



AGENZIA NAZIONALE PER LE
NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO
SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Simulazioni ad alta risoluzione dell'ambiente urbano mediante WRF

Seminario di Divisione CLIMAR – 8 maggio 2025 ore 10:00

Serena Falasca

SSPT-CLIMAR-MS



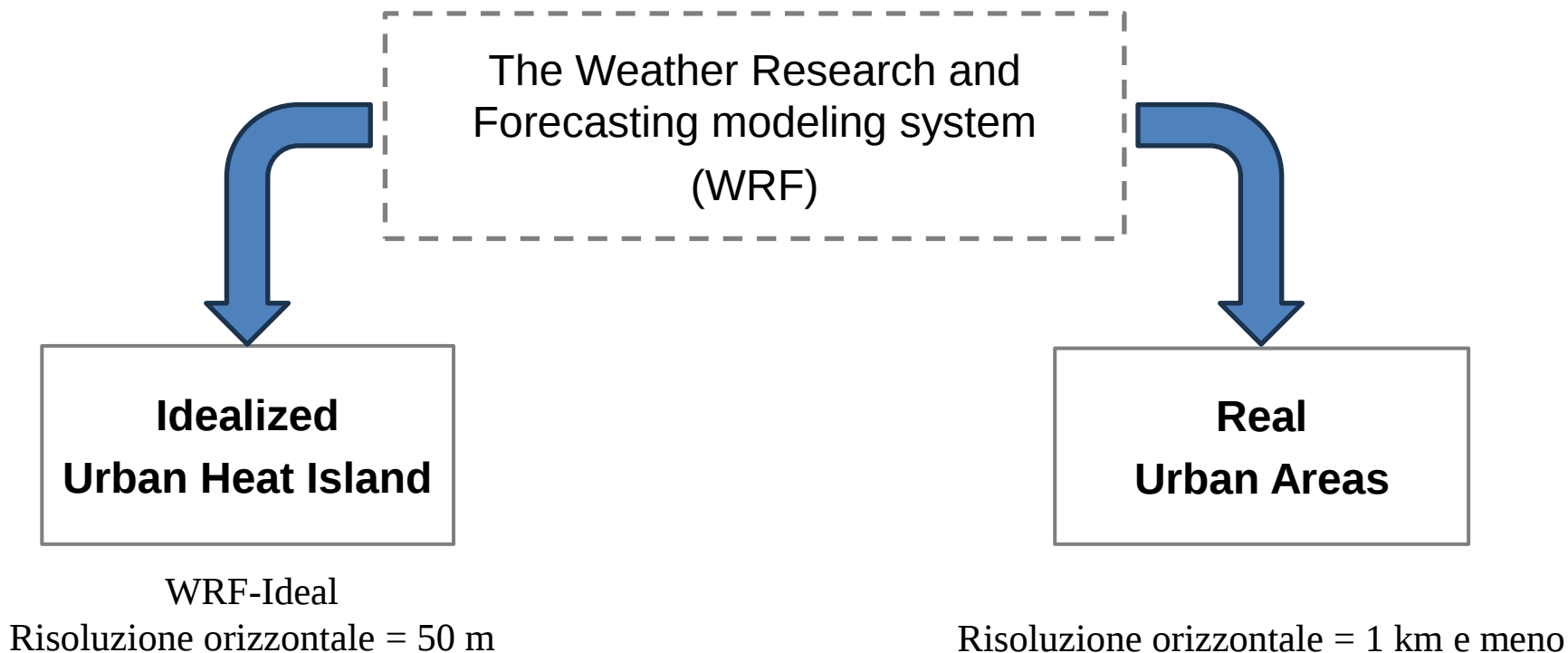
1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000



Sommario

- ✓ Introduzione
- ✓ Caratterizzazione delle aree urbane in WRF
- ✓ Recenti progressi nella rappresentazione delle aree urbane in WRF
- ✓ Impianto metodologico per le seguenti applicazioni
 - ✓ Qualità dell'aria
 - ✓ Consumi energetici degli edifici
 - ✓ Tecniche di mitigazione dell'isola urbana di calore (UHI)

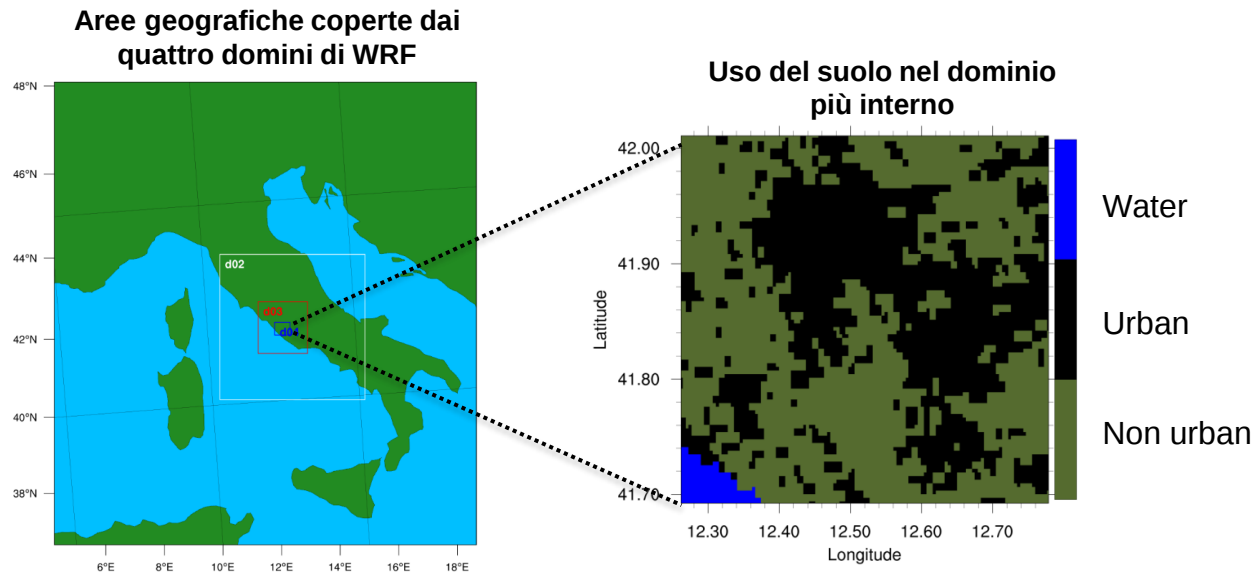
Simulazioni WRF idealizzate e realistiche



The Weather Research and Forecasting model

Modellazione delle aree urbane in WRF – esempio di Roma

- ✓ Differenziazione nell'uso del suolo tra celle urbane e non urbane



The Weather Research and Forecasting model

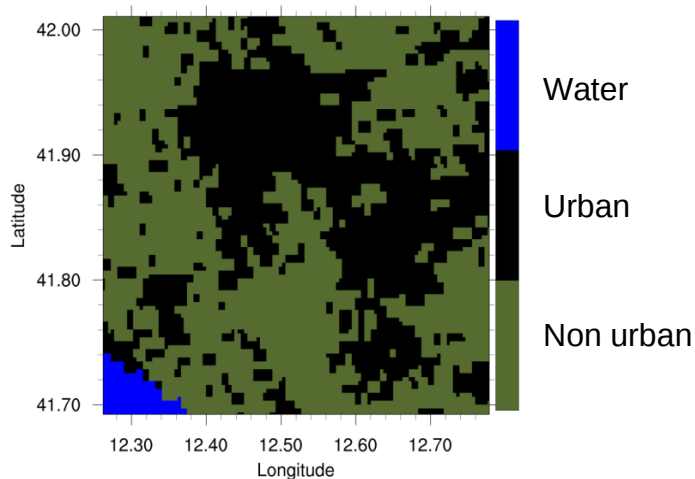
Modellazione delle aree urbane in WRF

- ✓ Differenziazione nell'uso del suolo tra celle urbane e non urbane
- ✓ Per le celle urbane: possibilità di specificare parametri urbani per la città oggetto di studio

The Weather Research and Forecasting model

Modellazione delle aree urbane in WRF - esempio di Roma

Uso del suolo nel dominio più interno



Parametri urbani – da modificare ad opera dell'utente

Esempi:

- Building height [m]
- Building width [m]
- Road width [m]
- Urban Fraction [Fraction]
- Heat capacity of roof/wall/road [$\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$]
- Surface albedo of roof/wall/road

The Weather Research and Forecasting model

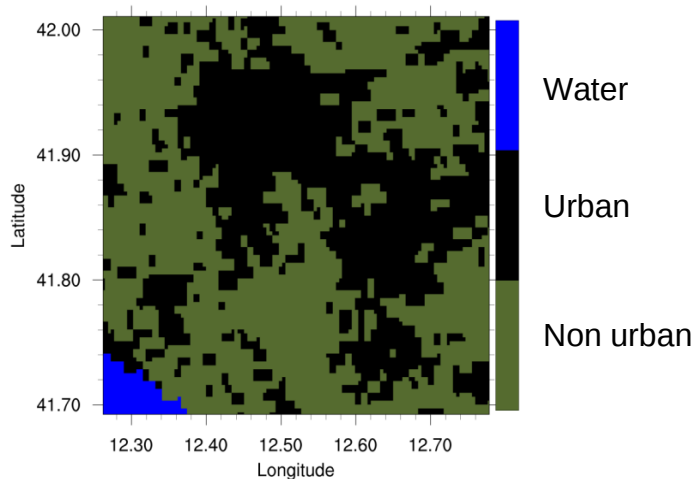
Modellazione delle aree urbane in WRF

- ✓ Differenziazione tra celle urbane e non urbane
- ✓ Per le celle urbane: possibilità di specificare parametri urbani per la città oggetto di studio
- ✓ Per le celle urbane: possibilità di attivare uno schema di parametrizzazione urbana - tre schemi di parametrizzazione urbana con diversi gradi di complessità

The Weather Research and Forecasting model

Modellazione delle aree urbane in WRF - esempio di Roma

Uso del suolo nel dominio più interno



Parametri urbani – da modificare ad opera dell'utente

Esempi:

- Building height [m]
- Building width [m]
- Road width [m]
- Urban Fraction [Fraction]
- Heat capacity of roof/wall/road [$\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$]
- Surface albedo of roof/wall/road



Schemi urbani

Simulazioni WRF realistiche

The Weather Research and
Forecasting modeling system
(WRF)



**Real
Urban Areas**

Risoluzione orizzontale = 1 km e meno
Risoluzione temporale = 1 h

Applicazioni

Consumi
energetici

Tecniche di
mitigazione
dell'UHI

Qualità
dell'aria

Comfort termo-
igrometrico
outdoor

Simulazioni WRF realistiche

Applicazioni

Consumi energetici

Tecniche di mitigazione dell'UHI

Qualità dell'aria

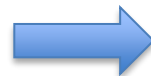
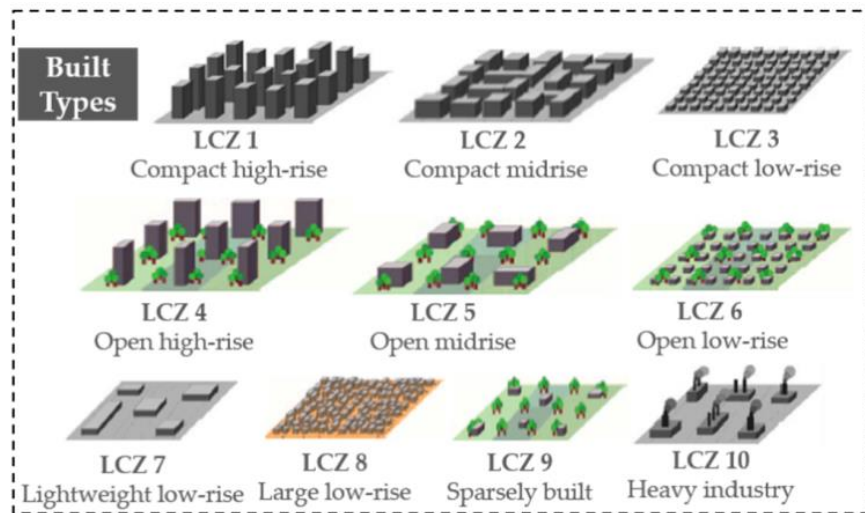
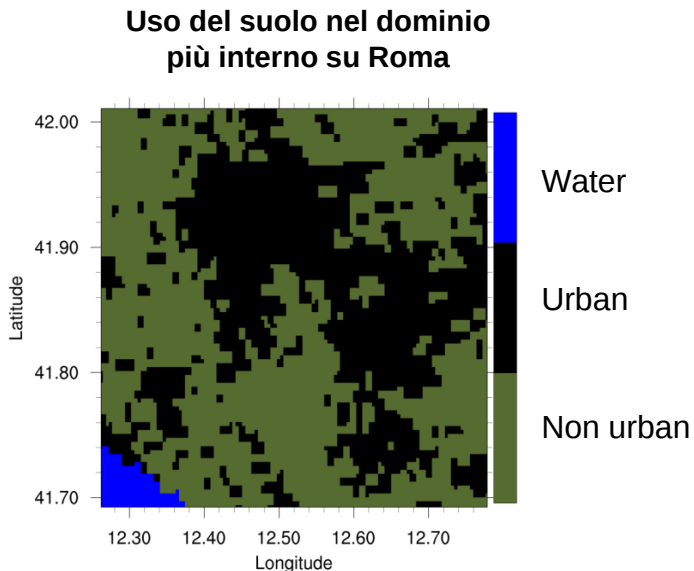
Comfort termoisgrometrico outdoor

Esigenze

- **Realisticità nella rappresentazione del tessuto urbano della città**
- Versatilità del modello

Caratterizzazione delle aree urbane in WRF

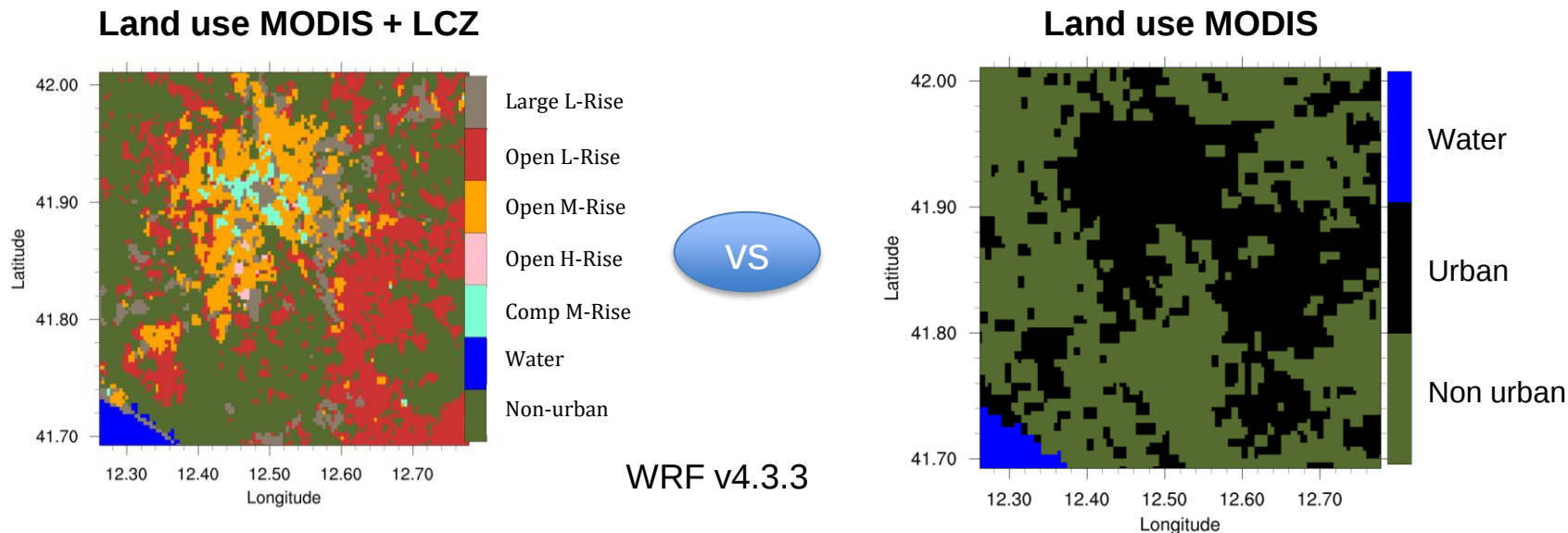
Le zone climatiche locali – LCZ (Stewart and Oke, 2012)



Fonte immagine LCZ: <https://doi.org/10.3390/rs11232828>

Implementazione in WRF delle LCZ

Esempio di Roma



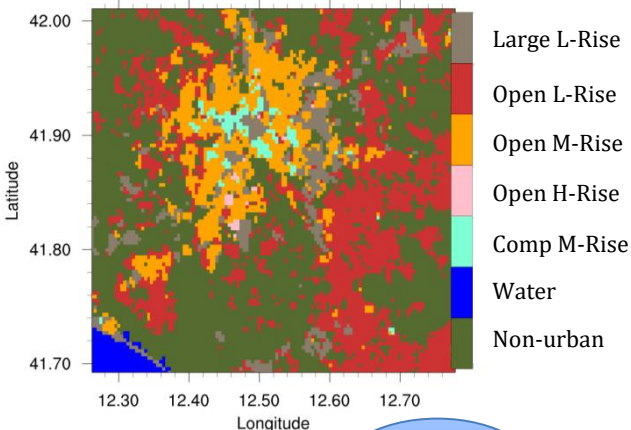
LCZ dataset (da <https://www.wudapt.org/>)

Tool w2w by Demuzere et al., [//github.com/matthiasdemuzere/w2w](https://github.com/matthiasdemuzere/w2w)

Rappresentazione realistica del tessuto urbano

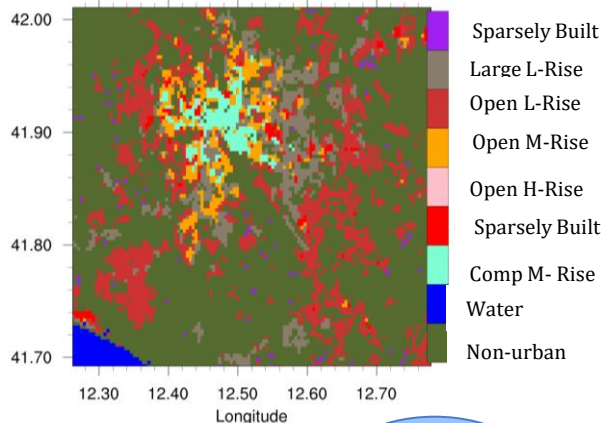
Esempio di Roma

WRF v4.3.3 (2022)



testato

WRF v4.6.1 (2024)



Test in
corso

Caratteristiche del dataset di uso del suolo urbano

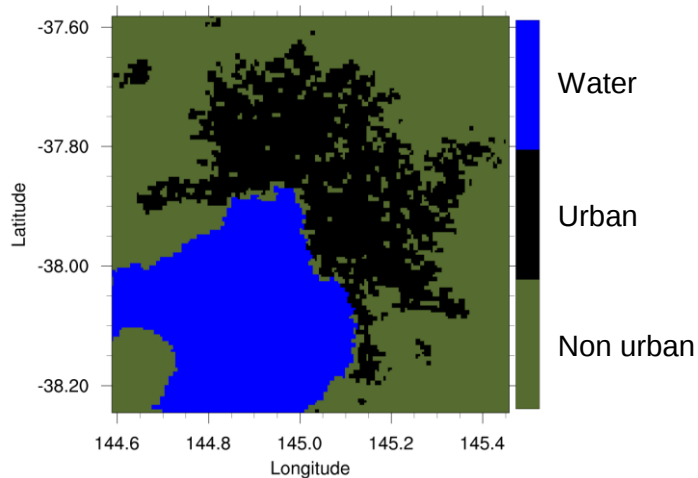
	WRF v4.3.3	WRF v4.6.1
celle urbane sul totale (%)	49%	34%
Numero di LCZ	5	7
LCZ prevalente	Open Low-Rise (55%)	Open Low-Rise (53%)

Rappresentazione realistica del tessuto urbano

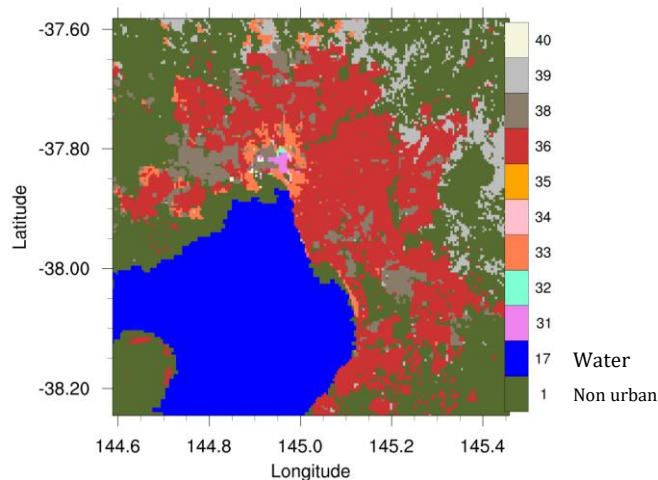
Esempio di Melbourne



Land use MODIS



Land use MODIS + LCZ



LCZ dataset (da <https://www.wudapt.org/>)

Tool w2w by Demuzere et al., [//github.com/matthiasdemuzere/w2w](https://github.com/matthiasdemuzere/w2w)

WRF v4.3.3 (2022)

Simulazioni WRF realistiche

The Weather Research and
Forecasting modeling system
(WRF)



**Real
Urban Areas**

Risoluzione orizzontale = 1 km e meno
Risoluzione temporale = 1 h

Applicazioni

Consumi
energetici

Tecniche di
mitigazione
dell'UHI

Qualità
dell'aria

Comfort termo-
igrometrico
outdoor

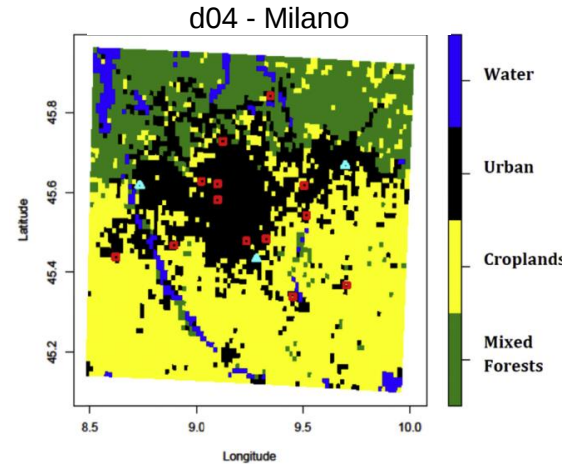
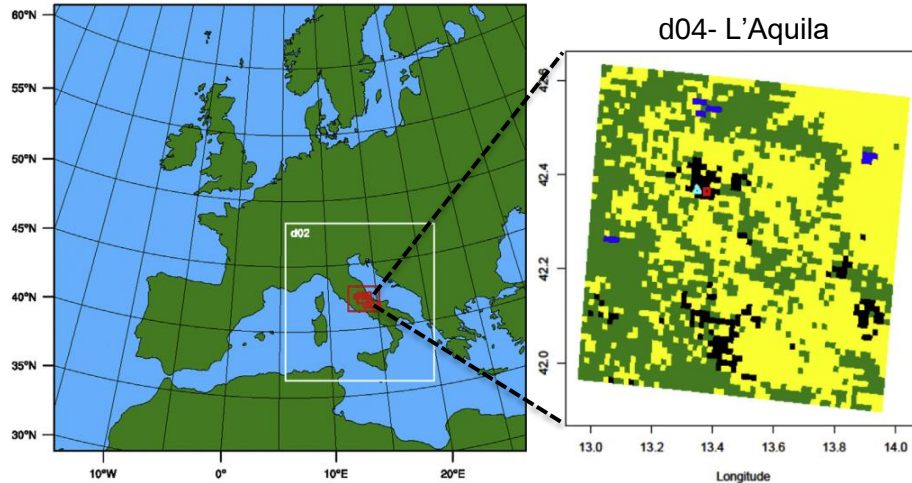
High-resolution air quality modeling: Sensitivity tests to horizontal resolution and urban canopy with WRF-CHIMERE

Serena Falasca^{a,b,*}, Gabriele Curci^{a,b}

^a Department of Physical and Chemical Sciences, University of L'Aquila, 67100, L'Aquila, Italy

^b Center of Excellence in Telemonitoring of Environment and Model Prediction of Severe Events (CETEMPS), University of L'Aquila, L'Aquila, 67100, Italy

Accoppiamento offline tra WRF e CHIMERE



Risoluzione orizzontale

	dx = dy WRF (km)	dx = dy CHIMERE (°)
d01 (EUR)	36	0.5
d02 (ITA)	12	0.12
d03	4	0.04
d04 (Urban Area)	1.3	0.015

Sensitivity to:

- ✓ Horizontal model grid size
- ✓ Resolution of the anthropogenic emissions inventory
- ✓ Urban schemes: Bulk, Single Layer Urban Canopy Model, Building Energy Parameterization (BEP)



Applicazioni – Qualità dell'aria

Accoppiamento offline tra WRF e ADMS-Urban

PROGETTO PRIN 2022

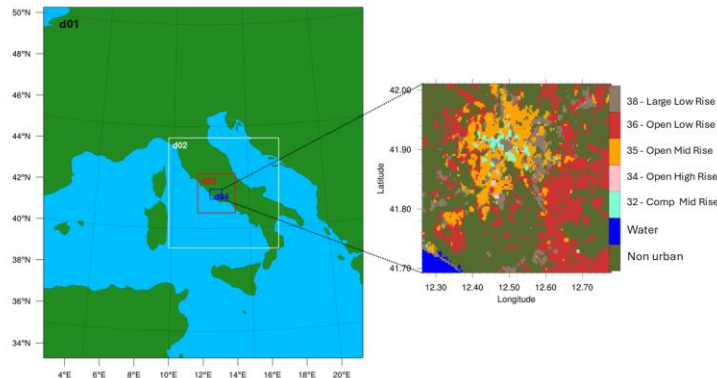
**“uRban hEat and pollution iSlands inTerAction
in Rome and possible miTigation strategies – RESTART”**



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



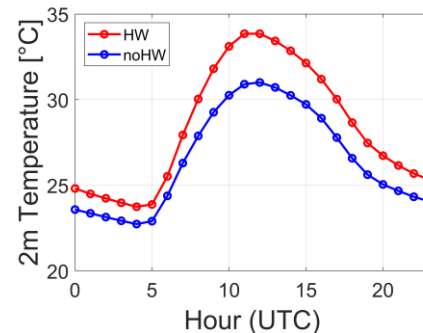
Aree geografiche coperte dai quattro domini WRF (a sn)
e LCZ incluse nel dominio più interno (a dx)



Risoluzione orizzontale
dei domini di WRF

	dx = dy WRF (km)
d01	13.5
d02	4.5
d03	41.5
d04 (Rome)	0.5

Ciclo medio della temperatura
nell'area urbana durante l'ondata di
calore (HW) di luglio 2022 e nei giorni
precedenti e successivi



Simulazioni WRF realistiche

The Weather Research and
Forecasting modeling system
(WRF)



**Real
Urban Areas**

Risoluzione orizzontale = 1 km e meno
Risoluzione temporale = 1 h

Applicazioni

**Consumi
energetici**

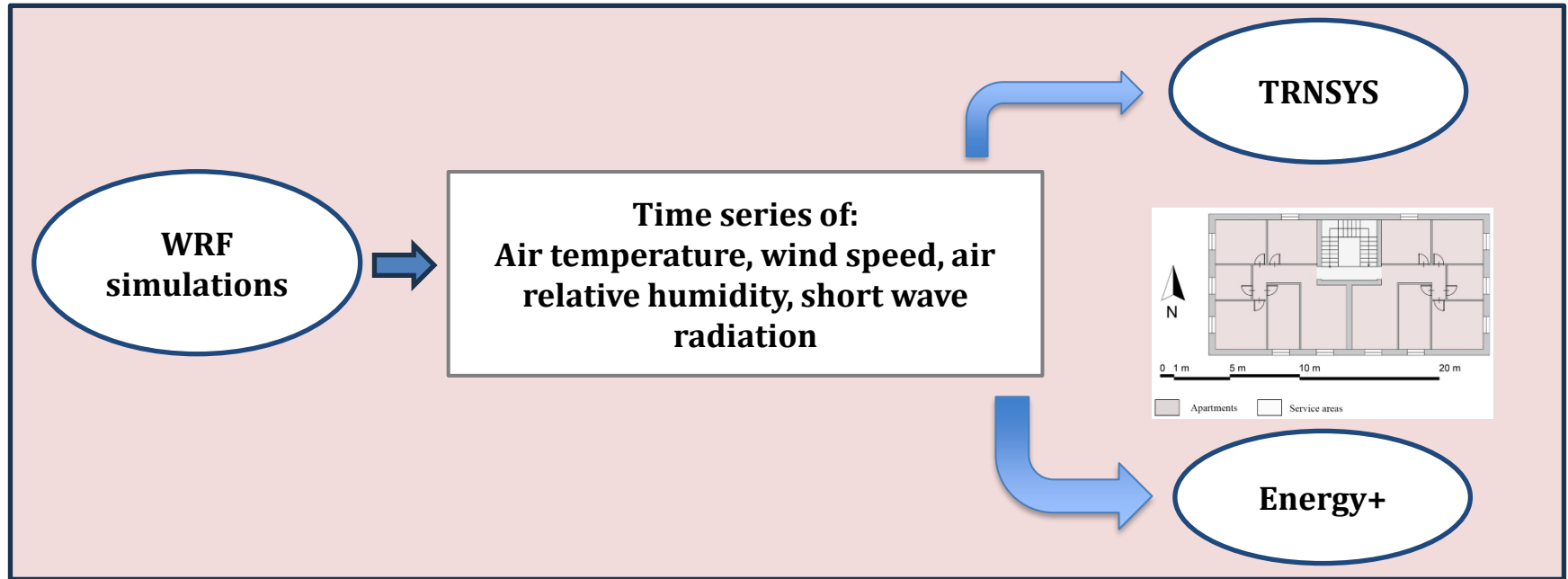
Tecniche di
mitigazione
dell'UHI

Qualità
dell'aria

Comfort termo-
igrometrico
outdoor

Applicazioni – Consumi energetici

Flowchart



Simulazioni WRF realistiche

The Weather Research and
Forecasting modeling system
(WRF)



**Real
Urban Areas**

Risoluzione orizzontale = 1 km e meno
Risoluzione temporale = 1 h

Applicazioni

Consumi
energetici

**Tecniche di
mitigazione
dell'UHI**

Qualità
dell'aria

Comfort termo-
igrometrico
outdoor

Tecniche di mitigazione dell'UHI

Simulazione scenari «what-if» con WRF

1. Copertura delle superfici urbane con materiali ad alto albedo
 2. Incremento del verde urbano
- Milano (senza LCZ)
 - Melbourne (con LCZ)
 - Roma (con LCZ)

Applicazioni – Tecniche di mitigazione dell'UHI

Materiali ad alto albedo a Milano

Impatto su:

- ✓ Variabili meteo (temperatura dell'aria, velocità del vento)
- ✓ Condizioni di comfort termoigrometrico outdoor (indice biometeorologico empirico *Mediterranean Outdoor Comfort Index*)
- ✓ Consumi energetici per raffrescamento di un edificio mediante il tool Energy+



High albedo materials to counteract heat waves in cities: An assessment of meteorology, buildings energy needs and pedestrian thermal comfort

Serena Falasca^{a,b,c}, Virgilio Ciancio^c, Ferdinando Salata^a, Iacopo Golasi^c, Federica Rosso^d, Gabriele Curci^{b,e}

^a Department of Pure and Applied Sciences (DISPA), University of Urbino, 61029, Urbino, Italy

^b Center of Excellence in Telemonitoring of Environment and Model Prediction of Severe Events (CETEMPS), University of L'Aquila, 67100, L'Aquila, Italy

^c Department of Astronomical, Electrical and Energy Engineering - Area Fisica Tecnica, University of Rome "Sapienza", Via Eudossiana 18, 00184, Rome, Italy

^d Department of Civil, Construction and Environmental Engineering (DICEA), University of Rome "Sapienza", Via Eudossiana 18, 00184, Rome, Italy

^e Department of Physical and Chemical Sciences (DISFC), University of L'Aquila, 67100, L'Aquila, Italy

Applicazioni – Tecniche di mitigazione dell'UHI

Materiali ad alto albedo e incremento di verde urbano a Melbourne

Impatto differenziato per densità edilizia su:

- ✓ Variabili meteo (temperatura dell'aria, velocità del vento)
- ✓ Ventilation coefficient
- ✓ Consumi energetici per raffrescamento di un edificio mediante la variabile proxy *Cooling Degree Hours (CDH)*



Applicazioni – Tecniche di mitigazione dell'UHI

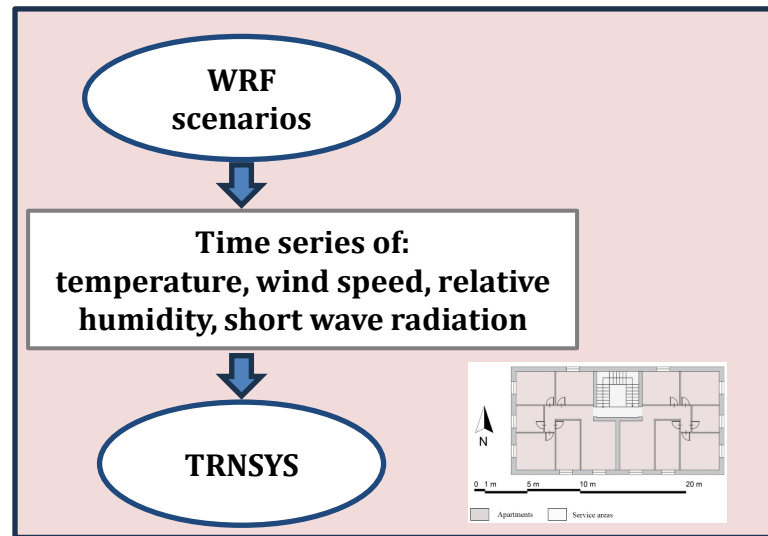
Materiali ad alto albedo e incremento di verde urbano a Roma



Valutazione di tecniche di mitigazione dell'isola di calore e del clima urbano nella città di Roma attraverso analisi numeriche a meso-scala validate con misure a terra

Applicazioni – Tecniche di mitigazione dell'UHI

Materiali ad alto albedo e incremento di verde urbano a Roma



Materiali ad alto albedo

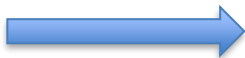
Valutazione di tecniche di mitigazione dell'isola di calore e del clima urbano nella città di Roma attraverso analisi numeriche a meso-scala validate con misure a terra

Study period

- ✓ July – August 2020

Numerical experiments:

- ✓ Reference case (CTRL)
- ✓ Scenari “what-if”

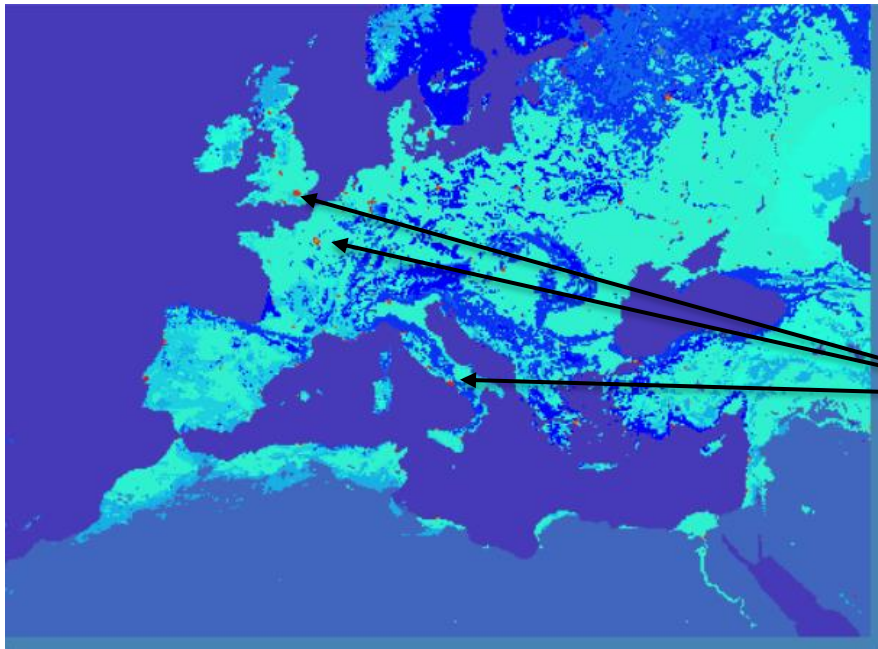


“What-if” scenarios

- ✓ TRE scenari con materiali ad alto albedo
- ✓ DUE scenari con incremento di verde urbano
- ✓ TRE scenari combinazione

Valutazione dell'impatto dell'attivazione degli schemi urbani

Uso del suolo nel dominio



Test in corso:

- ✓ Unico dominio
- ✓ Risoluzione spaziale 12 km
- ✓ Dataset di uso del suolo urbano include le LCZ

Le macchie rosse sono le città

Approfondimento dello studio sul verde urbano



Grazie
per l'attenzione

serena.falasca@enea.it



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000



Bibliografia essenziale

- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. Bulletin of the American Meteorological Society, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

Extra slides

Grandezze analizzate

MOCI

$$\text{MOCI} = -4.257 + 0.146 * T_a + 0.325 * I_{\text{CL}} + 0.005 * \text{RH} + 0.001 * \text{Rad} - 0.235 * \text{WS}$$

Dove:

- T_a è la temperatura dell'aria [°C]
 - I_{CL} è la resistenza termica degli indumenti $\text{MOCI} = 1.608 - 0.038 * T_a$
 - RH è l'umidità relativa [%]
 - Rad è la radiazione short wave [W/m²]
 - WS è la velocità del vento [m/s]
 - n è il numero di ore nell'intervallo di tempo considerato
- ✓ MOCI categories based on an ASHRAE 7-point scale [-3; - 2; - 1; 0; +1; +2; +3]:
- -0.5 and 0.5 comfort conditions.
 - > 0.5 sensation of increasing heat
 - < -0.5 sensation of increasing cold.

Cooling Degree Hours

$$CDH = \sum_{h=1}^n (T_a - T_s)^+$$

Dove:

- T_a è la temperatura dell'aria [°C]
- T_s è la temperatura di set point (20°C-27°C secondo le indicazioni dell' ASHRAE) [°C]
- n è il numero di ore nell'intervallo di tempo considerato

Grandezze analizzate

Ventilation coefficient

$$VC = PBLH * WS$$

Dove:

- PBLH è l'altezza dello strato limite atmosferico [m]
- WS è la velocità media nel PBL [m/s]