

**Comune di NONANTOLA**



**Sindaco**  
**Federica Nannetti**

**Progettista PUG**  
**Arch. Carla Ferrari**

**UT Comune di Nonantola**  
**Gianluigi Masetti, Responsabile Ufficio di Piano e RUP**  
**Elena Mariotti e Silvia Preti**

## **QUADRO CONOSCITIVO**

**ANALISI DEL COMFORT TERMICO**  
**DEL COMUNE DI NONANTOLA**

**RELAZIONE**

**a cura di**  
**AGENZIA PER L'ENERGIA LO SVILUPPO SOSTENIBILE – AESS**

**ANALISI  
DEL COMFORT TERMICO  
DEL COMUNE  
DI NONANTOLA**

Luglio 2022

## **Indice**

<b>2</b>	<b>SIMULAZIONI DEL MICROCLIMA OUTDOOR DEL COMUNE DI NONANTOLA</b>
	2 Premessa
	4 Finalità
	5 Dati di input del modello/ Dati climatici e giorni di simulazione
	6 Materiali comuni
	7 Dati di output comuni dei risultati delle simulazioni Envi-met
<b>9</b>	<b>Area 1 - zona industriale: risultati</b>
<b>20</b>	<b>Area 2- zona centro storico: risultati</b>
<b>33</b>	<b>Area 3- zona residenziale in prossimità del centro storico: risultati</b>
<b>46</b>	<b>CONCLUSIONI</b>
<b>47</b>	<b>ANALISI COMPARATIVA DEI TESSUTI URBANI DEL COMUNE DI NONANTOLA BASATA SULLE SIMULAZIONI DEL MICROCLIMA OUTDOOR SVOLTE SU TRE AREE RAPPRESENTATIVE DEL CONTESTO URBANO E INDUSTRIALE</b>

## **SIMULAZIONI DEL MICROCLIMA OUTDOOR DEL COMUNE DI NONANTOLA**

### **premessa**

Il clima può essere descritto a scale diverse: a livello globale (macroscala), riferito all'intero pianeta, quando si studiano i cambiamenti climatici nel corso dei secoli o delle ere geologiche; a livello continentale (mesoscala), nazionale o regionale, quando si valutano specifiche condizioni atmosferiche di pressione, temperatura etc., incluso le previsioni metereologiche o dati utili per l'agricoltura e le coltivazioni; e a livello urbano, riferito alla città e al territorio circostante, per valutare fenomeni dovuti a isole di calore o ondate di calore, anche ai fini della previsioni sanitarie, in particolare in estate, o allerte meteo.

A una scala inferiore, per parti di città quali strade, piazze, o isolati urbani, si parla di "microclima" o "microclima urbano" oppure "comfort urbano" e l'analisi si concentra su alcune variabili, temperatura umidità e sulla valutazione del comfort da parte delle persone quando si trovano all'esterno. La sensazione di comfort termico percepita all'esterno degli edifici (comfort outdoor) è diversa rispetto a quella percepita all'interno degli edifici (comfort indoor). Il comfort indoor dipende dalle caratteristiche tecnico-architettoniche, geometriche della stanza e dalle caratteristiche dei terminali impiantistici e può essere regolato agendo sul termostato, ad esempio, o con interventi sull'involucro edilizio (isolamento, finestre, etc.). La valutazione del comfort indoor è riferita a degli indici (PMV Voto Medio Previsto) grazie ai quali è possibile stimare qual è il giudizio (caldo, freddo, troppo caldo, neutro, etc.) che una persona andrà a esprimere quando si trova in quella stanza.

Il comfort outdoor, invece, anche se dipende dalle stesse variabili, temperatura, umidità dell'aria, radiazione, velocità del vento, etc. dipende prevalentemente dalle caratteristiche delle pavimentazione, ovvero dalla capacità di riflettere la radiazione solare (albedo o riflettanza) dell'asfalto, del cemento, del prato, etc., dalle ombre portate dagli edifici e dalla evotraspirazione degli alberi e dei prati. Inoltre, a differenza degli ambienti indoor, non esiste un "termostato" per regolare il microclima di una piazza, o di un parco o di una strada, per poter migliorare il comfort termico percepito occorre agire o sulla pavimentazione, o sulla ombreggiatura, oppure sul verde urbano. In questo caso il comfort outdoor è riferito alla PET (*Physiology Equivalent Temperature* o Temperatura Fisiologica Equivalente) che esprime gli scambi energetici tra corpo umano e ambiente esterno, restituendo una sorta di "temperatura percepita" dal corpo in base a tali scambi energetici (ad esempio in estate maggiori sono gli scambi energetici maggiore è la temperatura percepita, si sentirà più caldo).

Il software di modellazione microclimatica Envi-met consente di studiare e simulare le variabili microclimatiche di un ambiente urbano e di restituire il comfort termico delle persone, a seconda dell'orario e delle caratteristiche degli edifici, della pavimentazione e del verde.

Le mappe del microclima esterno (OMM - outdoor microclimate map) sono una sorta di carta metereologica riferita a una porzione della città e, come le carte meteo, riportano le isolinee delle diverse variabili: temperatura, umidità relativa, velocità del vento, temperatura delle superfici e comfort termico (PET). Grazie alle mappe è possibile conoscere qual è la distribuzione delle temperature in una piazza, ad esempio, oppure il livello di comfort e quindi operare di conseguenza delle scelte: posizionare le panchine dove vi è una situazione di comfort, oppure mettere in sede delle alberatura per ridurre la temperatura. I risultati sono riferiti ad alcune ore specifiche del giorno, come di seguito illustrato.

La presente relazione riporta i risultati delle simulazioni svolte con Envi-met per tre aree del comune di Nonantola. Le mappe descrivono, per un giorno estivo rappresentativo, la distribuzione delle variabili climatiche e del comfort termico, in base allo stato di fatto. A partire da tali mappe è possibile attivare percorsi progettuali per migliorare le condizioni microclimatiche locali.

### **FINALITÀ**

La relazione riporta i risultati dell'analisi climatica di tre aree, due in contesto urbano e uno dell'area industriale, del comune di Nonantola (MO)

L'analisi climatica consiste nella simulazione delle condizioni microclimatiche al suolo delle principali variabili fisiche: temperature dell'aria, umidità relativa, temperatura superficiale e velocità del vento; e della sensazione di comfort percepita dalle persone negli spazi aperti.

L'obiettivo dell'analisi è la elaborazione di mappe del microclima esterno (*Outdoor Microclimate Map* – OMM) che descrivono la variazione, all'interno dell'area di simulazione, delle singole variabili, al fine da comprendere le condizioni microclimatiche dello stato di fatto - con la relativa individuazione delle situazioni

o aree con particolari o specifiche condizioni microclimatiche “problematiche” (temperature di picco, aria secca, zone di vento turbolente etc.).

Le simulazioni sono state svolte con il software ENVI-MET V.5 ([www.envi-met.com](http://www.envi-met.com), licenza AESS Agenzia per l’Energia e lo Sviluppo Sostenibile di Modena) che, come riporta la *software house*, è un software olistico tridimensionale non-idrostatico per la simulazione delle interazioni tra superfici piante e aria, utilizzato per la simulazione dell’ambiente urbano e gli effetti delle scelte di arredo e verde urbano. Il software fornisce una risoluzione orizzontale (mappa) con un livello di dettaglio dai 0,5 ai 5 metri con un intervallo di tempo di 24-48 ore.

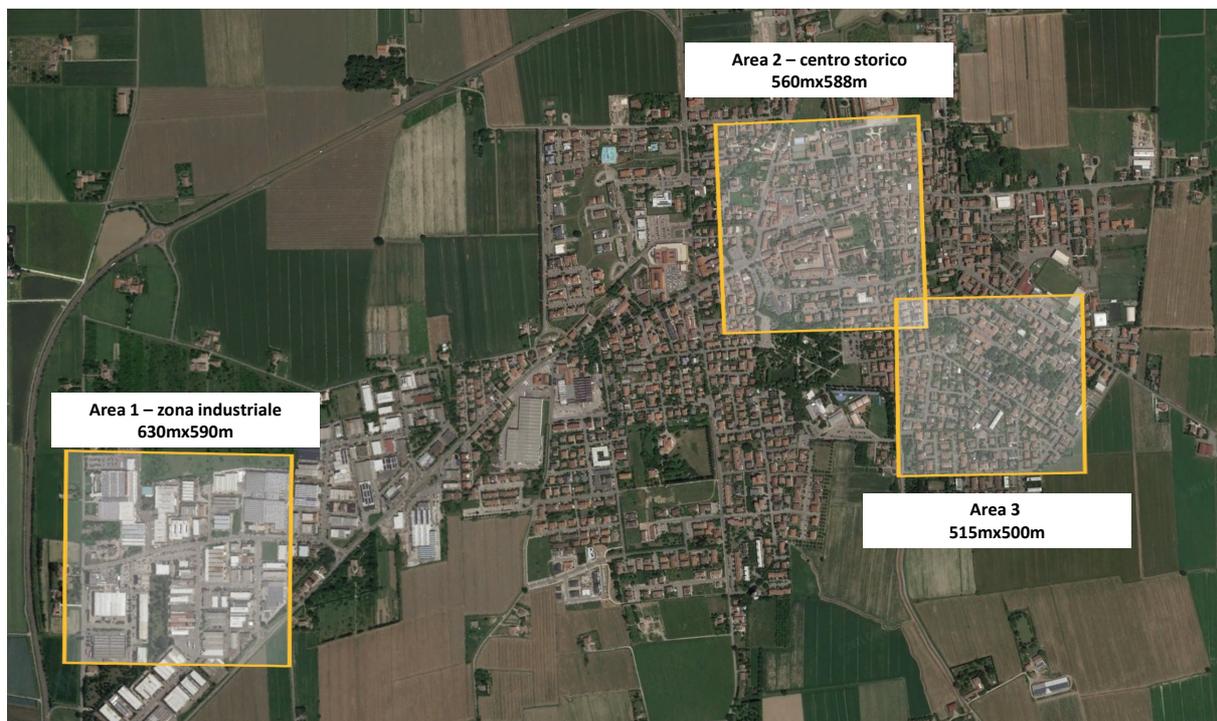


Figura 1 – Comune di Nonantola: individuazione delle tre aree oggetto di simulazione e relative dimensioni del modello Envi-met

La ragione della scelta di tre aree per la modellazione Envi-met anziché dell’intero comune, è determinata dall’accuratezza dei risultati della simulazione software. In altri termini, in relazione alle possibilità di calcolo e restituzione dei dati un’area di dimensioni tra 500mx500m e 600mx600m, fornisce una accuratezza di dettaglio corrispondente a singole celle da 5mx5m; maglie di dimensioni maggiori non consentirebbero di valutare gli effetti di elementi urbani quali le alberature, le superfici a verde, le singole strade. La dimensione dell’area è dimensionata in maniera tale da ridurre l’effetto di bordo, ovvero gli errori dovuti al calcolo e approssimazione delle variabili in prossimità del bordo dell’area, a circa due delle (10m) rispetto al confine dell’area.

Il modello virtuale rappresenta porzione della totalità della realtà fisica, è quindi necessario definire una area di bordo per garantire che non vi siano errori nel calcolo, tra il dato reale e quello simulato, dovuti a situazioni specifiche presenti nel confine del modello.

## DATI DI INPUT DEL MODELLO/ DATI CLIMATICI E GIORNI DI SIMULAZIONE

I dati di input climatici delle tre aree sono comuni e ottenuti dalla piattaforma ARPAE DEXTER e riferiti alla variazione di temperatura dell'aria media oraria 2 m dal suolo (in °C) e umidità relativa dell'aria media oraria 2 m dal suolo (in %), su base oraria, del giorno di simulazione, come richiesto dal software. I dati relativi al vento sono elaborati su dati ARPAE e riferiti a una media di due anni.

Non sono presenti stazioni climatiche nel comune di Nonantola, pertanto i dati climatici sono stati ottenuti quali valori media delle stazioni climatiche di S.Agata Bolognese, Castelfranco Emilia e Albareto (Tabelle 1 e 2). Tali stazioni climatiche non riportano il valore del vento, per questa ragione la direzione prevalente giornaliera del vento (degree) e la velocità media giornaliera scalare del vento (m/s), a 10 m dal suolo, si è fatto riferimento alla stazione di Cassa Dosolo mediata con quella di Modena.

**Il valore medio giornaliero della temperatura è pari a 23 °C mentre per l'umidità è pari a 80% mentre i dati diurni (ore 8:00 – 18:00) sono, rispettivamente, 26 °C e 70% .**

La direzione del vento considerata è 0 gradi nord con velocità pari a 1, 75 m/s. Si vuole sottolineare che nella Pianura Padana, ad eccezione delle zone in prossimità delle colline, il vento non incide in maniera significativa e si può ritenere l'aria "ferma" come riportano anche i risultati, ad eccezione di qualche specifica condizione dettata dalla configurazione urbanistica che favorisce un molto debole "effetto Venturi".

La data scelta quale giorno rappresentativo per la simulazione è il 27 luglio 2019, quale giorno medio estivo.

Tabella 1 Temperatura dell'aria media oraria a 2 m dal suolo (°C) (fonte ARPAER)

Fine validità (UTC)	S. Agata Bolognese	Castelfranco Emilia	Albareto	MEDIA PER ENVI-MET	
27/07/2019 00:00:00	21,60	21,70	20,9		<b>21,40</b>
27/07/2019 01:00:00	21,10	21,40	20,7		<b>21,07</b>
27/07/2019 02:00:00	20,80	20,80	20,1		<b>20,57</b>
27/07/2019 03:00:00	20,70	20,70	20,3		<b>20,57</b>
27/07/2019 04:00:00	20,30	20,20	20,0		<b>20,17</b>
27/07/2019 05:00:00	20,40	20,50	20,6		<b>20,50</b>
27/07/2019 06:00:00	22,20	23,70	22,4		<b>22,77</b>
27/07/2019 07:00:00	24,30	25,50	24,5		<b>24,77</b>
27/07/2019 08:00:00	25,90	27,70	26,6		<b>26,73</b>
27/07/2019 09:00:00	27,90	29,20	27,4		<b>28,17</b>
27/07/2019 10:00:00	28,90	29,40	28,2		<b>28,83</b>
27/07/2019 11:00:00	29,70	30,10	29,1		<b>29,63</b>
27/07/2019 12:00:00	30,50	28,20	28,8		<b>29,17</b>
27/07/2019 13:00:00	21,80	22,00	23,7		<b>22,50</b>
27/07/2019 14:00:00	20,90	22,00	23,0		<b>21,97</b>
27/07/2019 15:00:00	24,10	26,50	26,4		<b>25,67</b>
27/07/2019 16:00:00	25,90	26,80	26,6		<b>26,43</b>
27/07/2019 17:00:00	24,50	25,30	24,7		<b>24,83</b>
27/07/2019 18:00:00	21,00	21,20	19,7		<b>20,63</b>
27/07/2019 19:00:00	19,00	19,00	18,3		<b>18,77</b>
27/07/2019 20:00:00	18,70	18,60	18,3		<b>18,53</b>
27/07/2019 21:00:00	18,60	18,60	18,5		<b>18,57</b>
27/07/2019 22:00:00	18,60	18,60	18,6		<b>18,60</b>
27/07/2019 23:00:00	18,60	18,40	18,2		<b>18,40</b>

Tabella 2 Umidità relativa dell'aria media oraria a 2 m dal suolo (%) (fonte ARPAER)

Fine validità (UTC)	S. Agata Bolognese	Castelfranco Emilia	Albareto	MEDIA PER ENVI-MET	
27/07/2019 00:00:00	86,00	88,00	94,00		89
27/07/2019 01:00:00	89,00	88,00	95,00		91
27/07/2019 02:00:00	90,00	88,00	95,00		91
27/07/2019 03:00:00	89,00	88,00	95,00		91
27/07/2019 04:00:00	90,00	88,00	96,00		91
27/07/2019 05:00:00	91,00	88,00	96,00		92
27/07/2019 06:00:00	86,00	88,00	90,00		88
27/07/2019 07:00:00	75,00	88,00	80,00		81
27/07/2019 08:00:00	67,00	88,00	70,00		75
27/07/2019 09:00:00	59,00	88,00	68,00		72
27/07/2019 10:00:00	53,00	88,00	65,00		69
27/07/2019 11:00:00	49,00	88,00	61,00		66
27/07/2019 12:00:00	43,00	88,00	60,00		64
27/07/2019 13:00:00	69,00	88,00	77,00		78
27/07/2019 14:00:00	78,00	88,00	71,00		79
27/07/2019 15:00:00	64,00	88,00	54,00		69
27/07/2019 16:00:00	58,00	88,00	56,00		67
27/07/2019 17:00:00	60,00	88,00	64,00		71
27/07/2019 18:00:00	78,00	88,00	86,00		84
27/07/2019 19:00:00	89,00	88,00	95,00		91
27/07/2019 20:00:00	91,00	88,00	95,00		91
27/07/2019 21:00:00	92,00	88,00	95,00		92
27/07/2019 22:00:00	92,00	88,00	94,00		91
27/07/2019 23:00:00	90,00	88,00	93,00		90

## MATERIALI COMUNI

Il materiale di default per i muri degli edifici è "concret wall" (intonaco) e per il tetto è "tile" (tegole).

Il terreno è simulato come "Loamy Soil" (argilla), "Ashpalt" (asfalto) e "Concrete Pavement Light" (pavimentazioni diverse dall'asfalto in cemento, betonelle o assimilabili).

Il materiale "tile" (tegole) è stato utilizzato anche per le coperture dei capannoni. La scelta non dà un risultato sfalsato per quanto riguarda la temperatura superficiale, poiché il software Envi-met restituisce la temperatura superficiale delle superfici a quota k=0 (zero) alla quota di calpestio. In altri termini, mentre è possibile scegliere a che quota "tagliare" la mappa per le variabili temperatura dell'aria, umidità del vento, etc. per quanto riguarda la temperatura superficiale questo non è possibile; pertanto il valore relativo agli edifici non è significativo in quanto le mappe si riferiscono agli spazi aperti.

La vegetazione è simulata adottando il materiale "Grass" (prato) per le aree a prato e "Grass dense" per le aree, e le alberature adottate corrispondono alle essenze dello stato di fatto equiparate, per dimensioni e fogliame, alla tipologia di alberatura in Envi-met "Frassinux".

## DATI DI OUTPUT COMUNI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI ENVI-MET

La valutazione dei risultati dello stato di fatto e degli scenari di progetto, di seguito riportata, è riferito alle Mappe Microclimatiche per ciascuna variabile:

- temperatura dell'aria a 1,5 metri dal suolo, espressa in °C, che consente di verificare gli scambi termici diretti (calore sensibile) tra soggetto e l'ambiente;
- umidità relative dell'aria a 1,5 metri dal suolo, espressa in °C, che consente di valutare gli scambi di massa e di energia (calore latente) tra soggetto, ambiente e la componente vegetale (prati, alberi, etc.);
- temperature superficiale, in °C, che esprime la temperature con la quale la superficie scambia energia per irraggiamento con il soggetto e con l'ambiente, e dipende dalle caratteristiche fisiche dei materiali (riflettanza o albedo) e dal fattore di vista, ovvero dal rapporto tra aree edificate e aree libere;
- direzione e velocità del vento, le mappe riportano il vettore velocità del vento, la cui lunghezza corrisponde alla intensità in m/s, e la direzione. In ambito urbano la velocità del vento dipende dal contesto climatico generale (in questo caso la pianura padana) e della configurazione urbana (aree aperte/chiuso, effetto venturi, etc.);
- Physiologic Equivalent Temperature (PET), espressa in °C, che esprime il comfort termico percepito da un soggetto nelle condizioni microclimatiche sopra riportate e alle caratteristiche del soggetto stesso. Nelle simulazioni il soggetto è riferito a una persona "standard" maschio di 35 anni altezza 1.75 m, con attività metabolica modesta (leggera camminata) e un vestiario estivo (0.9 clo). La PET consente di valutare gli effetti percepiti dalla persona riferiti al proprio comfort termico, rispetto alle condizioni microclimatiche sopra descritte. A ogni temperatura della PET corrisponde una percezione termica e un grado fisiologico di stress termico (Tabella 2).

Tabella 3 Valori percepiti corrispondente sensazione termica della PET (Physiological Effective Temperature)

PET (°C) range valori $\pm 2^\circ\text{C}$	Percezione termica	Grado fisiologico di stress termico
minore di 4°C	Molto freddo	Estremo stress da freddo
4	Freddo	Forte stress da freddo
8	Fresco	Moderato stress da freddo
13	Leggermente Fresco	Lieve stress da freddo
18	Confortevole	Nessuno stress termico
23	Leggermente caldo	Lieve stress da caldo
29	Caldo	Moderato stress da caldo
35	Molto caldo	Forte stress da caldo
41	Molto molto caldo	Estremo stress da caldo
maggiore di 42 °C	Veramente molto caldo (bollente)	Massimo stress da caldo Rischio colpo di calore

Nel caso specifico i risultati riportano valori di PET anche superiori ai 40°C, e superiori al valore confortevole di 18°C. Si tratta di una situazione ovvia dato che le simulazioni sono riferite a un giorno estivo durante il quale è normale attendersi una sensazione di caldo.

Le mappe microclimatiche riportano l'andamento e la distribuzione delle variabili nello spazio, rappresentate mediante aree di colore diverse e isolinee, con relativa legenda.

I risultati delle simulazioni, per ciascuna variabile, sono riferiti al 27 luglio 2019, alle ore 11:00, 15:00 e 17:00 quali orari rappresentativi per le giornate estive.

**DI SEGUITO SI RIPORTANO I RISULTATI E LE MAPPE MICROCLIMATICHE, PER CIASCUNA VARIABILE, RIFERITE ALLO STATO DI FATTO (QUADRO DIAGNOSTICO) E AGLI SCENARI DI PROGETTO.**

**Le mappe microclimatiche sono corredate da commenti e osservazioni specifiche.**

Le simulazioni e i relativi commenti e osservazioni specifici sono state redatte dagli architetti Kristian Fabbri e Adele Ricci utilizzando la licenze di Envi-met intestata ad AESS.

## AREA 1 – ZONA INDUSTRIALE: RISULTATI

L'area 1 è riferita alla zona industriale (figura 2) Dimensioni area: 630mx590m, Dimensione celle: 5mx5m corrispondenti a 126x118 celle nel modello Space di Envi-met (14868 celle in totale). Rotazione nord: - 28°

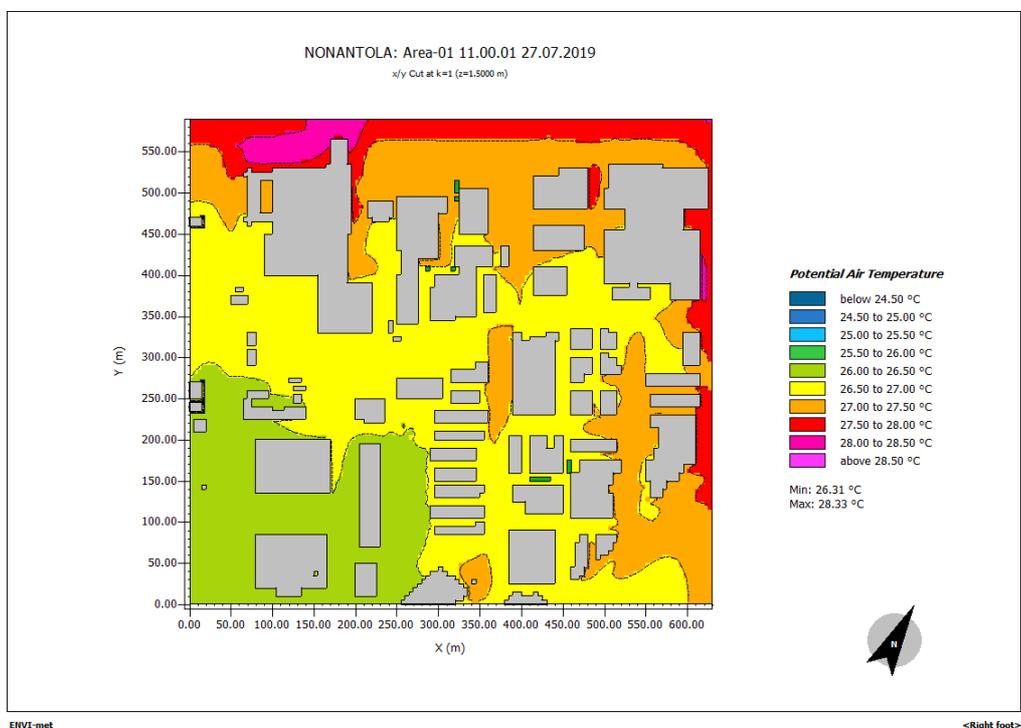
L'area è caratterizzata dalla presenza di fabbricati industriali di ampie dimensioni che coprono l'intera area. A nord, est e sud l'area è circondata da campi coltivati che consentono di limitare l'effetto delle isole di calore e che il modello, in parte, restituisce. Al suo interno l'area vede la presenza di ampie superfici asfaltate per strade e parcheggi, che incidono sulla temperatura superficiale, e alcune aree a prato e alberate.



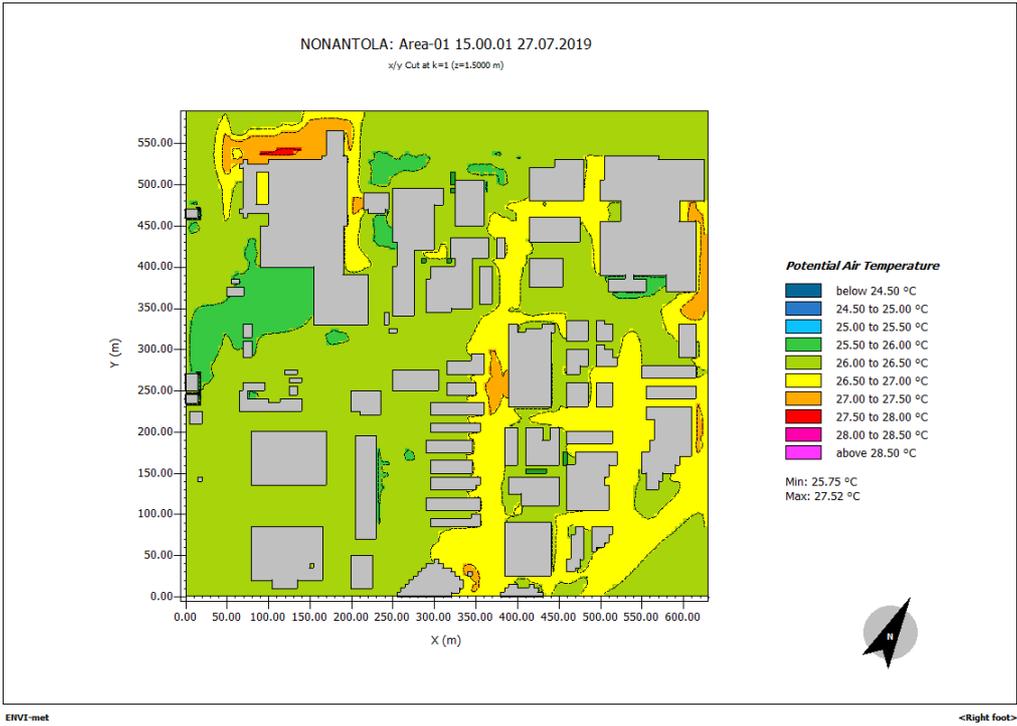
*Figura 2 - Area 01: Zona industriale*

## Temperature dell'aria (°C)

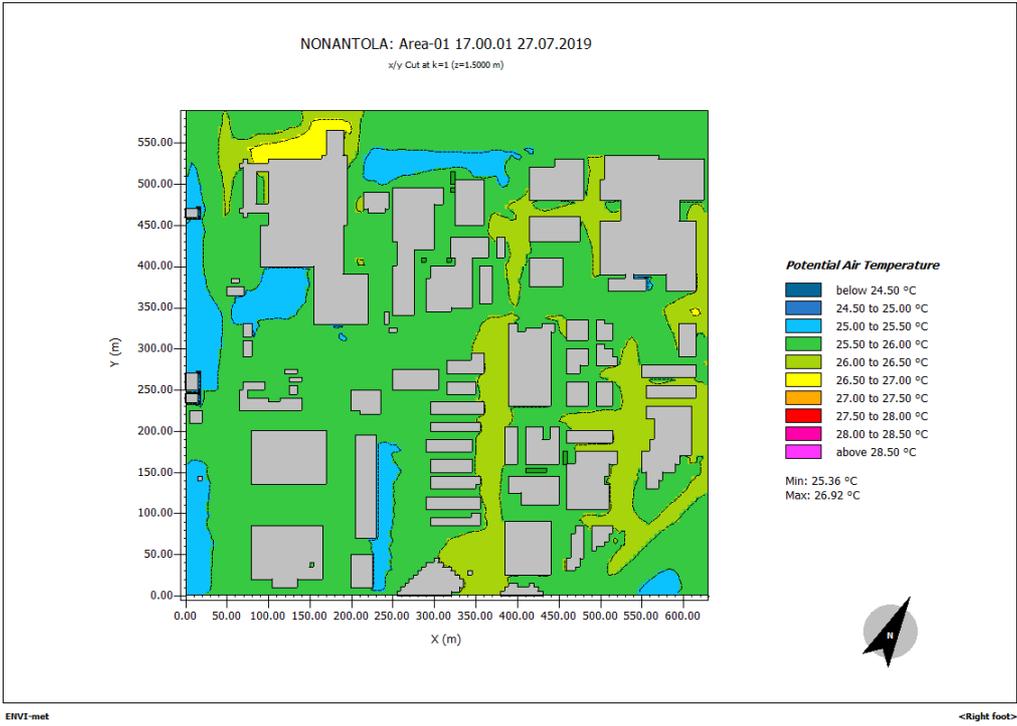
Le mappe della Potential Air Temperature ovvero della Temperatura dell'aria a 1,5 metri dal suolo mostra una distribuzione dei valori maggiori in prossimità delle aree con maggiore presenza della pavimentazione ad asfalto (area a est, a destra in basso nelle immagini). Di contro, al mattino, i maggiori valori sono presenti nella porzione d'area adibita a verde e campi coltivati (in alto nel disegno) fenomeno, probabilmente, dovuto all'assenza di edifici con le conseguenti ombre portate e dalla presenza del limite di bordo dell'area di simulazione. Il range dei valori, durante la giornata è compresa tra i 25.3°C e il 26.9°C con un'oscillazione diurna di circa  $\pm 1.6^\circ\text{C}$ , differenza che non consente di caratterizzare porzioni dell'area con specifiche caratteristiche, infatti le variazioni di cui sopra sono dell'ordine di  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  pertanto si può considerare l'area come omogenea. In sintesi, per quanto riguarda la temperatura dell'aria si può considerare l'area come omogenea con una leggera influenza delle aree a verde prato o coltivazioni (aree azzurre ore 17:00) e asfaltate (aree gialle ore 11:00 e 15:00).



Risultato Temperatura dell'aria ore 11:00



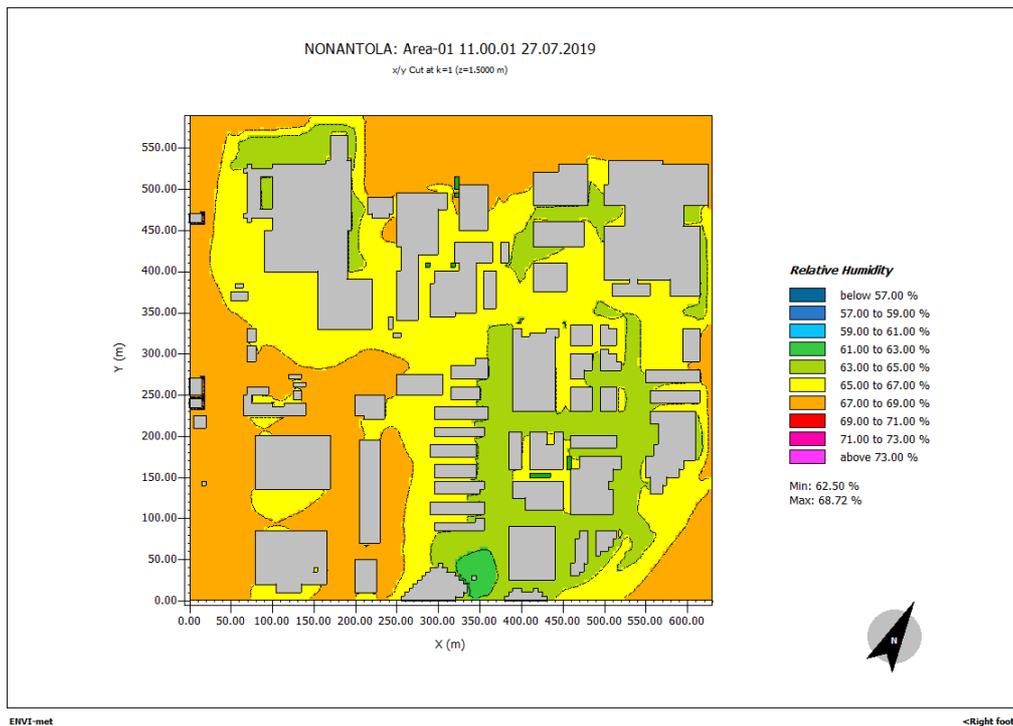
*Risultato Temperatura dell'aria ore 15:00*



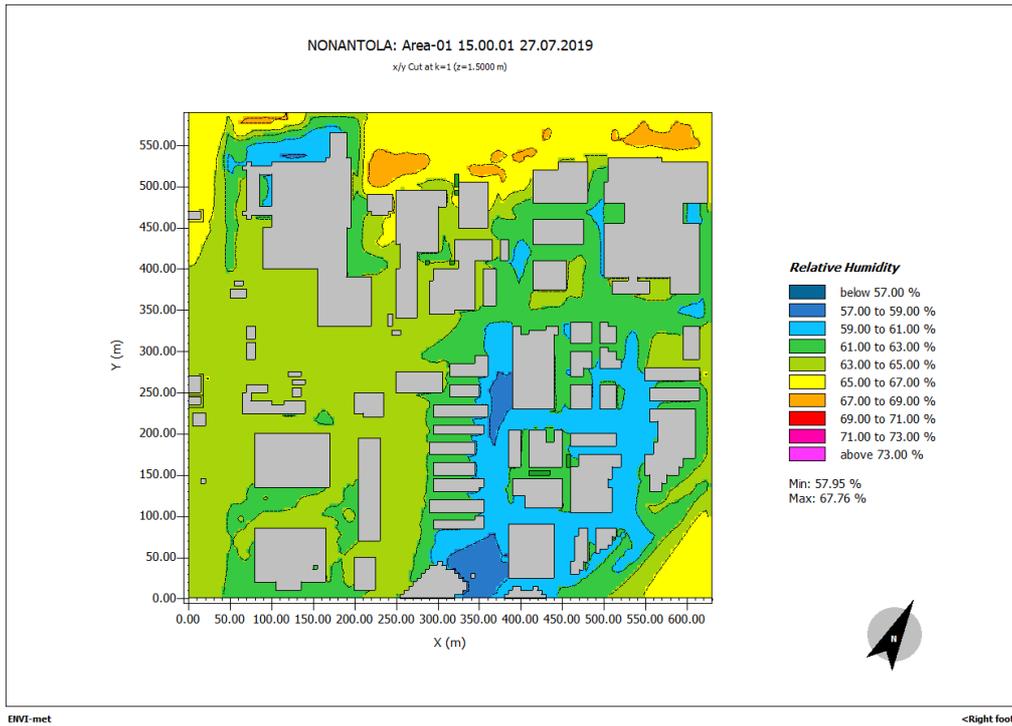
*Risultato Temperatura dell'aria ore 17:00*

## Umidità relativa (%)

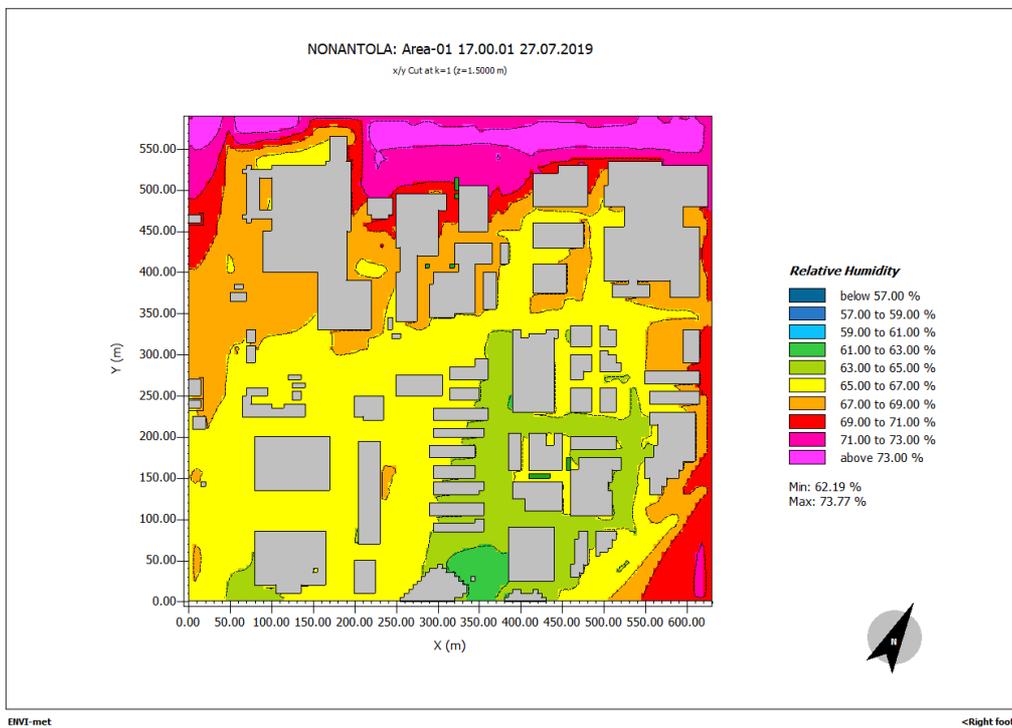
Le mappe della Relative Humidity ovvero della Umidità Relativa (%) dell'aria a 1,5 metri dal suolo mostrano un'area con valori superiori al 55% - 60% per l'intera area con una variazione giornaliera di circa il 5% tra mattina, pomeriggio e sera. Rispetto a tale valore medio le mappe mostrano un'area con valori inferiori nella zona a est (in basso a destra del disegno) dove sono presenti sia le aree maggiormente asfaltate sia maggiore densità degli edifici, a dimostrazione del ruolo svolto dal rapporto vuoto/pieno nell'area. In altri termini, lì dove le aree libere sono più ampie i range di umidità relativa corrispondono a quelli medi della giornata, mentre lì dove l'urbanizzazione e l'edificato è maggiore si notano variazioni rispetto alle condizioni climatiche medie giornaliere.



Risultato Umidità Relativa dell'aria ore 11:00



*Risultato Umidità Relativa dell'aria ore 15:00*

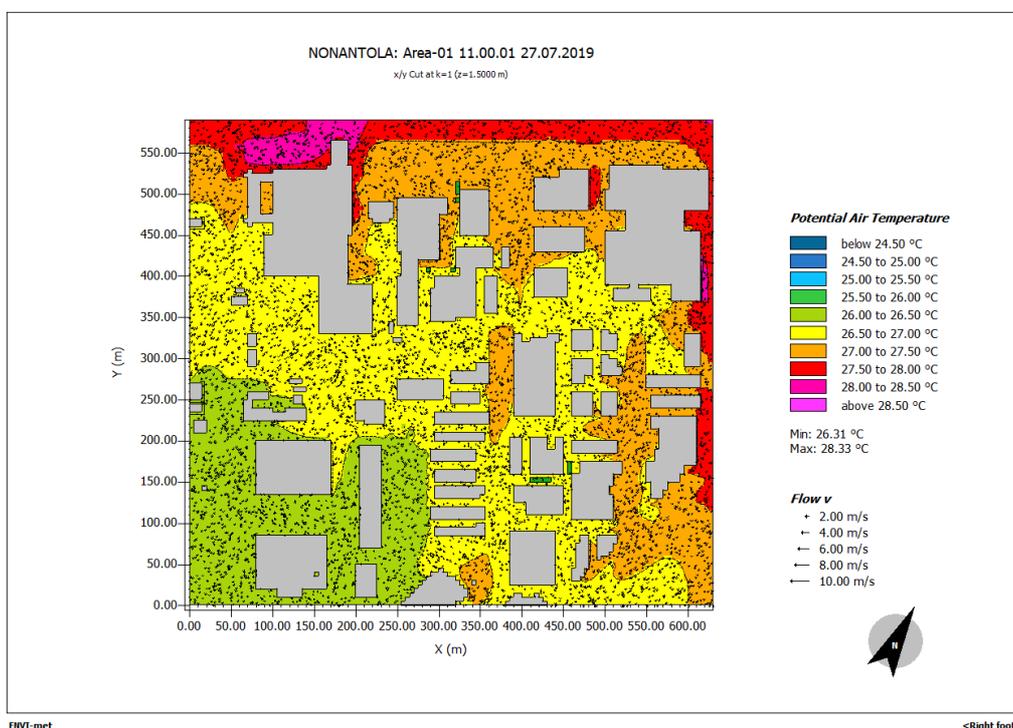


*Risultato Umidità Relativa dell'aria ore 17:00*

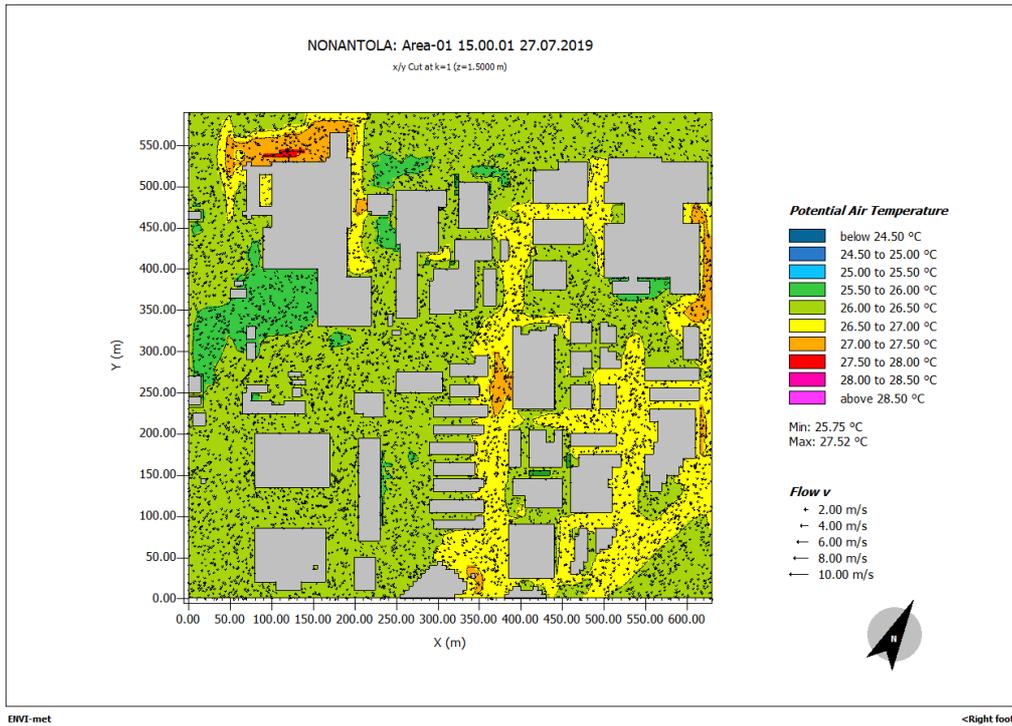
## Velocità del vento (m/s)

Le mappe della Potential Air Temperature e wind speed, ovvero della temperature e velocità dell'aria a 1,5 metri dal suolo, mostrano una situazione di sostanziale immobilità, ovvero non sono presenti né direzioni prevalenti del vento, né specifici elementi o fenomeni locali, ad esempio dovuto a 'effetto Venturi' per la configurazione dell'area.

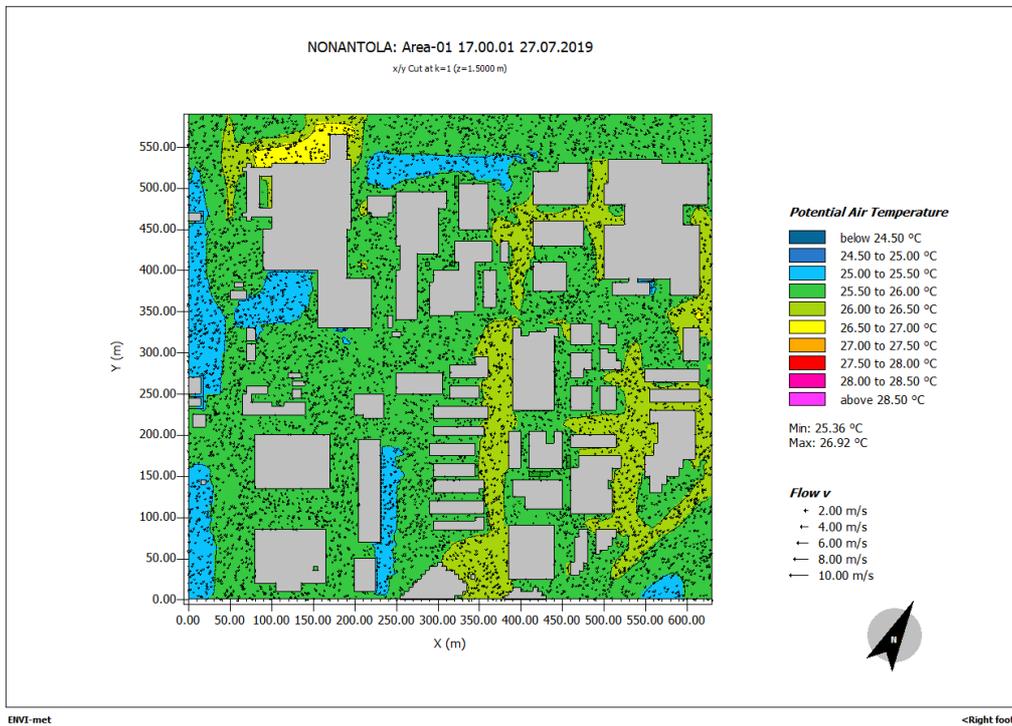
Le singole aree mostrano graficamente, con delle piccole frecce, direzione e velocità del vento, come riportato nella leggenda in basso (Flow v): a una maggiore lunghezza della freccia corrisponde una maggiore velocità del vento a 1,5 metri dal suolo. I risultati mostrano delle frecce di dimensioni quasi puntiformi ovvero con velocità inferiore a 2 m/s, comprese tra 0 m/s e 1,5 m/s. In prossimità degli edifici nell'area maggiormente edificata (quadrante destro in basso dell'immagine) si nota una maggiore densità dei punti ma non tali da ipotizzare, appunto, fenomeni di brezza o di turbolenze differenti rispetto al resto dell'area.



Risultato velocità del vento ore 11:00



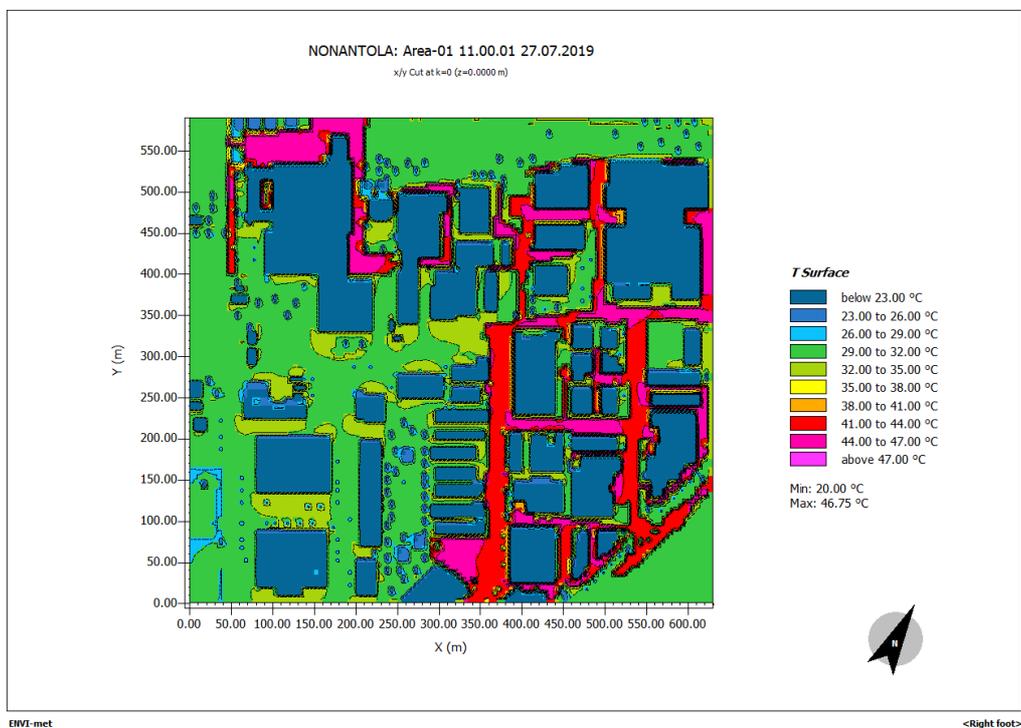
*Risultato velocità del vento ore 15:00*



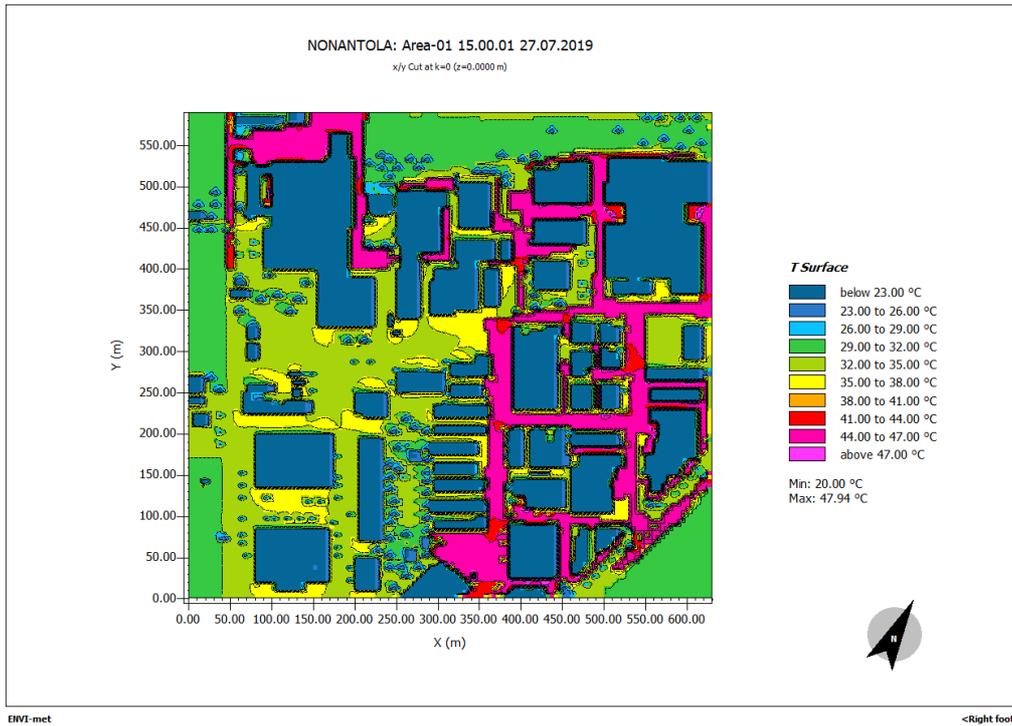
*Risultato velocità del vento ore 17:00*

## Temperatura superficiale (°C)

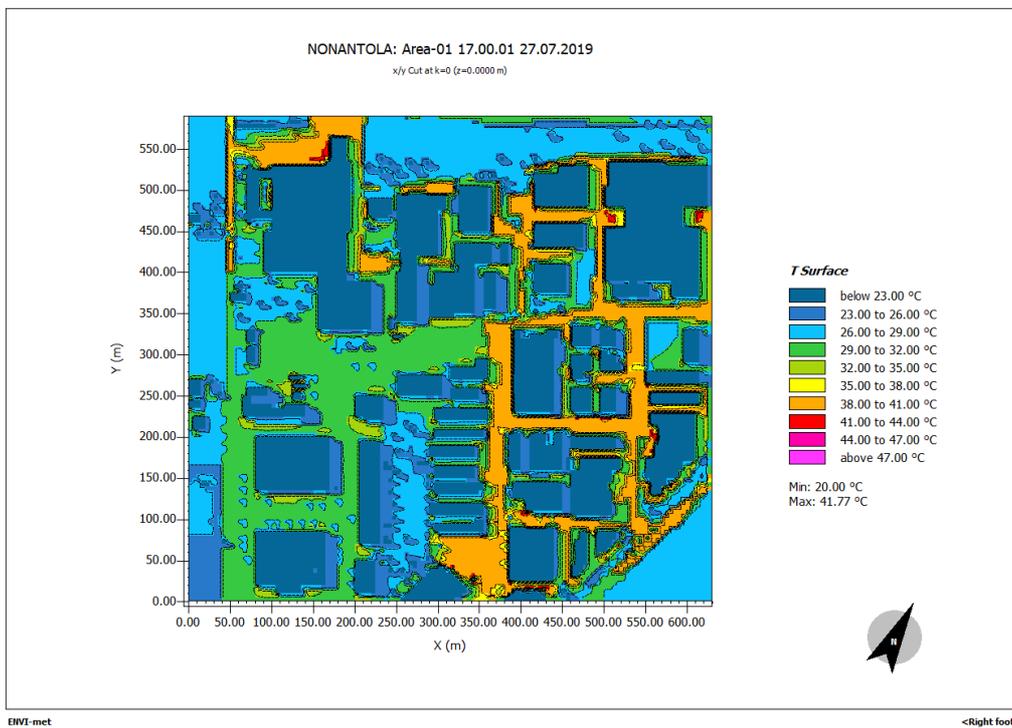
Le mappe della Surface Temperature riportano la temperatura superficiale delle superfici, espresse in °C. A chiarimento: tali temperature sono quelle emittenti (secondo le leggi dell'irraggiamento e del corpo nero, in base alla emissività, riflettanza o albedo della superficie) e non quelle di contatto. Le mappe, com'è ovvio, riportano notevole differenze tra le superfici pavimentato e mineralizzate, ovvero asfaltate, che raggiungono temperature superiori ai 41°C e le superfici a verde o con maggiori aree alberate, con temperature di circa 26°C, mentre gli edifici hanno temperature inferiori ai 23°C. Nell'arco della giornata le aree pavimentate e non pavimentate mostrano una variazione della temperatura. Nello specifico, le aree pavimentate variano tra i 41°C del mattino ai 47°C del pomeriggio ai 38°C della sera con una escursione di almeno 10°C giornalieri. Nelle aree non pavimentate, a verde o con alberature, l'escursione termica varia tra i 29°C al mattino, 38°C al pomeriggio e 26°C la sera, come per le aree non pavimentate mantenendo uno scarto di 12°C tra le due tipologie di pavimentazione. In sintesi, dall'analisi risulta evidente il ruolo che le aree asfaltate e pavimentate hanno rispetto alle temperature superficiali e alla riflessione della radiazione solare nell'area.



Risultato temperatura superficiale ore 11:00



*Risultato temperatura superficiale ore 15:00*



*Risultato temperatura superficiale ore 17:00*

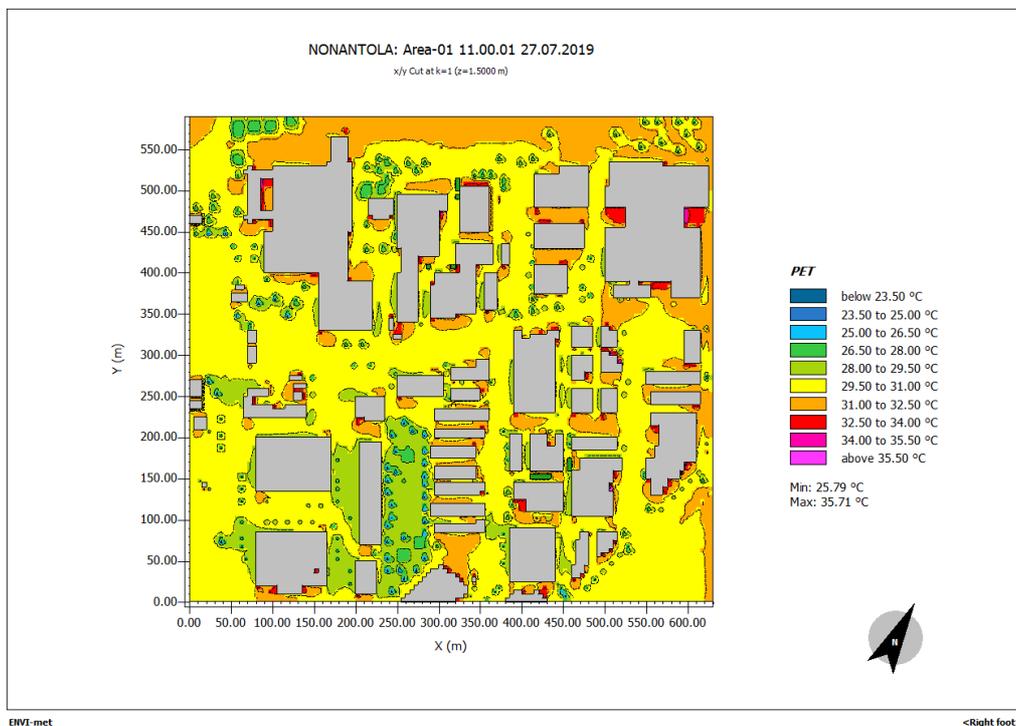
## PET Physiological Equivalent Temperature (°C)

Le mappe della PET Physiological Equivalent Temperature a 1,5 metri dal suolo, consentono di valutare l'effetto combinato delle variabili precedenti rispetto alla percezione del comfort da parte delle persone.

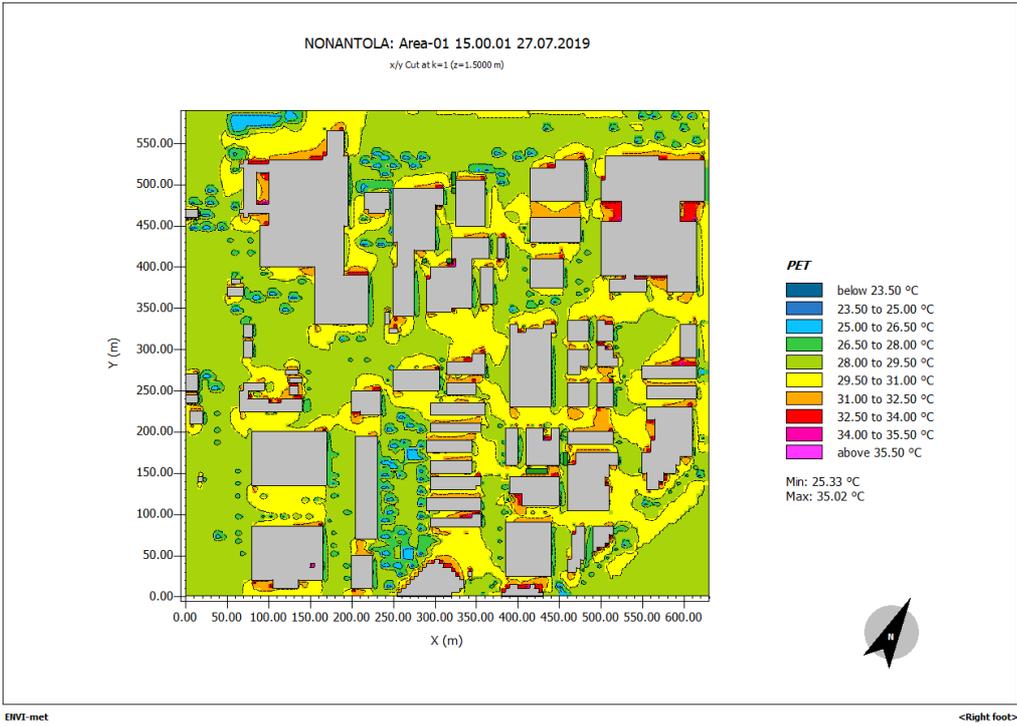
La mappe della PET riportano un range di valori compresi minimi tra 22°C- 25 °C e massimi tra 32°C - 35°C , ovvero rispetto alla scala dei valori percepiti corrispondenti alla sensazione termica tra 'Leggermente caldo / lieve stress da caldo' e 'Molto caldo / Forte stress da caldo'. Dato che la simulazione è svolta per la giornata del 27 luglio, la percezione della sensazione termica calda si può considerare come condizione attesa per la stagione estiva, ciò chiarito occorre sottolineare che l'area non presenta valori superiore ai 41°C quindi non sono presenti aree o momenti della giornata durante i quali vi possono essere le condizioni di estremo stress da caldo', condizione che si configura come positiva per l'intera area.

Scendendo nel dettaglio delle singole mappe risulta che nelle aree in prossimità degli edifici e dei parcheggi la temperature percepita è tra 29°C e 30°C (area gialla nella mappa ore 11:00), corrispondente a una sensazione di 'Caldo', valore che poi scende a 28°C e a 26°C durante il pomeriggio e la sera. Si sottolinea che l'area a parco alberato, al centro in basso delle mappe, mostra una valore di PET migliore rispetto al resto dell'area per tutti gli orari, a conferma dell'effetto benefico delle alberature.

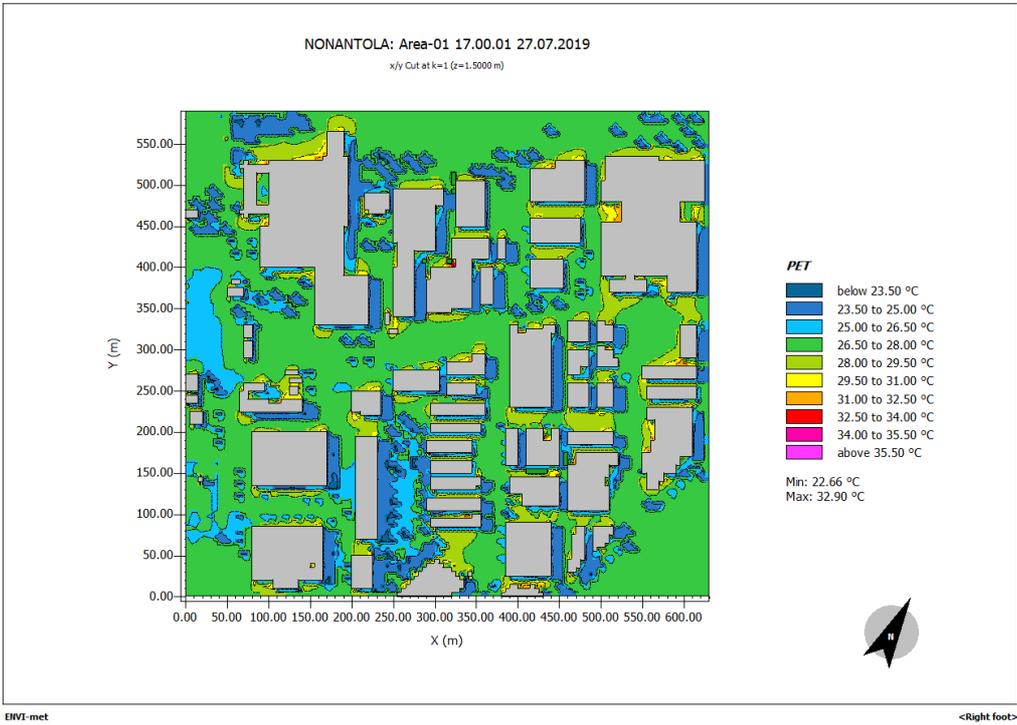
In conclusione, per quanto riguarda il comfort percepito, non vi sono condizioni di anomalia o di stress dell'area tali da richiedere interventi urgenti. Resta comunque possibile agire sulle aree pavimentate per ridurre la temperatura superficiale e gli scambi radiativi che, presumibilmente, costituiscono l'elemento che influenza in maniera maggiore la percezione del comfort.



Risultato PET ore 11:00



*Risultato PET ore 15:00*



*Risultato PET ore 17:00*

## AREA 2 – ZONA CENTRO STORICO : RISULTATI

L'area 2 è riferita al centro storico del comune di Nonantola (figura 3) Dimensioni area: 560mx588m, Dimensione celle: 3,5mx3,5m corrispondenti a 160x168 celle nel modello Space di Envi-met (26880 celle in totale). Rotazione nord: - 25°.

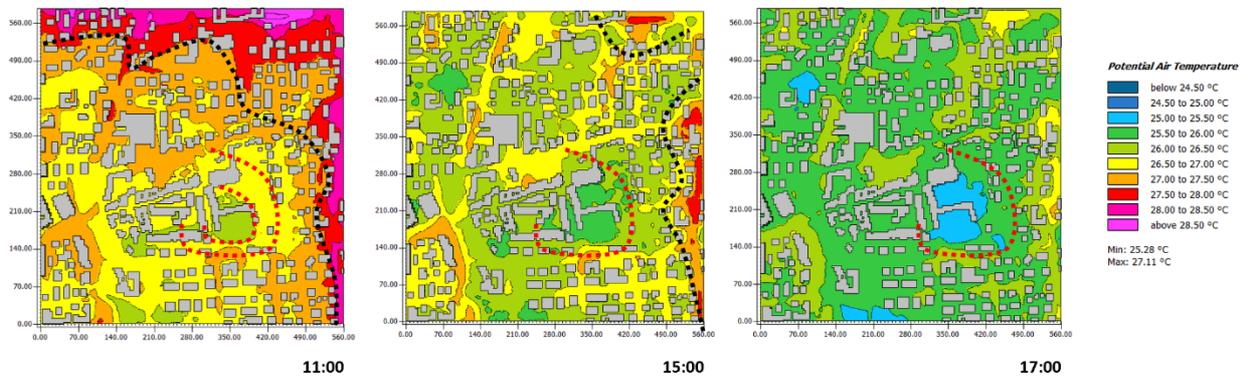
L'area è caratterizzata dalla presenza di fabbricati residenziali di piccole e medie dimensioni, con giardino e alberature, di grandi fabbricati storici in particolare l'Abazia di Nonantola, con le relative corti e spazi aperti adibiti a giardino, la piazza Liberazione, non carrabile, e aree a parcheggio carrabile. L'area è delimitata nella parte superiore da via Pieve e in quella inferiore da via Enrico Fermi. Nella planimetria è evidente il tracciato del primo borgo medievale.



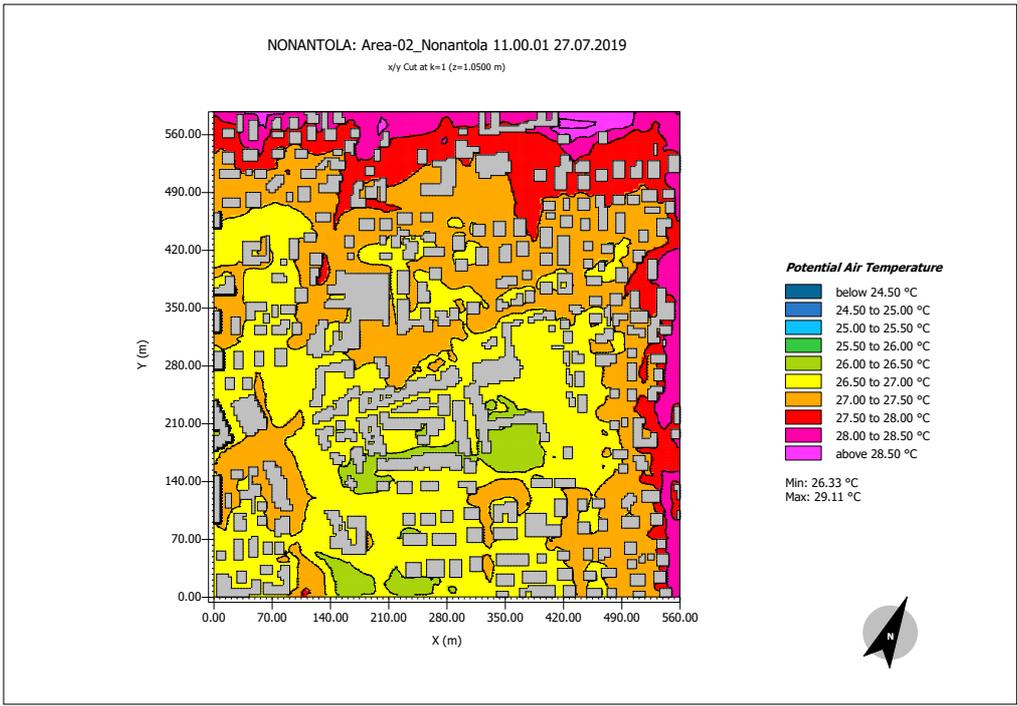
*Figura 3 - Area 02: Centro storico*

## Temperature dell'aria (°C)

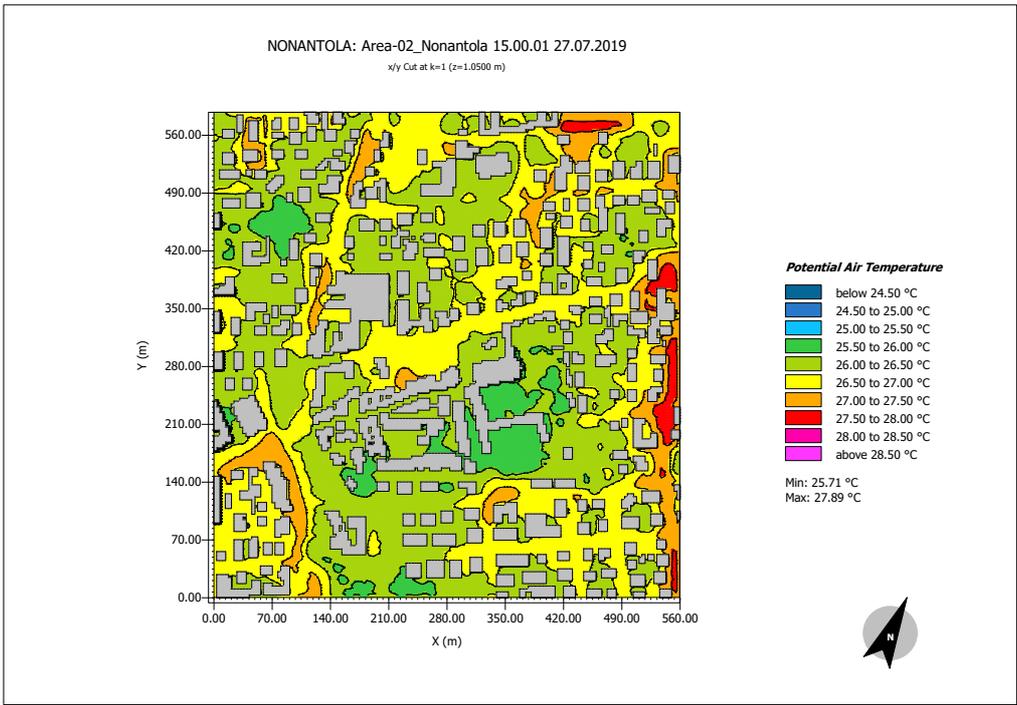
Le mappe della Potential Air Temperature ovvero della Temperatura dell'aria a 1,5 metri dal suolo mostrano una distribuzione della temperatura che varia in relazione all'orario diurno. I valori giornalieri sono compresi tra i 25°C e i 28°C con una escursione durante l'arco della giornata di 3°C, con le temperature maggiori nella tarda mattinata (ore 11:00) in particolare nell'area lato nord della simulazione. Risulta evidente il ruolo determinante apportato dall'Abazia e dall'area a giardino circostante, per la riduzione dei valori della temperatura. In altri termini, nella zona in prossimità dell'abazia e del primo nucleo la temperatura è tra gli 0.5°C e i 1.5°C inferiore rispetto al resto dell'area. La comparazione diacronica delle tre mappe evidenzia come l'area centrale conservi una sensibile differenza di temperatura rispetto alle altre aree, svolgendo un ruolo nell'attenuazione dell'onda termica (linea nera) al mattino e nel primo pomeriggio. Le ragioni sono dovute sia alla presenza dell'area a giardino sia alla configurazione architettonica e urbanistica dell'area data da ampi fabbricati storici tra loro aggregati. A conferma le altre aree a sud anch'esse alberate ma con un edificato meno denso non presentano un fenomeno analogo.



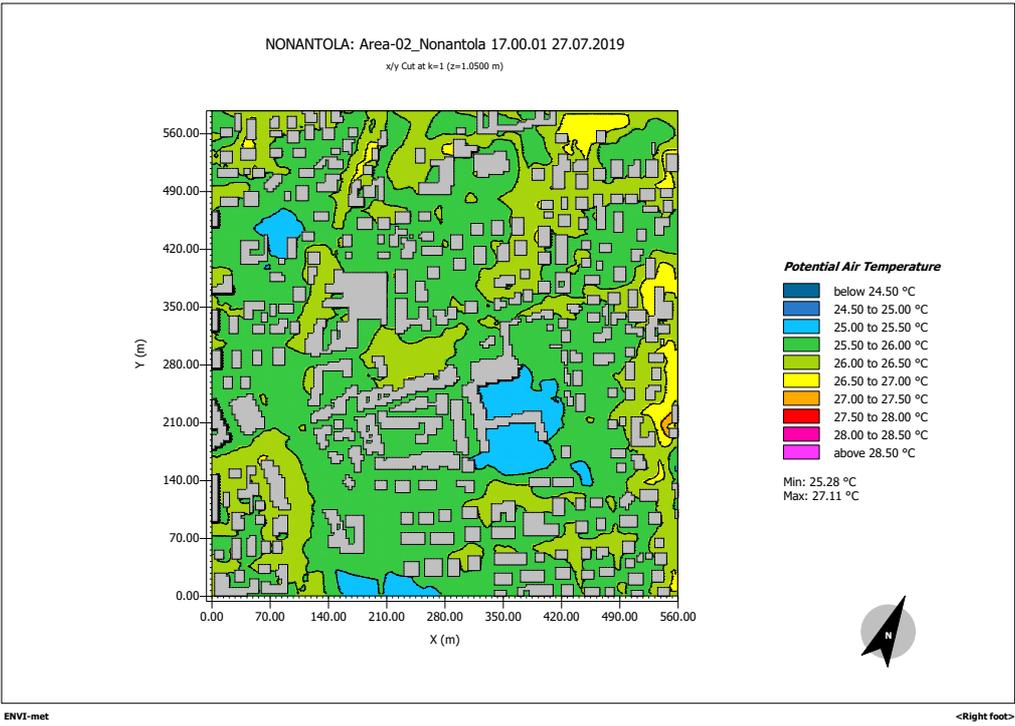
Comparazione dei risultati della temperatura dell'aria nell'area nei tre orari delle simulazioni



*Risultato Temperatura dell'aria ore 11:00*



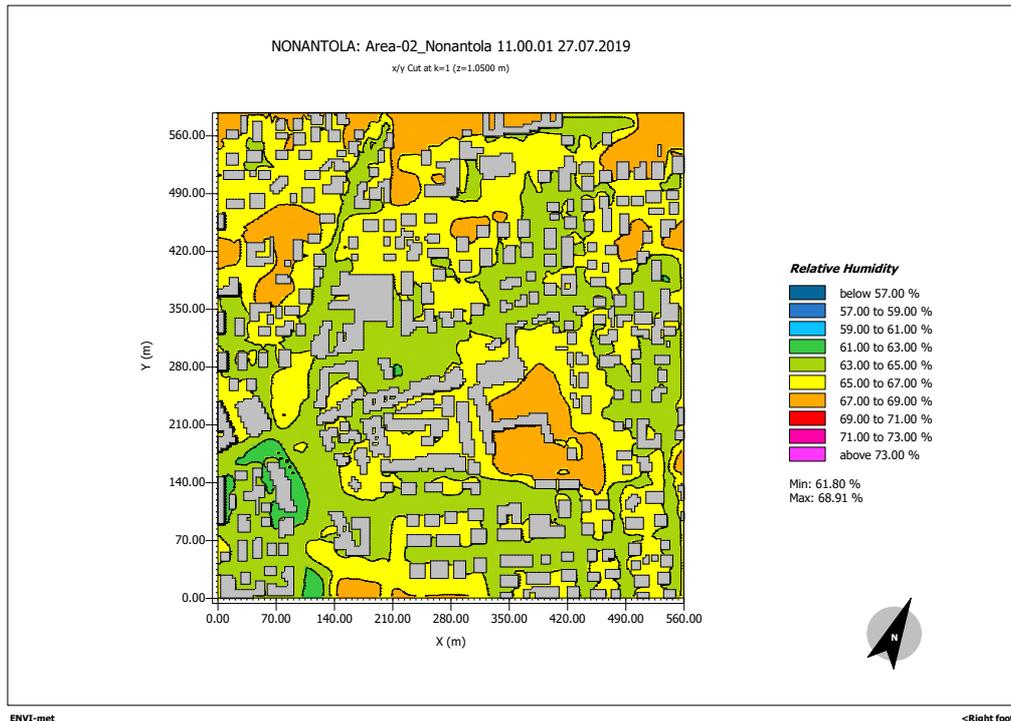
*Risultato Temperatura dell'aria ore 15:00*



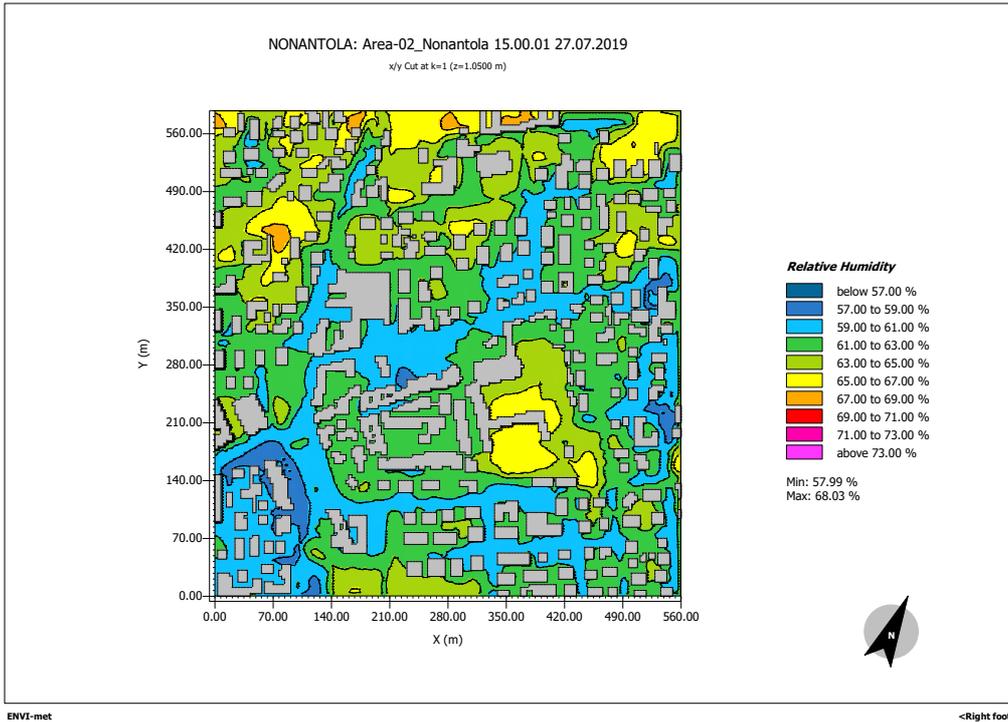
*Risultato Temperatura dell'aria ore 17:00*

## Umidità relativa (%)

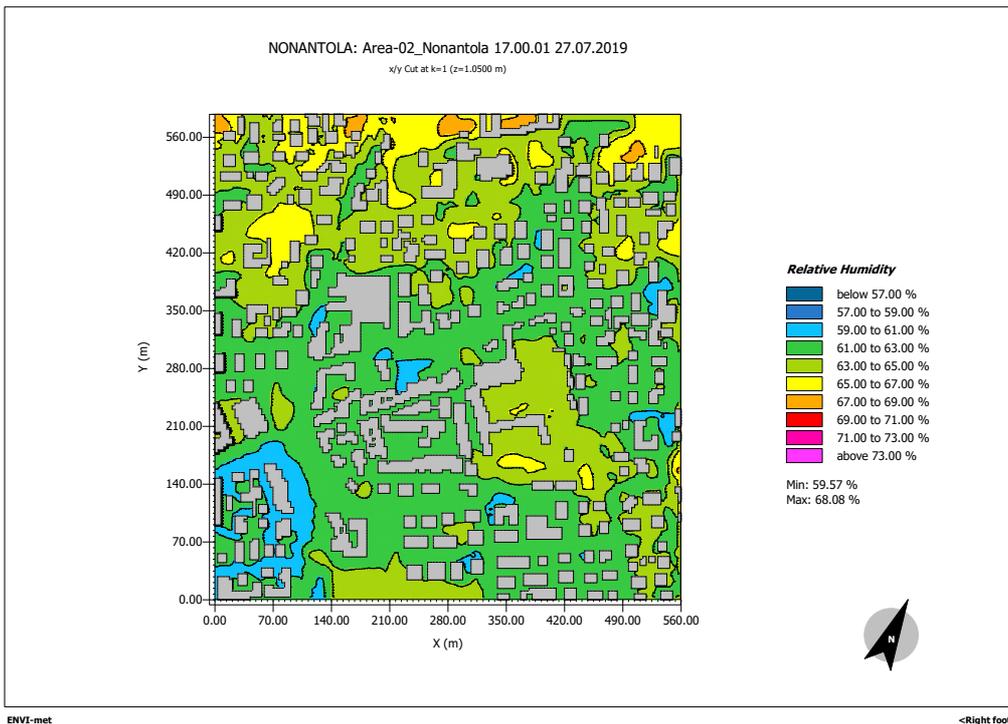
Le mappe della Relative Humidity ovvero della Umidità Relativa (%) dell'aria a 1,5 metri dal suolo mostrano un'area con valori superiori al 55% - 70% per l'intera area con una variazione giornaliera, espressa come valore medio, di circa il 15% tra mattina, pomeriggio e sera. Risulta evidente l'influenza delle alberature e delle aree a verde che incidono sui valori medi dell'intera area come risulta evidente dalle mappe. In altri termini l'area attorno all'abazia presenta un valore di umidità relativa dell'ordine del 3% - 5% superiore al resto dell'area. Di contro le aree dove sono presenti le aree asfaltate e le vie principali mostrano valori inferiori.



Risultato Umidità Relativa dell'aria ore 11:00



*Risultato Umidità Relativa dell'aria ore 15:00*



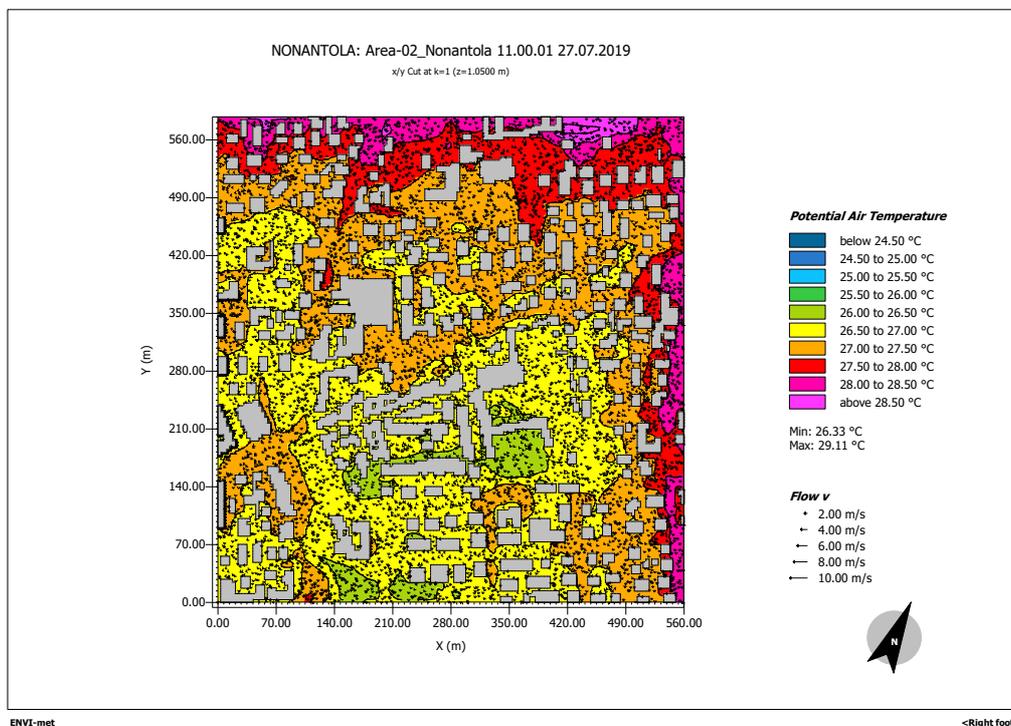
*Risultato Umidità Relativa dell'aria ore 17:00*

## Velocità del vento (m/s)

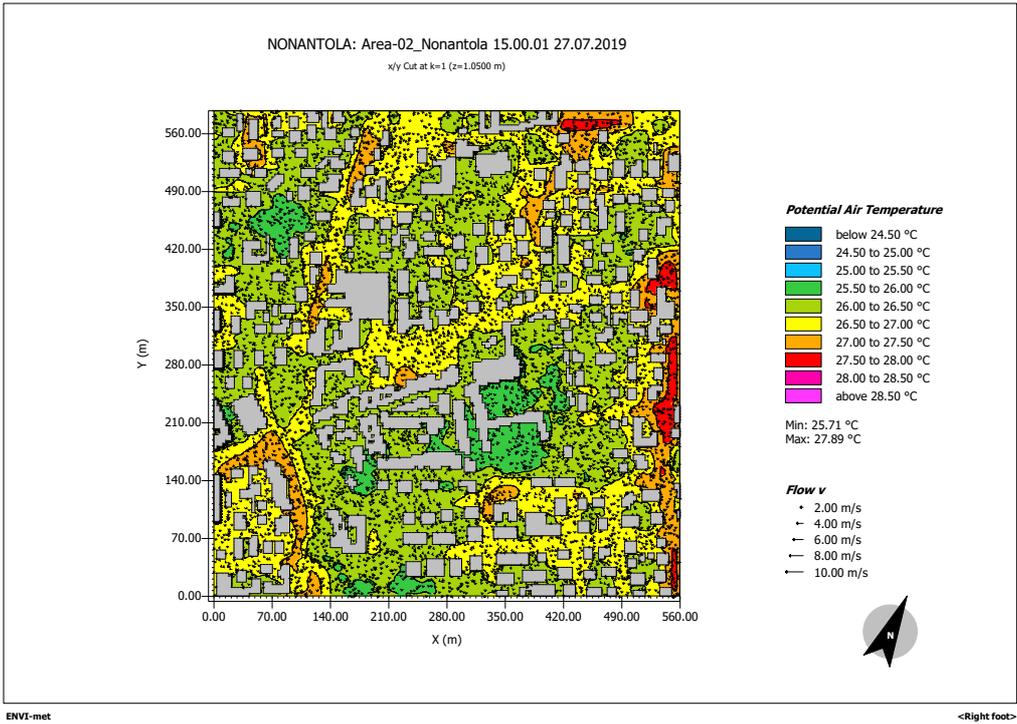
Le mappe della Potential Air Temperature e wind speed, ovvero della temperature e velocità dell'aria a 1,5 metri dal suolo, come per l'area precedente, mostrano una situazione di sostanziale immobilità, ovvero non sono presenti né direzioni prevalenti del vento, né specifici elementi o fenomeni locali, ad esempio dovuto a 'effetto Venturi' per la configurazione dell'area.

Le singole aree mostrano graficamente, con delle piccole frecce, direzione e velocità del vento, come riportato nella leggenda in basso (Flow v): a una maggiore lunghezza della freccia corrisponde una maggiore velocità del vento a 1,5 metri dal suolo. I risultati mostrano delle frecce di dimensioni quasi puntiformi ovvero con velocità inferiore a 2 m/s, comprese tra 0 m/s e 1,5 m/s.

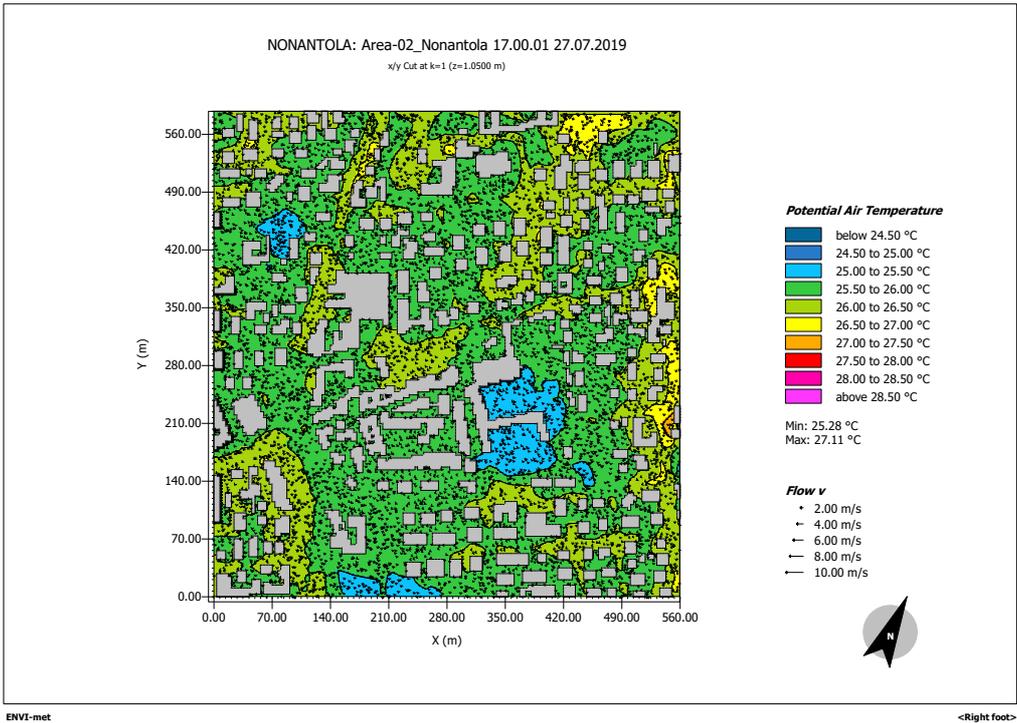
Scendendo nel dettaglio, nonostante la dimensione delle frecce sia puntiforme e, quindi, sostanzialmente ferma, è possibile notare diversi orientamenti verso l'asse da nord verso sud. Nonostante l'alta densità degli edifici non sono presenti fenomeni effetto Venturi.



Risultato velocità del vento ore 11:00



*Risultato velocità del vento ore 15:00*

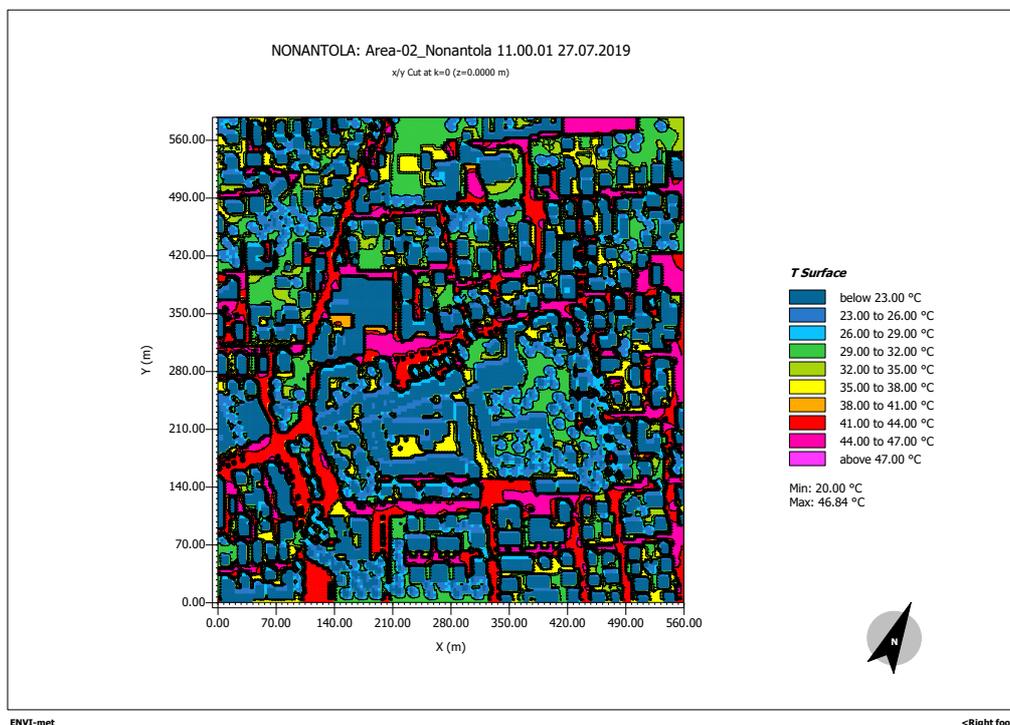


*Risultato velocità del vento ore 17:00*

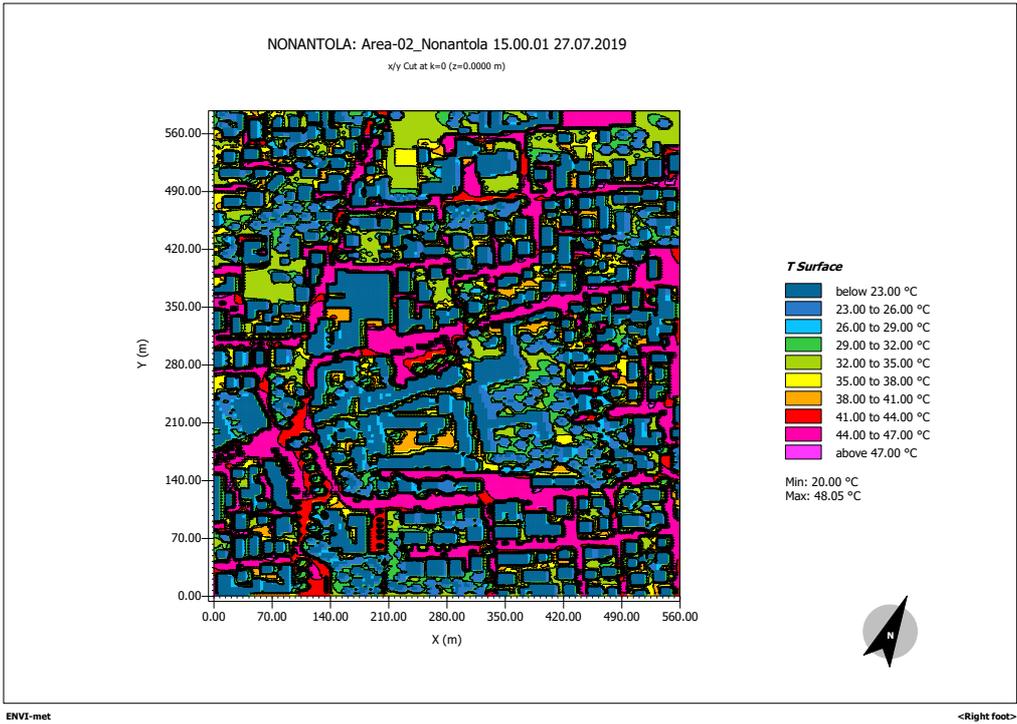
## Temperatura superficiale (°C)

Le mappe della Surface Temperature riportano la temperatura superficiale delle superfici, espresse in °C. A chiarimento: tali temperature sono quelle emittenti (secondo le leggi dell'irraggiamento e del corpo nero, in base alla emissività, riflettanza o albedo della superficie) e non quelle di contatto. Le mappe, riportano notevole differenze tra le superfici pavimentate e mineralizzate, ovvero asfaltate, che raggiungono temperature superiori ai 46°C e le superfici a verde o con maggiori aree alberate, con temperature di circa 26°C, mentre gli edifici hanno temperature inferiori ai 20°C.

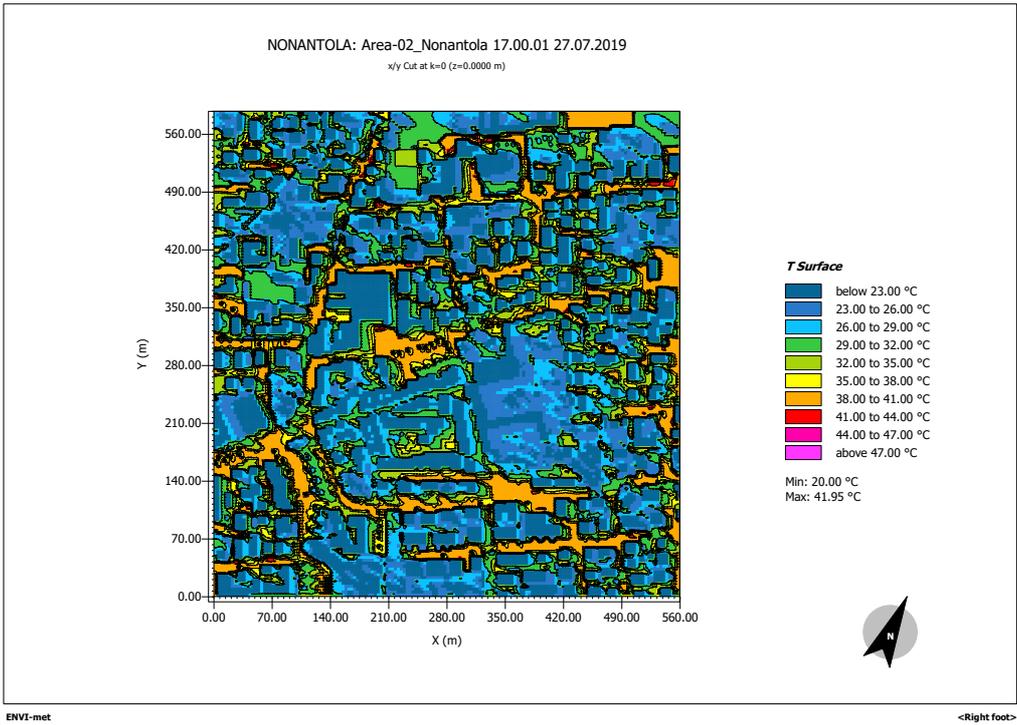
Nell'arco della giornata le aree pavimentate variano tra i 46°C del mattino e pomeriggio ai 38°C della sera con una escursione di almeno 10°C-12°C giornalieri. Nelle aree a verde la variazione è tra i circa 32°C del mattino e pomeriggio ai circa 28°C della sera, con una variazione di circa 5°C. Data la ridotta superficie asfaltata rispetto all'area intera l'influenza ha una incidenza ridotta rispetto al comfort outdoor.



Risultato temperatura superficiale ore 11:00



*Risultato temperatura superficiale ore 15:00*



*Risultato temperatura superficiale ore 17:00*

## PET Physiological Equivalent Temperature (°C)

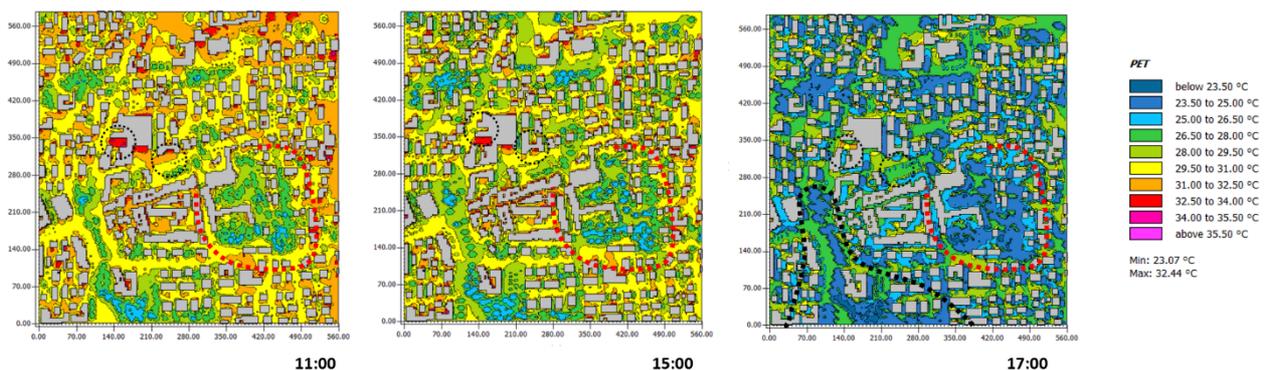
Le mappe della PET Physiological Equivalent Temperature a 1,5 metri dal suolo, consentono di valutare l'effetto combinato delle variabili precedenti rispetto alla percezione del comfort da parte delle persone. Le mappe della PET riportano un range di valori compresi minimi tra 22°C - 26 °C e massimi tra 32°C - 36°C, ovvero rispetto alla scala dei valori percepiti corrispondenti alla sensazione termica tra 'Leggermente caldo / lieve stress da caldo' e 'Molto caldo / Forte stress da caldo'.

Come per l'area precedente la simulazione è svolta per la giornata del 27 luglio, pertanto la percezione della sensazione termica calda si può considerare come condizione attesa per la stagione estiva e non sono presenti aree o momenti della giornata durante i quali vi possono essere le condizioni di estremo stress da caldo' (superiore a 41°C).

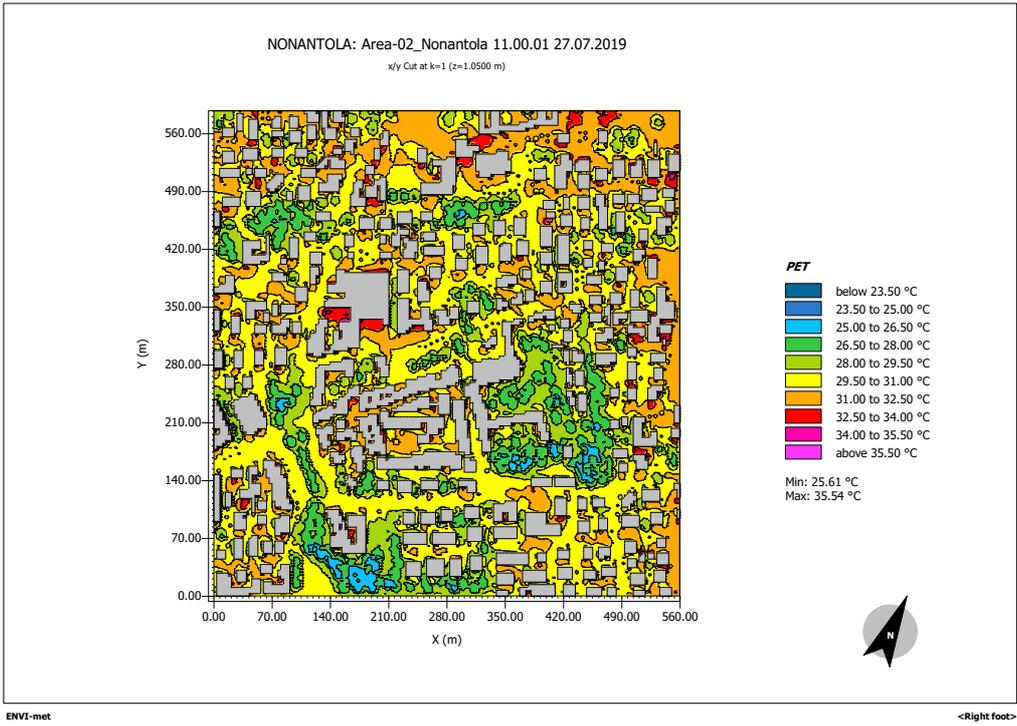
Nel dettaglio delle singole mappe risulta che nelle aree in prossimità degli edifici e dei parcheggi la temperatura percepita è tra i 34°C - 36°C che corrisponde alla sensazione termica "molto caldo" con forte stress termico, condizione che non favorisce la permanenza nelle aree aperte in prossimità dell'edificato storico (colore rosso nelle mappe).

Dal confronto delle tre mappe nei tre diversi orari risulta evidente il ruolo svolto, per l'intera area, delle aree aperte e a giardino in prossimità dell'abbazia dove la PET assume valori tra i 25°C e i 27°C con una sensibile riduzione di circa 3°C - 4°C rispetto al valore medio dell'area, con una sensazione termica corrispondente alla sensazione termica 'leggermente caldo', in altri termini, considerato la giornata estiva i luoghi a giardino delimitano un'area con una sensazione di comfort termico piacevole.

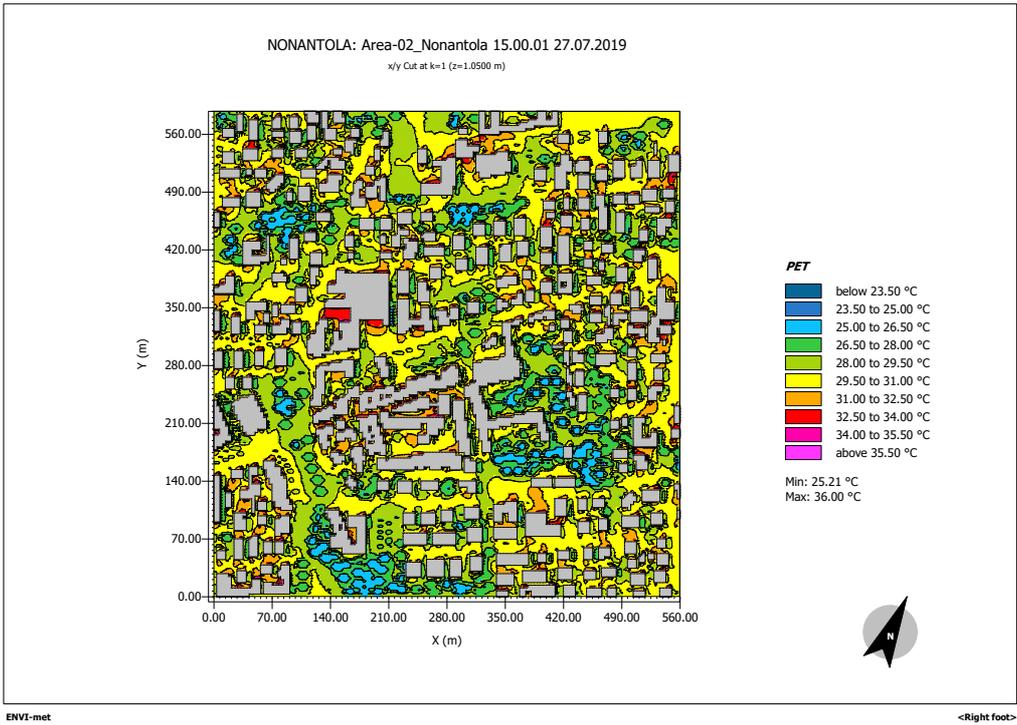
In ultimo, si evidenzia che è presente un'altra area alberata a sud (quadrante in basso a sinistra) dove la temperatura percepita è leggermente inferiore al resto dell'area, grazie alla presenza delle alberature.



Comparazione dei risultati della PET nell'area nei tre orari delle simulazioni



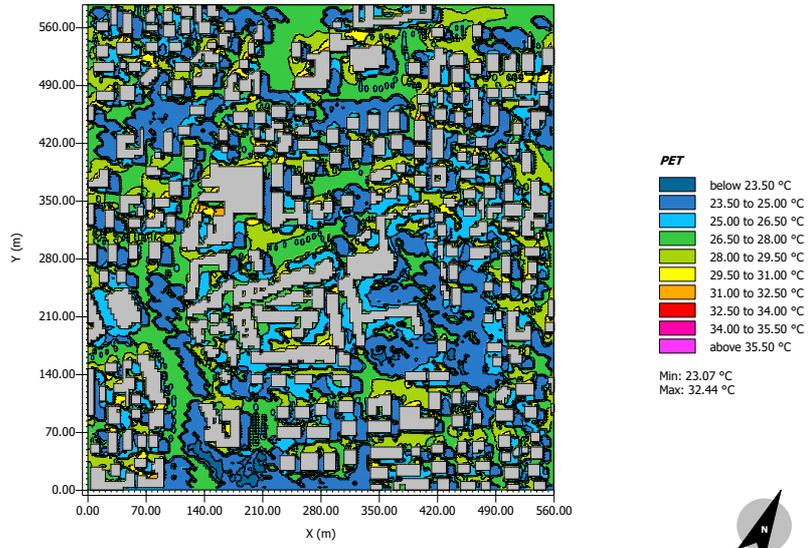
*Risultato PET ore 11:00*



*Risultato PET ore 15:00*

NONANTOLA: Area-02\_Nonantola 17.00.01 27.07.2019

x/y Cut at k=1 (z=1.0500 m)



ENVI-met

<Right foot>

Risultato PET ore 17:00

### AREA 3 – ZONA RESIDENZIALE IN PROSSIMITÀ DEL CENTRO STORICO

L'area 3 è riferita all'area residenziale in prossimità del centro storico, verso sud, (figura 3)  
Dimensioni area: 515mx500m, Dimensione celle: 5mx5m corrispondenti a 103x100 celle nel modello Space di Envi-met (10300 celle in totale). Rotazione nord: - 25°.

L'area è caratterizzata dalla presenza di abitazioni residenziali costituite da edifici di ridotte dimensioni, a due o tre piani, con aree pertinenziali o cortilizie adibite a verde con alberature di piccolo fusto. Al centro dell'area è presente un parco delimitato da via Matteotti, mentre a nord si trova il campo sportivo (fuori area in alto a destra) e campi coltivati (fuori area in basso a destra). Sono presenti diverse strade carrabili per la viabilità principale (via F.lli Cervi, via Maestra di Redù) e viabilità minore a servizio del quartiere.



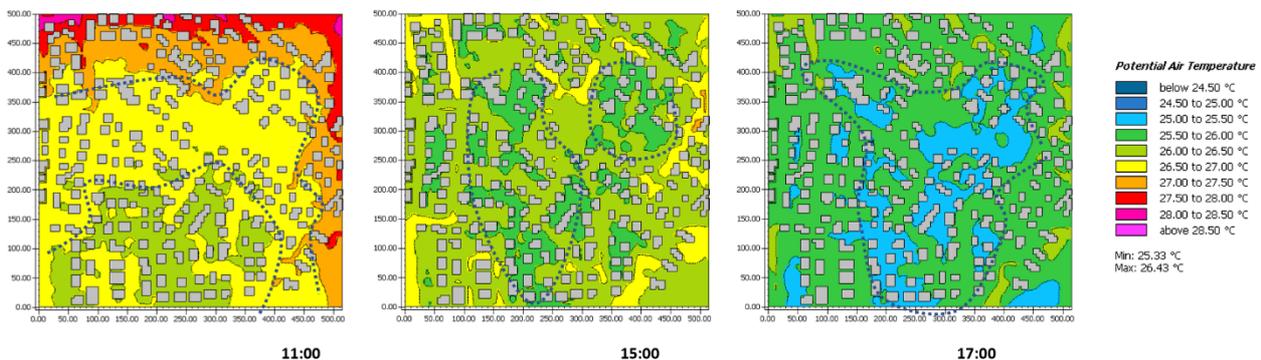
*Figura 4 - Area 03: Zona residenziale in prossimità del centro storico*

## Temperature dell'aria (°C)

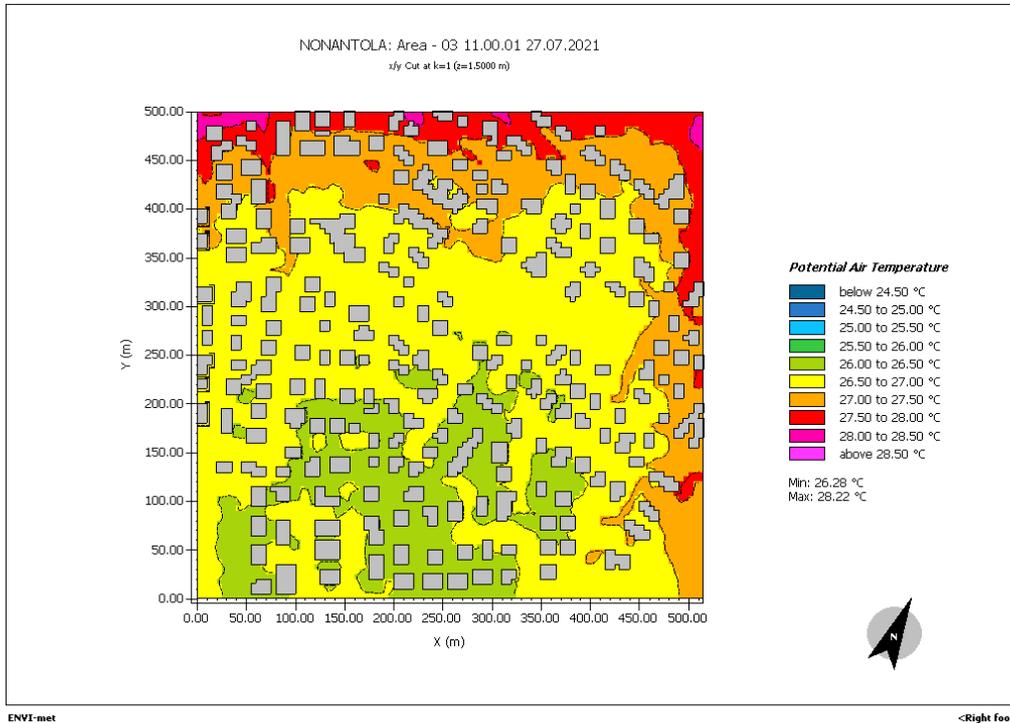
Le mappe della Potential Air Temperature ovvero della Temperatura dell'aria a 1,5 metri dal suolo mostra una distribuzione dei valori di temperatura con notevoli differenze durante l'arco della giornata e comprese tra i 26°C e i 28°C con una ridotta escursione termica giornaliera di circa.  $\pm 2$  °C.

Al mattino l'area presenta una distribuzione delle linee isoterme di 0.5°C di temperatura con valori crescente dalla parte sud a nord dell'area, verso il campo sportivo, con una zona a 26°C nella parte inferiore (area verde nella parte inferiore dell'area alle ore 11:00). La maggior parte dell'area ha una temperatura pari a 26.5°C – 27°C. Nel primo pomeriggio (ore 15:00) la temperatura diventa uniforme sull'intera area con valori attorno ai 26°C con alcune aree puntuali di mezzo grado inferiore. Nel tardo pomeriggio (ore 17:00) la temperatura dell'intera area rimane costante a 26°C tranne in alcune aree centrali che mostrano una temperatura inferiore di 1°C (aree azzurre).

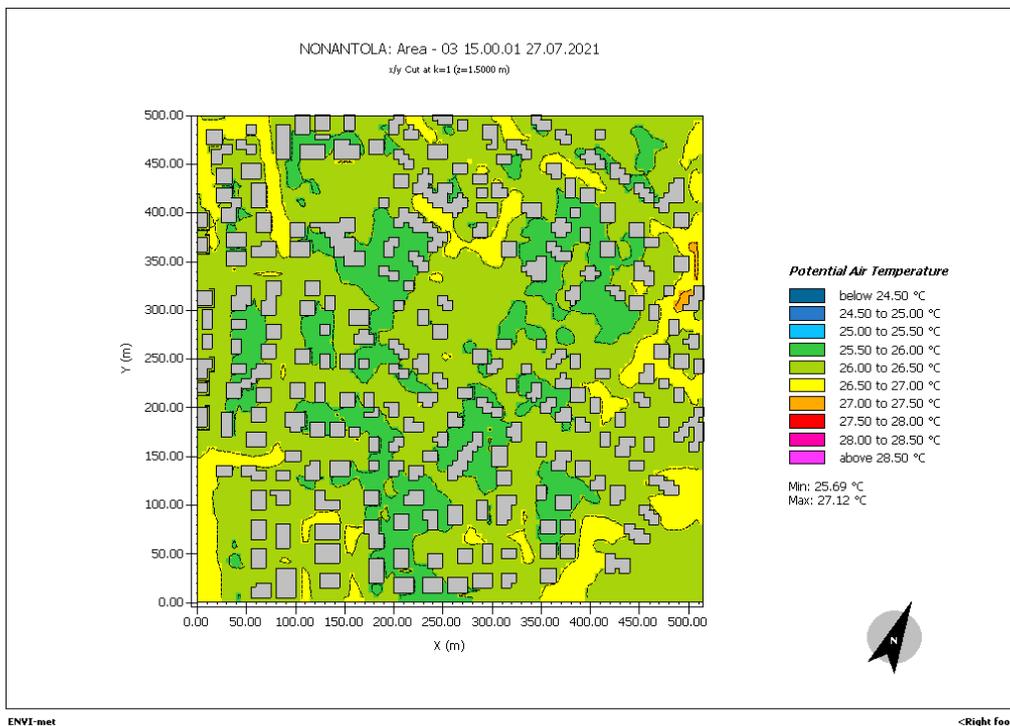
Nella comparazione delle tre aree risulta evidente come varia la distribuzione delle temperature nei diversi orari, quasi come se non fosse determinata dagli elementi urbani quali l'edificato e aree a verde, in particolare l'area a parco (al centro del quadrante in alto a destra) non svolge un ruolo predominante nel definire la variazione della temperatura nell'arco della giornata.



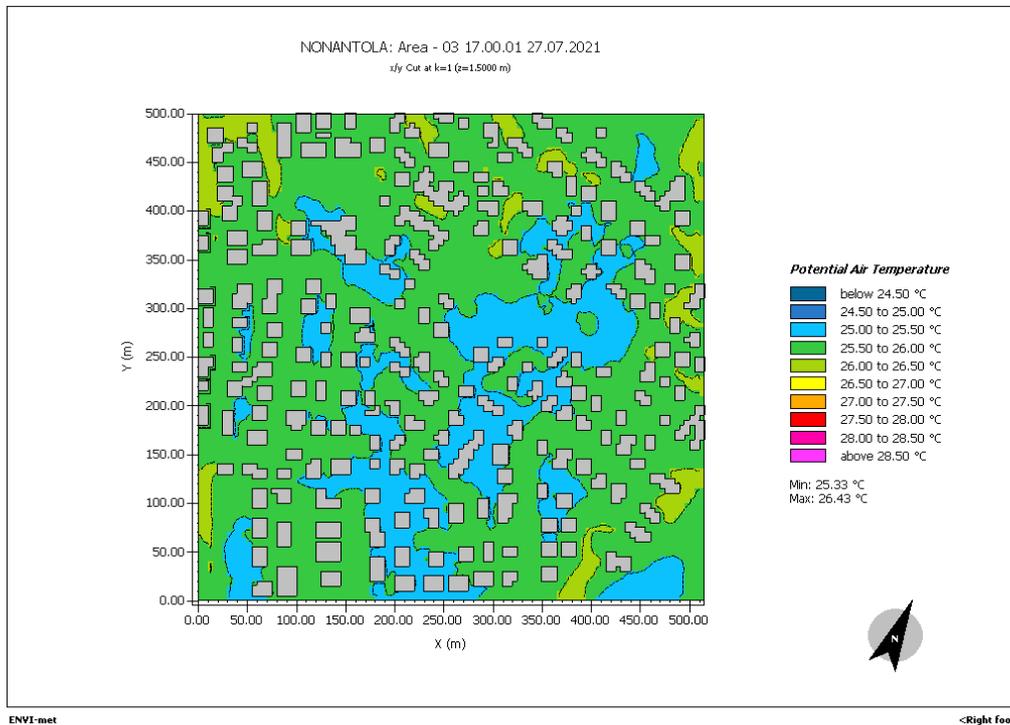
Comparazione dei risultati della temperatura dell'aria nell'area nei tre orari delle simulazioni



*Risultato Temperatura dell'aria ore 11:00*



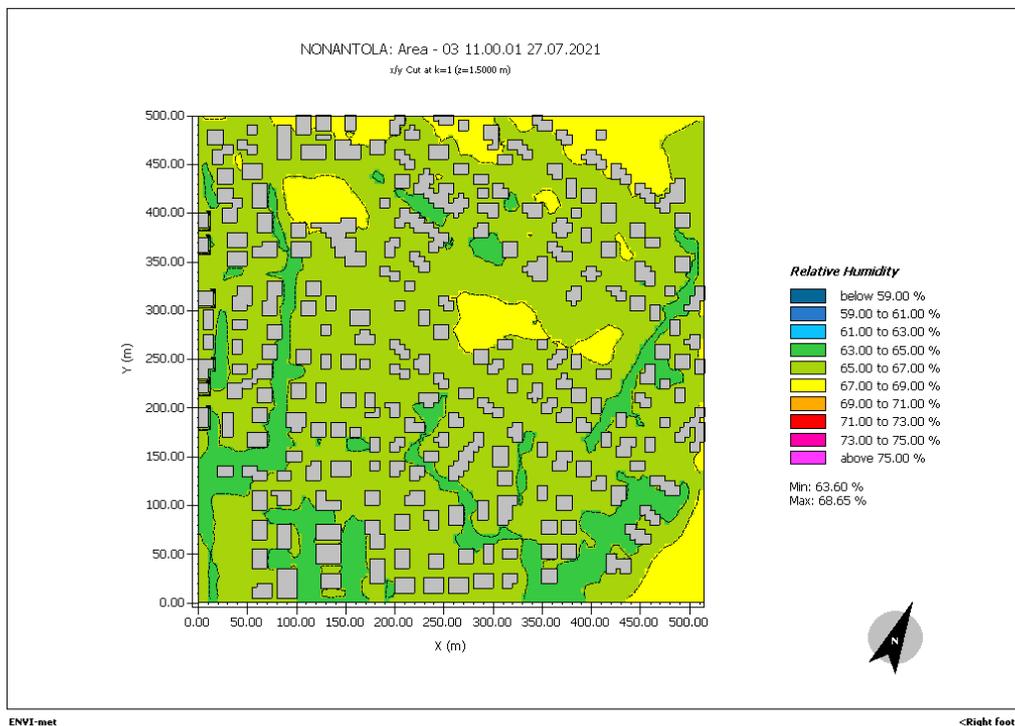
*Risultato Temperatura dell'aria ore 15:00*



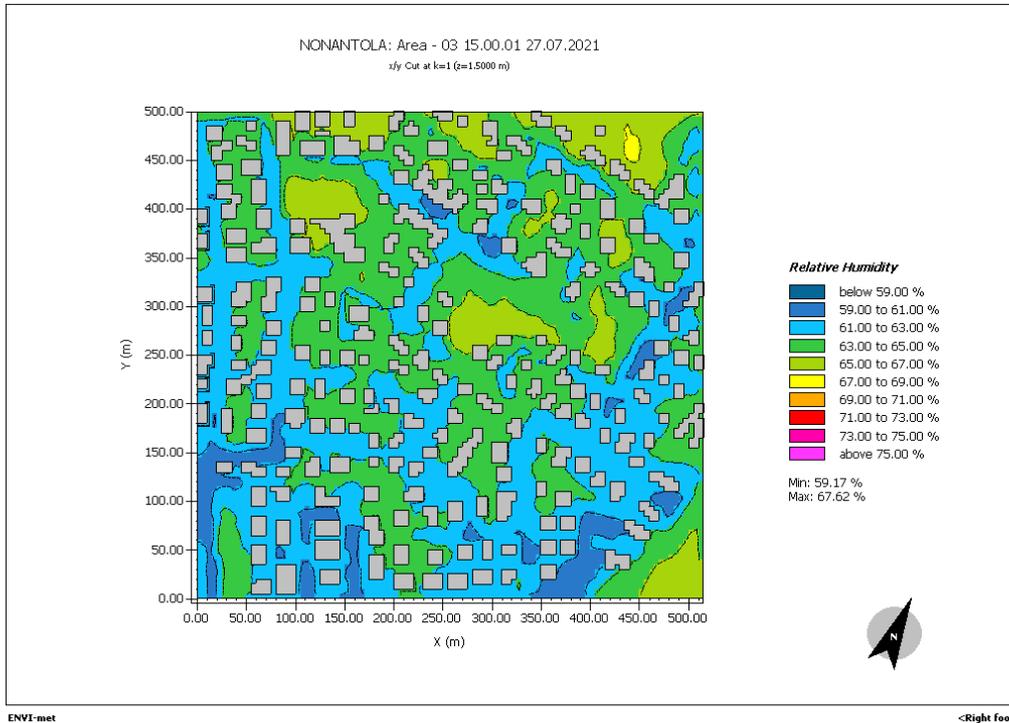
*Risultato Temperatura dell'aria ore 17:00*

## Umidità relativa (%)

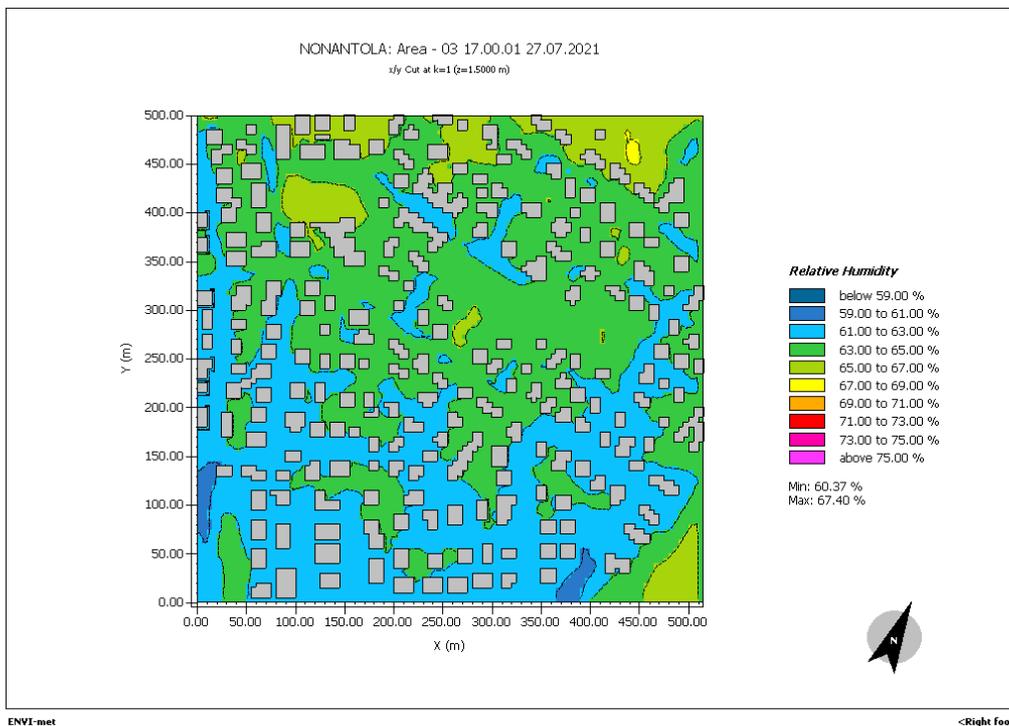
Le mappe della Relative Humidity ovvero della Umidità Relativa (%) dell'aria a 1,5 metri dal suolo mostrano un'area con valori superiori al 60% - 67% per l'intera area con una variazione giornaliera di circa il 5% - 7% tra mattina, pomeriggio e sera. La distribuzione dell'umidità relativa, a differenza della temperatura, è omogenea per l'intera area, per i tre orari. In particolare, alcune aree mostrano valori inferiori rispetto ai valori medi (aree blue ore 15:00 e ore 17:00) nella parte inferiore dell'area della simulazione.



*Risultato Umidità Relativa dell'aria ore 11:00*



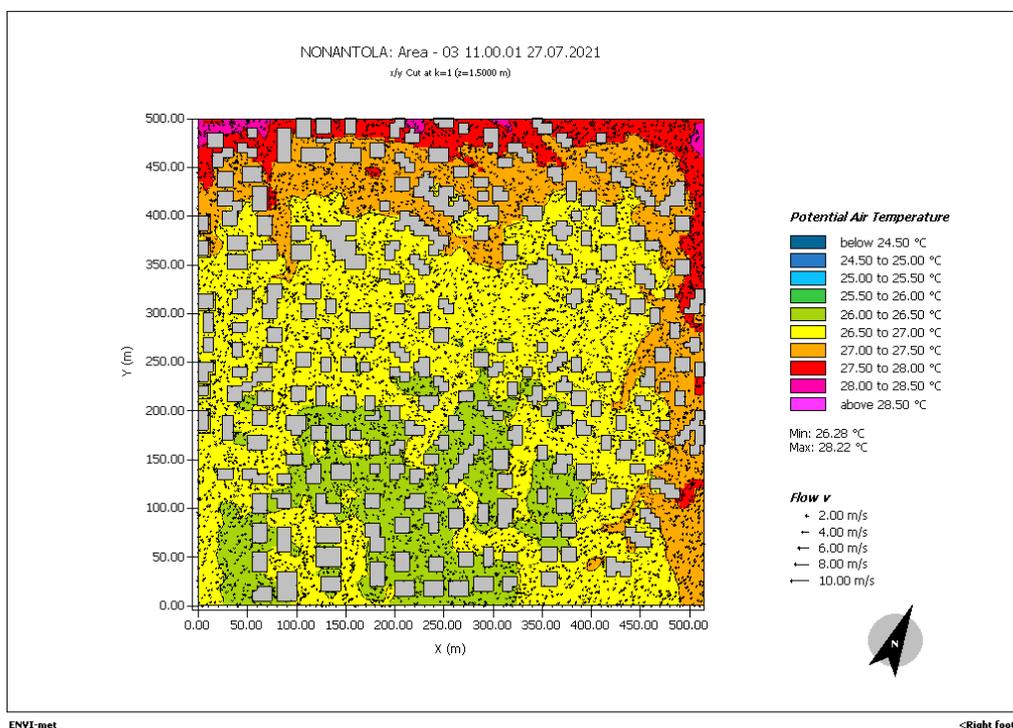
*Risultato Umidità Relativa dell'aria ore 15:00*



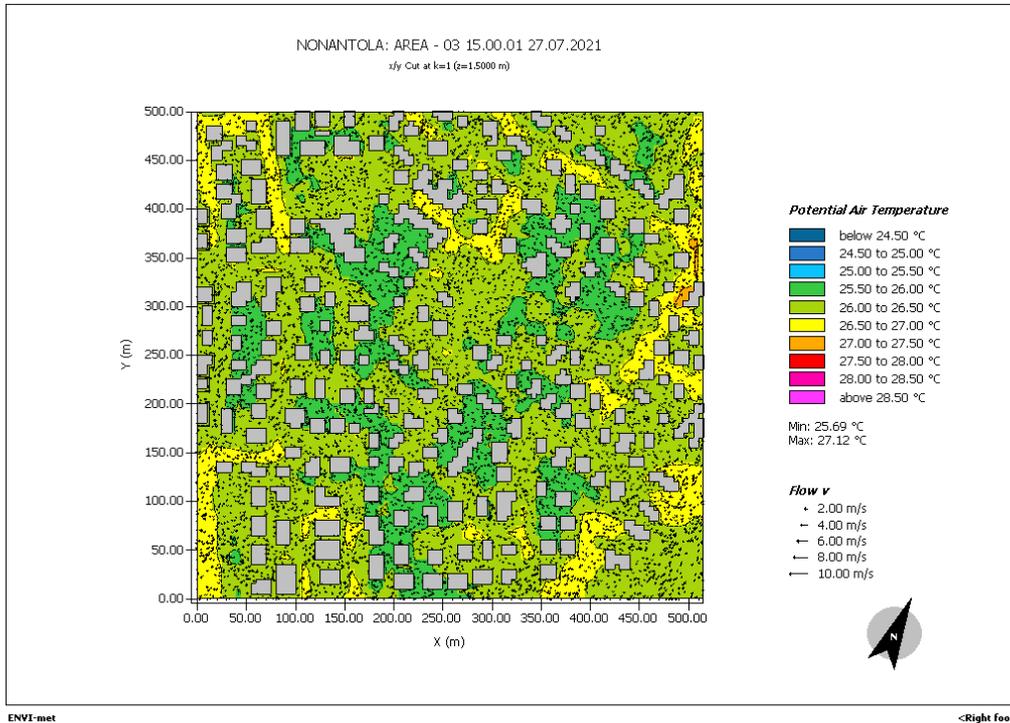
*Risultato Umidità Relativa dell'aria ore 17:00*

### Velocità del vento (m/s)

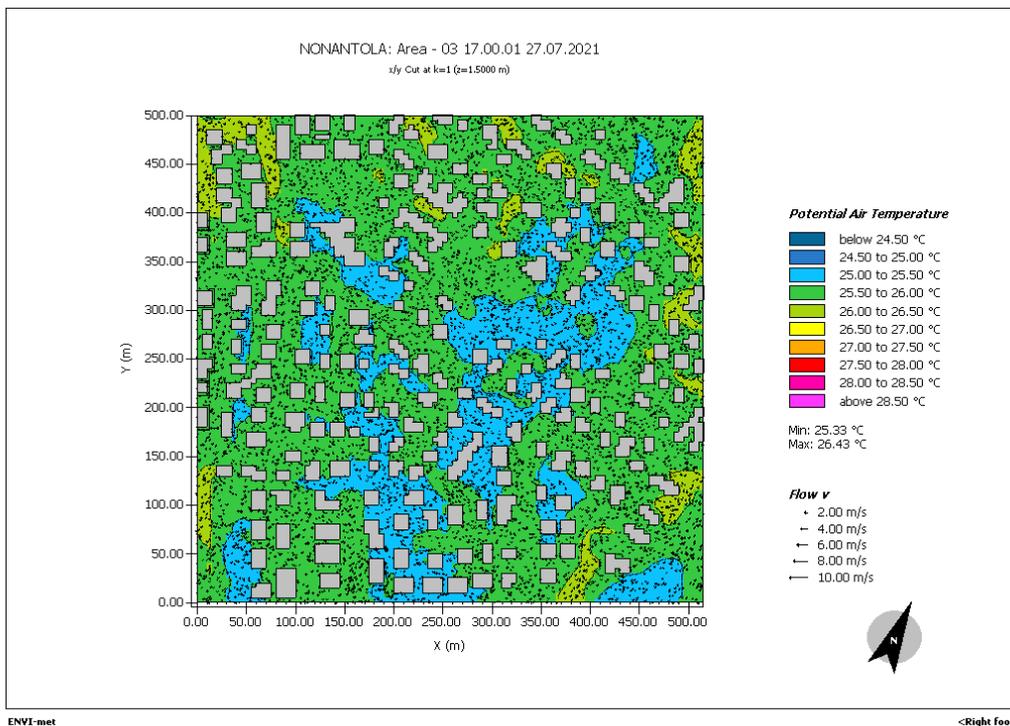
Le mappe della Potential Air Temperature e wind speed, ovvero della temperature e velocità dell'aria a 1,5 metri dal suolo, come per le precedenti simulazioni, mostrano una situazione di sostanziale immobilità (velocità 0,0 m/s – 0,5 m/s) ovvero non sono presenti né direzioni prevalenti del vento, né specifici elementi o fenomeni locali, ad esempio dovuto a 'effetto Venturi' per la configurazione dell'area. Non sono presenti né direzioni prevalenti, né fenomeni locali o turbolenze determinata dalla configurazione urbanistica dell'area.



Risultato velocità del vento ore 11:00



*Risultato velocità del vento ore 15:00*

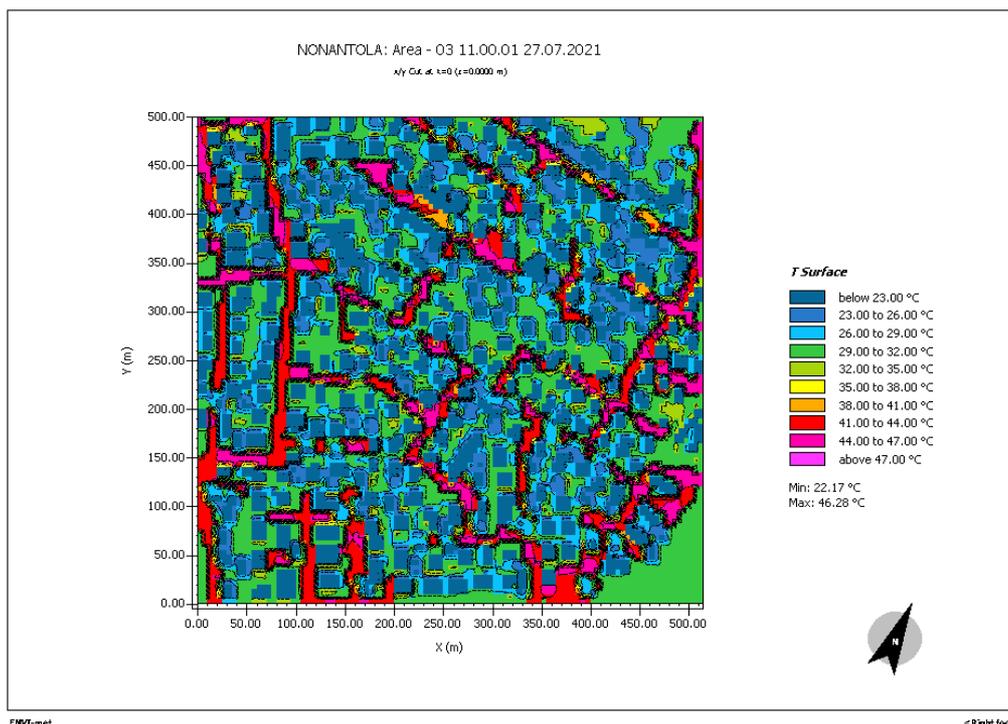


*Risultato velocità del vento ore 17:00*

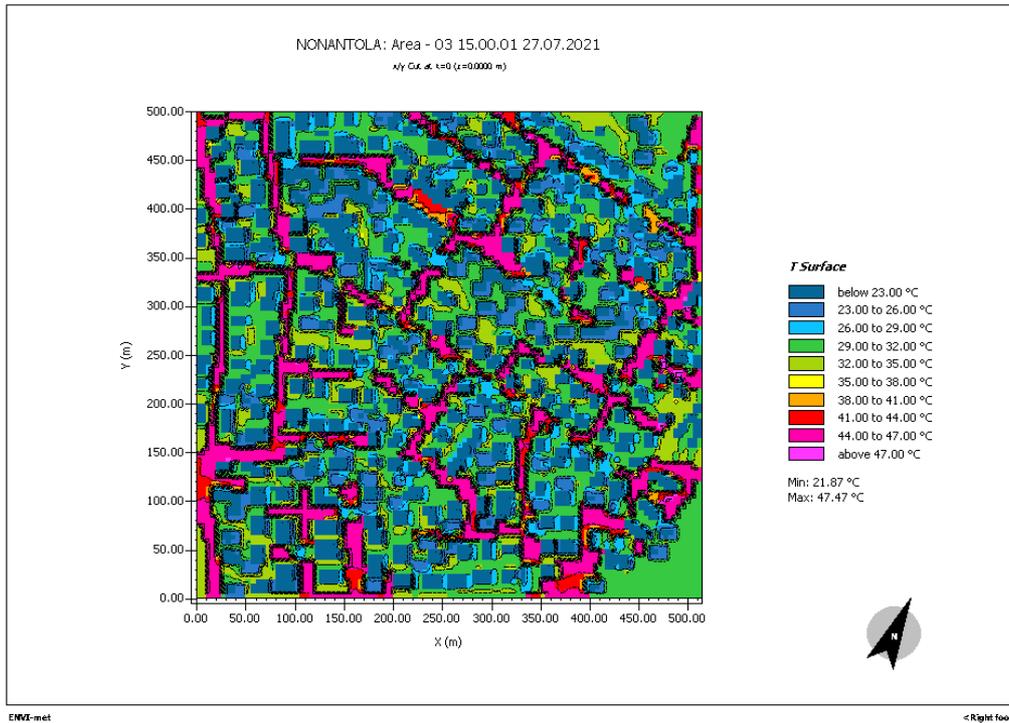
### Temperatura superficiale (°C)

Le mappe della Surface Temperature riportano la temperatura superficiale delle superfici, espresse in °C. A chiarimento: tali temperature sono quelle emittenti (secondo le leggi dell'irraggiamento e del corpo nero, in base alla emissività, riflettanza o albedo della superficie) e non quelle di contatto. Le mappe, come nelle simulazioni precedenti, riportano notevole differenze tra le superfici pavimentato e mineralizzate, ovvero asfaltate, che raggiungono temperature superiori ai 47°C e le superfici edificate e le aree a verde e alberate, con temperature di circa 26°C – 29°C.

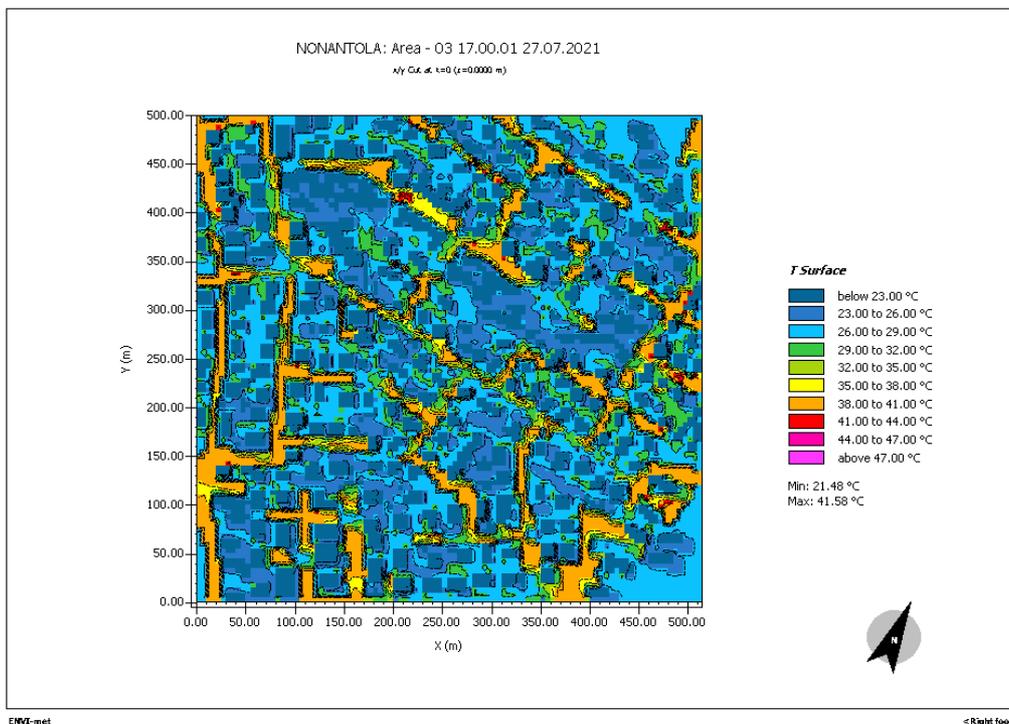
Nell'arco della giornata le aree pavimentate e non pavimentate mostrano una variazione della temperatura. Nello specifico, le aree pavimentate variano tra i 47°C del mattino ai 38°C della sera con una escursione di almeno 10°C giornalieri. Nelle aree non pavimentate, a verde o con alberature, l'escursione termica varia tra i 29°C al mattino e pomeriggio e i 26°C la sera, con una escursione di soli 3°C. Risulta evidente e netta la differenza delle temperature superficiali tra le aree asfaltate (strade) e le aree a verde di pertinenza e in prossimità degli edifici, con una differenza di 10°C - 12°C.



Risultato temperatura superficiale ore 11:00



*Risultato temperatura superficiale ore 15:00*



*Risultato temperatura superficiale ore 17:00*

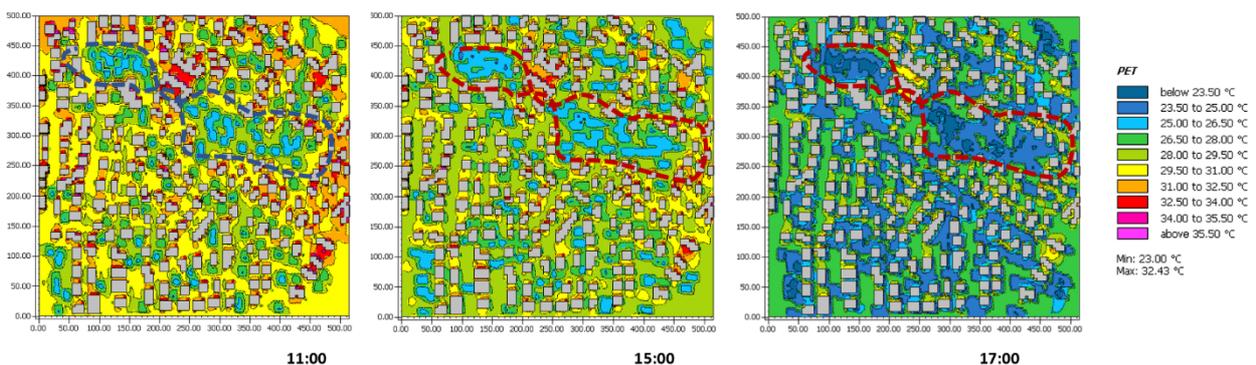
### PET Physiological Equivalent Temperature (°C)

Le mappe della PET Physiological Equivalent Temperature a 1,5 metri dal suolo, consentono di valutare l'effetto combinato delle variabili precedenti rispetto alla percezione del comfort da parte delle persone. Le mappe della PET riportano un range di valori compresi minimi tra 23°C- 25 °C e massimi tra 32.5°C - 36°C che corrispondono alla sensazione termica tra 'Leggermente caldo / lieve stress da caldo' e 'Molto caldo / Forte stress da caldo'.

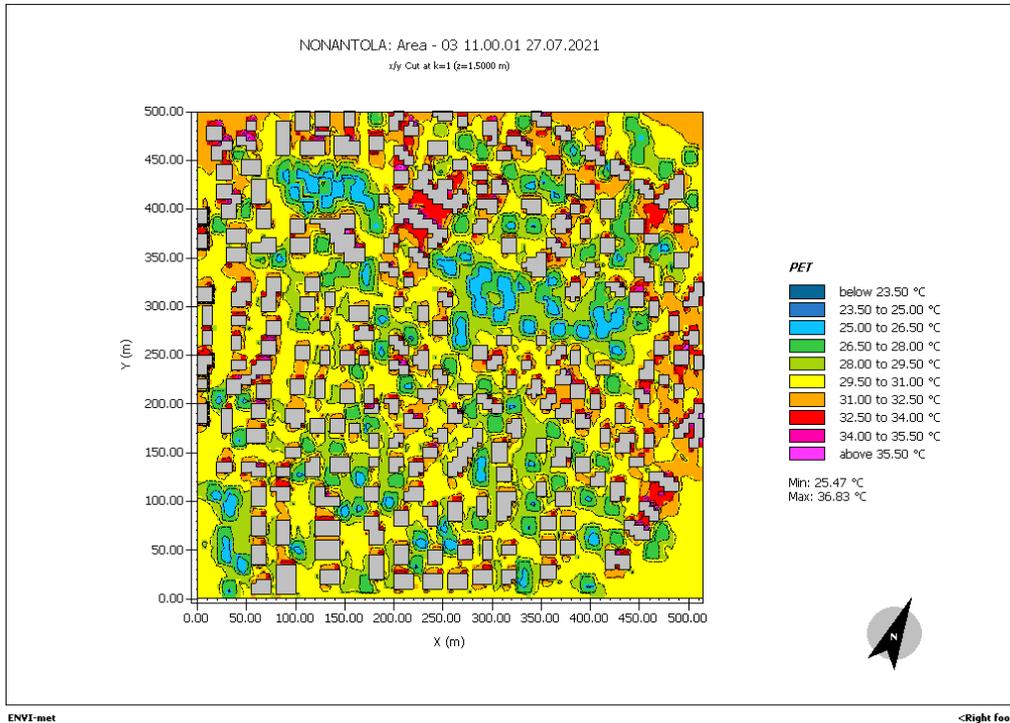
Come per le simulazioni precedenti, tenuto conto della giornata di simulazione (27 luglio) si può considerare la sensazione termica 'caldo' come condizione attesa per la stagione estiva. La distribuzione della PET nell'area mostra notevole frammentazione come riportato nelle tre simulazioni. In particolare sono presenti zone puntuali (colore rosso) con temperatura superiore ai 34°C al mattino e il primo pomeriggio, valore che si riduce a circa 30°C nel tardo pomeriggio (ore 17:00) sempre mantenendo il carattere di frammentarietà. In altri termini, nonostante la presenza di aree verdi cortilizie e, probabilmente, a causa delle aree asfaltate che determinano una differenza nella distribuzioni delle temperature superficiali, comporta tale frammentazione della sensazione di comfort.

A differenza delle simulazioni riferite alle singole variabili descritte sopra, nella distribuzione della PET risulta evidente il ruolo svolto dall'area verde a parco lungo via Matteotti. Infatti, si può notare un'area con temperatura attorno ai 25 °C, di circa 2°C – 3°C inferiore rispetto al resto dell'area. Il parco costituisce una 'zona fresca' nell'area durante le ore più calde della giornata estiva. Tale condizioni risulta evidente nella comparazione delle tre aree.

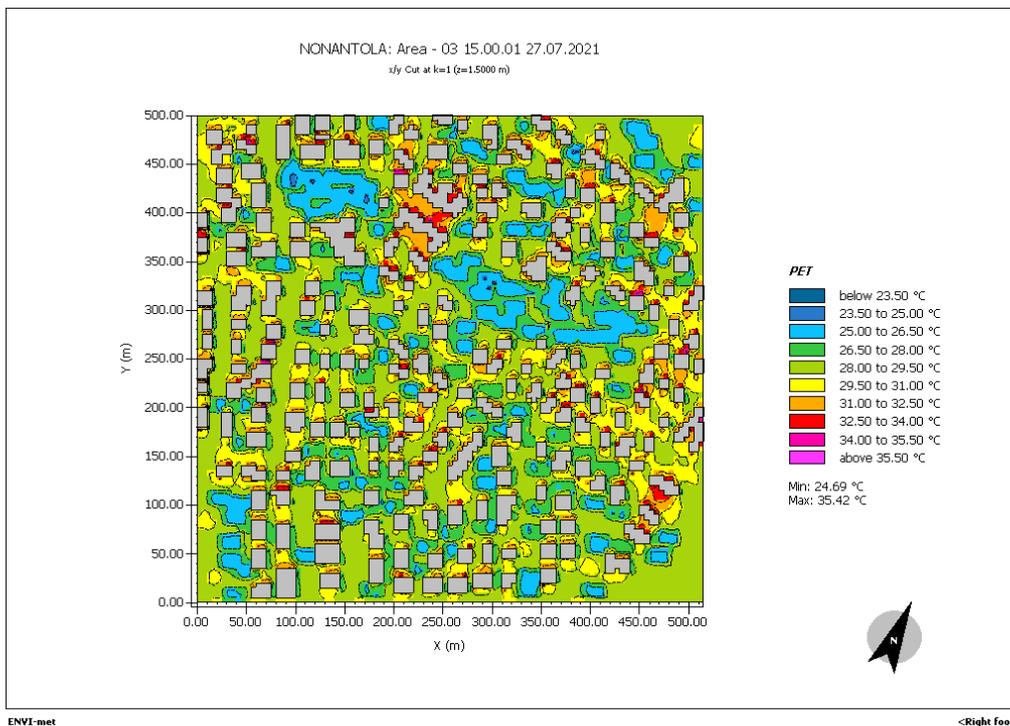
In ultimo, per quanto riguarda il comfort percepito, non vi sono condizioni di anomalia o di stress dell'area tali da richiedere interventi urgenti.



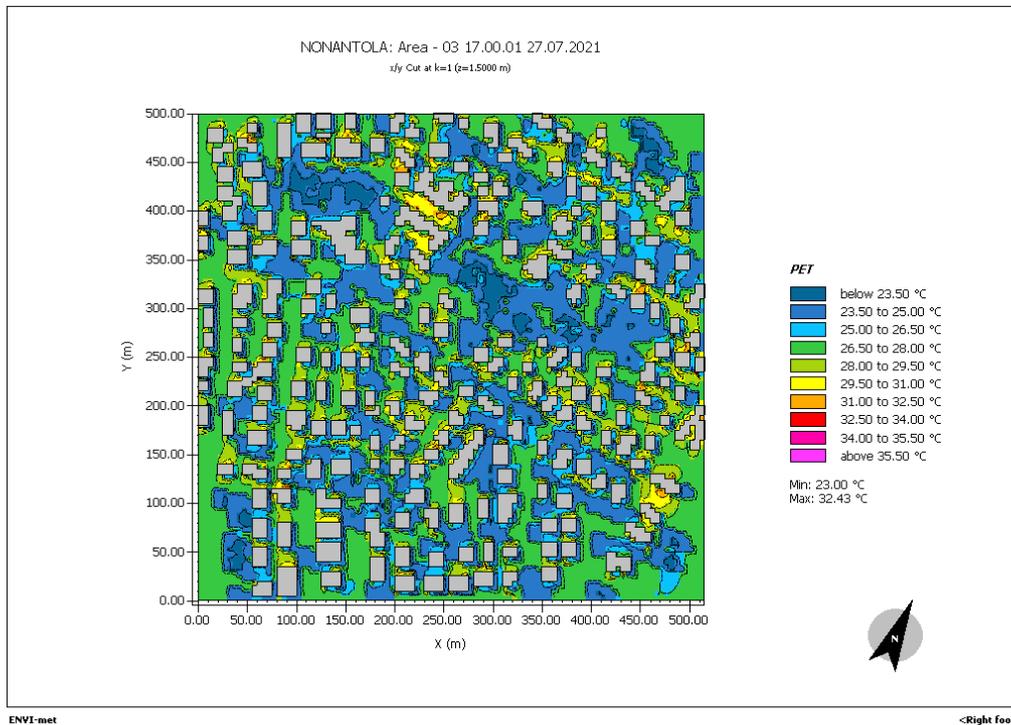
Comparazione dei risultati della PET nell'area nei tre orari delle simulazioni



*Risultato PET ore 11:00*



*Risultato PET ore 15:00*



*Risultato PET ore 17:00*

## CONCLUSIONI

L'analisi Envi-met delle tre aree consente di indentificare come i diversi tessuti urbani rispondono in caso di elevato stress termico, individuando sia le componenti di maggior criticità, sia le aree di maggior benessere. In generale si rileva che per tutti e tre i casi studio le mappe del vento sono poco rilevanti al fine dello studio del comfort termico poiché, trattandosi di aree localizzate nella parte centrale della Pianura Padana, non sono presenti flussi d'aria o brezze estive particolarmente significative che possano incidere sul benessere termico e sul microclima urbano.

Nel caso studio 1, caratterizzato dalla presenza di fabbricati industriali di ampie dimensioni e spazi aperti prevalentemente impermeabilizzati, è evidente come le temperature, dell'aria ma soprattutto delle superfici, raggiungano valori molto elevati in corrispondenza di strade e piazzali asfaltati. Anche solo camminare lungo le strade dell'area industriale o pedalare in bicicletta per raggiungere il luogo di lavoro, in tarda mattinata o nel primo pomeriggio durante una tipica giornata estiva, può risultare estremamente sgradevole, con la percezione di un forte stress termico derivante dal caldo eccessivo.

Diversamente, le poche aree verdi dove sono presenti alberi, superfici a prato o terreni coltivati presentano temperature nettamente inferiori e conseguentemente un valore di comfort percepito maggiore, a dimostrazione dell'effetto benefico che le infrastrutture verdi apportano al microclima urbano, in termini di mitigazione delle isole di calore urbano.

L'area 2 prende in esame una porzione del centro storico della città dove il tessuto urbano è compatto e continuo lungo i fronti stradali, i percorsi viari sono caratterizzati da strade tortuose ed irregolari, mentre gli spazi aperti di maggior dimensione sono costituiti prevalentemente da corti interne private. In questo caso studio non è solo la presenza di pavimentazioni minerali e asfaltate a far aumentare il livello di discomfort, ma anche la natura stessa del tessuto urbano, denso e compatto, che intrappola le radiazioni solari e accentua il fenomeno di isola di calore.

Anche qui le simulazioni evidenziano il ruolo delle aree verdi nell'attenuazione dell'onda termica e l'effetto benefico che spazi aperti permeabili di ampie dimensioni possono avere sull'edificato circostante, con una differenza di quasi 20°C tra la temperatura superficiale delle aree minerali (strade e piazze pavimentate) rispetto agli spazi alberati di ampie dimensioni. In corrispondenza di grandi superfici impermeabili (con funzione di parcheggio o piazza minerale) si percepisce infatti una sensazione di molto caldo con forte stress termico, che non favorisce la permanenza di persone; diversamente, nel giardino in prossimità dell'abazia, la percezione termica varia in leggermente caldo, ovvero una condizione di comfort piacevole per una giornata estiva media.

La 3<sup>a</sup> area studio può essere identificata come una porzione di quartiere giardino, dove edifici residenziali con aree verdi pertinenziali si attestano lungo strade alberate. In questa tipologia di tessuto urbano si registrano mediamente temperature dell'aria e superficiali minori rispetto alle altre due aree oggetto di simulazione, con una ridotta escursione termica durante l'arco della giornata. Nonostante le strade asfaltate presentino temperature superficiali elevate, la presenza diffusa di alberature svolge un effetto di mitigazione dell'isola di calore e il parco costituisce una zona sempre fresca all'interno del quartiere durante le ore più calde della giornata estiva.

Ancora una volta le simulazioni dimostrano come la presenza di un'infrastruttura verde, continua e connessa, costituita da aree sia pubbliche che private, svolga una funzione benefica per il microclima urbano e contribuisca sensibilmente all'aumento del comfort termico.



## **ANALISI COMPARATIVA DEI TESSUTI URBANI DEL COMUNE DI NONANTOLA BASATA SULLE SIMULAZIONI DEL MICROCLIMA OUTDOOR SVOLTE SU TRE AREE RAPPRESENTATIVE DEL CONTESTO URBANO E INDUSTRIALE**

Le tre aree oggetto di studio sono state selezionate in quanto identificano tre diversi tessuti urbani tipici degli ambiti consolidati dei territori di pianura emiliano-romagnoli.

L'area 1 è caratterizzata dalla presenza di fabbricati industriali di ampie dimensioni che si attestano generalmente al centro dei lotti di pertinenza; i piazzali e le aree libere private sono asfaltate e impermeabili, mentre non vi è quasi traccia di aree verdi e alberature. La viabilità è costituita da assi perpendicolari di ampie dimensioni (15-20 metri), con vaste superfici asfaltate destinate a strade e parcheggi a raso. L'ambito produttivo è circondata da campi coltivati e terreni agricoli.

L'area 2 identifica il centro storico della città ed è caratterizzata dalla presenza di fabbricati di piccole e medie dimensioni con funzioni miste afferenti all'antico borgo medievale. Il tessuto urbano è compatto e continuo sui fronti stradali, mentre gli spazi aperti sono costituiti da corti interne e cortili privati retrostanti i singoli edifici. La viabilità è costituita da percorsi sinuosi e irregolari, tipici degli insediamenti medioevali.

L'area 3, infine, è caratterizzata dalla presenza di edifici a con funzioni residenziali: i fabbricati hanno ridotte dimensioni, sono a due o tre piani, e presentano aree pertinenziali o cortilizie adibite a verde con alberature di piccolo fusto. La viabilità è caratterizzata da assi perpendicolari: i percorsi principali presentano sezioni stradali più ampie (circa 10-12 metri) mentre gli assi secondari sono a servizio del quartiere.

I risultati delle simulazioni delle tre aree campione sono stati utilizzati per un'analisi comparativa dei tessuti edificati al fine di identificare le aree omogenee per morfologia urbana su tutto il territorio di Nonantola. Attraverso una diversa colorazione (viola = tessuto industriale / rosso = tessuto centro storico / giallo = tessuto prima periferia) sono stati evidenziati i tessuti urbani analoghi a quelli delle tre aree campione, dove si presuppone possano riscontrarsi condizioni microclimatiche analoghe.

Non sono stati presi in considerazione gli agglomerati di edifici sparsi in territorio agricolo in quanto di dimensioni troppo poco significative per un'analisi dell'isola di calore.

La perimetrazione delle aree identificate in questa analisi dello stress termico non coincide con il territorio urbanizzato identificato dal PUG sulla base dei criteri di cui all'art. 32 della LR 24/2017 (nuova Legge Urbanistica Regionale), in quanto il presente studio ha volutamente tenuto conto di territori omogenei per morfologia urbana, indipendentemente dall'analisi di aree residenziali, insediamenti produttivi, attrezzature e servizi, impianti tecnologici, viabilità urbana o viabilità extraurbana principale considerate nell'identificazione del perimetro condotta parallelamente in applicazione dei criteri stabiliti dalla Legge Regionale.

Le tavole in allegato riportano i risultati del confronto, nello specifico:

- Tavola 01 / Inquadramento delle aree analizzate
- Tavola 02 / Focus ambito urbano Nonantola
- Tavole 03-07 / Focus frazioni.