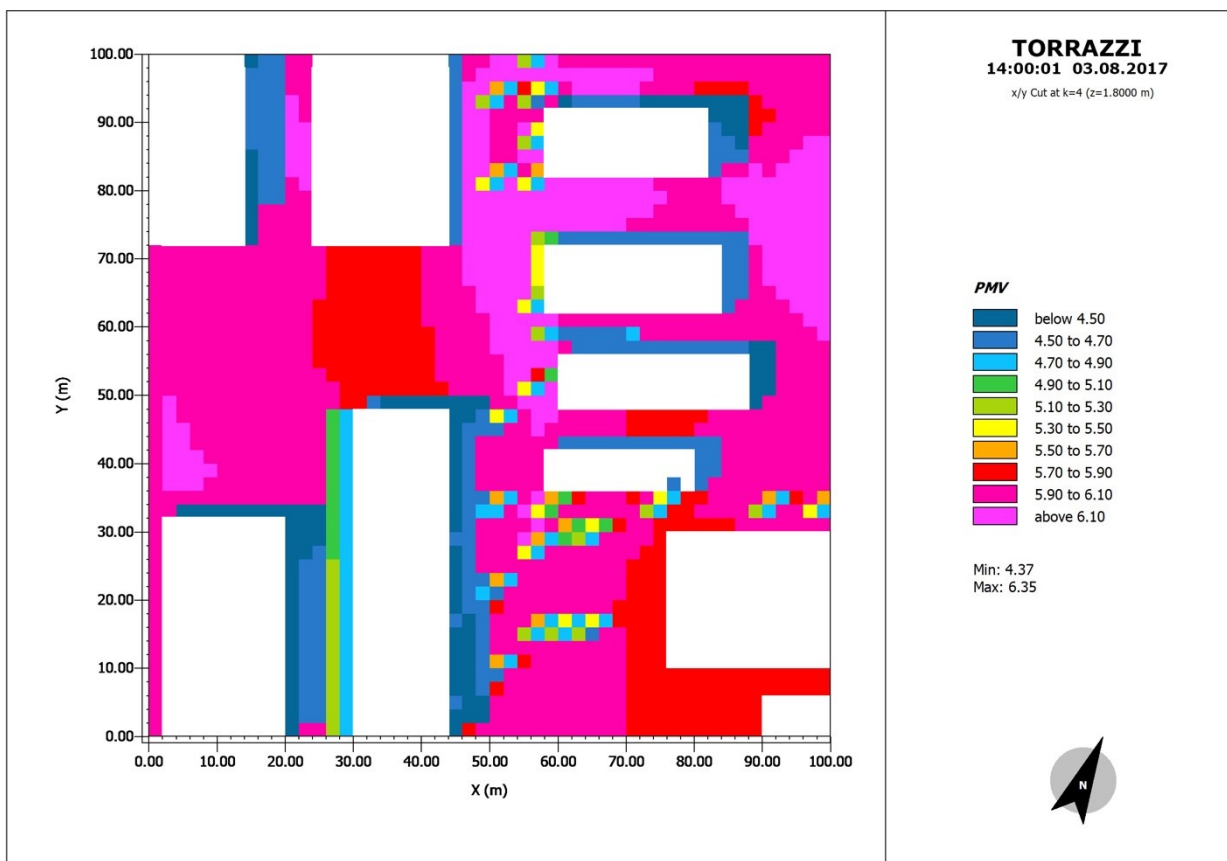


La velocità del vento è dovuta principalmente alle condizioni climatiche locali (ovvero la direzione e l'intensità dei venti prevalenti) e alle caratteristiche microclimatiche locali (ovvero la stratificazione delle masse d'aria con diverse temperature e pressione). Nella valutazione delle simulazioni si è tenuto conto che **i dati sono relativi al periodo estivo e che le aree studio si trovano in un territorio di pianura caratterizzato dalla presenza di venti di modesta entità e frequenza.**

La simulazione dei Torrazzi mostra una situazione di 'calma piatta' con valori medi lungo l'asse stradale di via Dalton che si aggirano tra 0,6 e 0,9 m/s.

Diversamente, nella mappa termografica del progetto, appare evidente come **il vento, proveniente dalla direzione nord ovest, riesca ad incanalarsi lungo via Santa Caterina, sfruttando gli spazi non costruiti tra i fabbricati industriali**, raggiungendo velocità stimate tra i 0,9 m/s e i 1,2 m/s ovvero quasi una 'bava di vento' che indubbiamente aumenta il benessere per chi attraversa l'area nelle ore più calde della giornata. **In estate, infatti, la presenza di vento, favorisce il raffrescamento grazie ad un maggior coefficiente convettivo e le infrastrutture verdi consentono di abbassare la temperatura dell'aria innescando brezze urbane. L'effetto generale che deriva dagli scambi energetici è la moderazione del microclima grazie alla formazione di venti termici generati dalla presenza massiva e continua di alberi.**

Infine, in entrambe le mappe, si segnalano turbolenze in corrispondenza degli spigoli degli edifici, probabilmente errori di bordo dovuti alla conformazione del modello e alla presenza di edifici molto vicini al limite dell'area studio.



L'indice PMV esprime il giudizio sul comfort termico attribuito dai soggetti in una data condizione microclimatica. La valutazione si basa su variabili soggettive (le attività che l'individuo svolge all'interno dell'ambiente ed il tipo di vestiario) e variabili ambientali che dipendono dalle condizioni climatiche e che influenzano il benessere termo-igrometrico (la temperatura dell'aria, l'umidità relativa, la temperatura media radiante e la velocità dell'aria).

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 presentano **valori piuttosto elevati** a dimostrare l'elevato senso di calore che si percepisce, con aree che raggiungono anche il valore 6 nei punti più caldi. Questo è comprensibile, considerando sia che le simulazioni sono state condotte in estate, nel giorno più caldo dell'anno, sia che i valori di PVM sono il risultato dalla relazione tra temperatura media radiante, dovuta alla temperatura superficiale, e i valori di umidità relativa.

**Da notare l'apporto positivo ed i valori più bassi negli spazi con maggiori dotazioni di verde, grazie alla presenza di giardini della pioggia e alberature che mitigano le alte temperature estive e permettono di creare un percorso alberato e ombreggiato con valori medi di 5.0 (molto molto caldo) accettabili nel periodo estivo.**

## 4/ CONSIDERAZIONI FINALI

Nella fase di progettazione degli spazi pubblici del Comparto è stata posta grande attenzione nell'**adozione di dotazioni verdi e NbS (soluzioni basate sulla natura)**. Tali attenzioni contribuiscono a **mitigare gli effetti del cambiamento climatico ed a migliorare le condizioni di benessere di chi frequenterà l'area**, in particolare rispetto all'aumento delle temperature e alle conseguenze sull'isola di calore urbana.

Gli impatti del cambiamento climatico sui sistemi ambientali e sulla società sono infatti sempre più evidenti e risulta prioritario, nei processi di trasformazione della città, impiegare soluzioni in grado di diminuire la vulnerabilità del territorio.

Numerosi studi e ricerche affermano che **"la città risponde meglio ai fenomeni del cambiamento climatico e dell'inquinamento atmosferico se si dota di infrastrutture ecologico-ambientali, sistemi per la mobilità sostenibile, reti per il trasporto pubblico e la mobilità ciclo-pedonale**. Nella rigenerazione degli ambiti e nelle nuove espansioni è possibile **progettare gli insediamenti affinché si possano gestire *in situ* i fenomeni del cambiamento climatico**.

**Gli spazi aperti delle città quanto più sono fisicamente integrati al progetto del tessuto urbano, tanto più possono svolgere diverse funzioni sociali, ricreative, di mitigazione e adattamento al clima.**

Il tessuto edilizio compatto non deve ostacolare i venti necessari per la mitigazione delle temperature estive in città. Se concepito tenendo conto dell'irraggiamento e della direzione dei venti, avendo cura di favorire quelli necessari al raffrescamento estivo - e ad ostacolare quelli invernali - il tessuto edilizio consente una maggiore dispersione del calore nella stagione calda con un contenimento dei consumi energetici per il *cooling*.

**Le infrastrutture cosiddette verdi e blu devono essere integrate al tessuto urbano che si sviluppa o si rigenera, avendo cura di garantire il più possibile la contiguità dell'ombra e la continuità dell'evapotraspirazione create dalle masse vegetali, ottenendo così l'abbassamento delle temperature estive, un maggiore assorbimento degli inquinanti e una riduzione del ruscellamento superficiale delle acque urbane, grazie all'effetto 'spugna' dei suoli permeabili"**<sup>2</sup>.

Il ruolo del verde nella lotta al cambiamento climatico risulta quindi indubbio e

**l'implementazione di una infrastruttura verde contigua e connessa è uno degli strumenti più efficaci per raggiungere benefici ecologici, economici e sociali.**

Recentemente, anche la *United States Environmental Protection Agency* ha indicato le infrastrutture verdi come "un presidio della salute umana e della qualità dell'aria, un fattore di riduzione della domanda di energia, di aumento dello stoccaggio del carbonio, [...]"

---

<sup>2</sup> Città per le persone. REBUS® il laboratorio in mostra – Regione Emilia-Romagna, 2018  
<http://www.rebus.site>

un'occasione di espansione degli spazi ricreativi e di aumento del valore delle aree fino al 30%<sup>3</sup>.

**L'efficacia delle soluzioni proposte per gli spazi pubblici del comparto sono testimoniate anche dalle simulazioni che, seppur rappresentando un modello ipotetico con tutti i limiti di un software complesso ed estremamente articolato, presentano valori migliorativi sia rispetto alla situazione attuale, che rispetto ad un 'tradizionale' comparto industriale.**

Modena, Novembre 2020

Il Tecnico incaricato  
arch. Luca Biancucci

---

<sup>3</sup> US EPA Agenzia per la protezione dell'ambiente  
<https://www.epa.gov/greeningepa/climate-change-adaptation-plans>

# **ALLEGATO: SIMULAZIONI COMFORT OUTDOOR TERRENO AGRICOLO**

A seguire si riportano le mappe termografiche con i dati emersi dalle simulazioni Envi-Met condotte sull'area agricola che attualmente occupa il comparto Santa Caterina.

Si tratta di terreni parzialmente coltivati o lasciati a prato spontaneo. Non sono presenti alberature, ad eccezione di una fascia centrale con arbusti e rovi selvatici pressoché inaccessibile.

