

Roma, 24 marzo 2026

DANIELE GRIFONI



INAIL

MODELLI METEOROLOGICI E SISTEMA DI ALLERTA WORKCLIMATE 2.0: CATENA OPERATIVA PER IL SUPPORTO ALLE DECISIONI

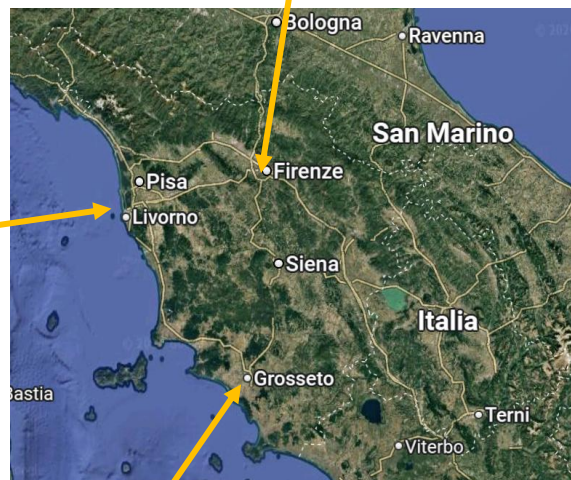


E' UN CONSORZIO TRA CNR e REGIONE TOSCANA

FIRENZE (SESTO FNO)



LIVORNO



GROSSETO

Il Consorzio è suddiviso in 4 divisioni:

Fisica dell'Atmosfera: Sistemi di osservazione e di modellistica meteorologica a diverse scale spaziali.

Oceanografia: sistemi di osservazione e modellistica dello stato del mare.

Geomatica: progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione delle banche dati territoriali.

Tecnico Amministrativa: a supporto e trasversale a tutte le altre divisioni

Situazione attuale Arezzo 14 °C Lucca 11 °C Pistoia 13 °C Firenze 13 °C Massa 15 °C Prato 14 °C Grosseto 16 °C Pisa 12 °C Siena 12 °C Livorno 13 °C



SERVIZI METEO per privati

- Rimozione Costa Concordia
- Servizio Società Autostrade
- Servizi per posa cavi sottomarini
- ecc



**ALLERTAMENTO
PROTEZIONE CIVILE**

ANTI-INCENDIO

**AGROMETEO
FITOSANITARIO**

**SUPPORTO
METEO
UMBRIA**

MODELLI METEOROLOGICI E SISTEMA DI ALLERTA WORKCLIMATE 2.0: CATENA OPERATIVA PER IL
SUPPORTO ALLE DECISIONI – DANIELE GRIFONI

MODELLI METEOROLOGICI GLOBALI

Sono sistemi informatici che sulla base delle leggi fondamentali della fisica, a partire dalla situazione attuale a livello globale, simulano l'evoluzione più probabile dell'atmosfera per le ore o i giorni successivi



Dati satellitari

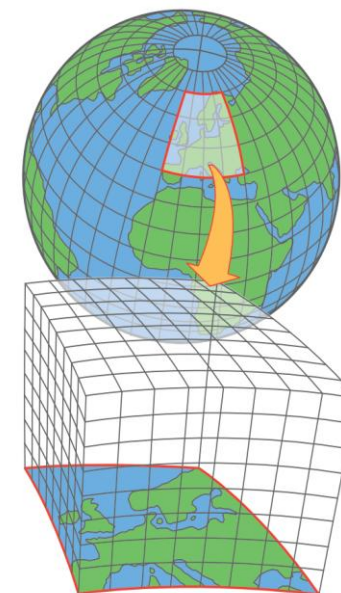
Dati da reti di rilevamento globale:

- stazioni meteo
- boe
- palloni sonda



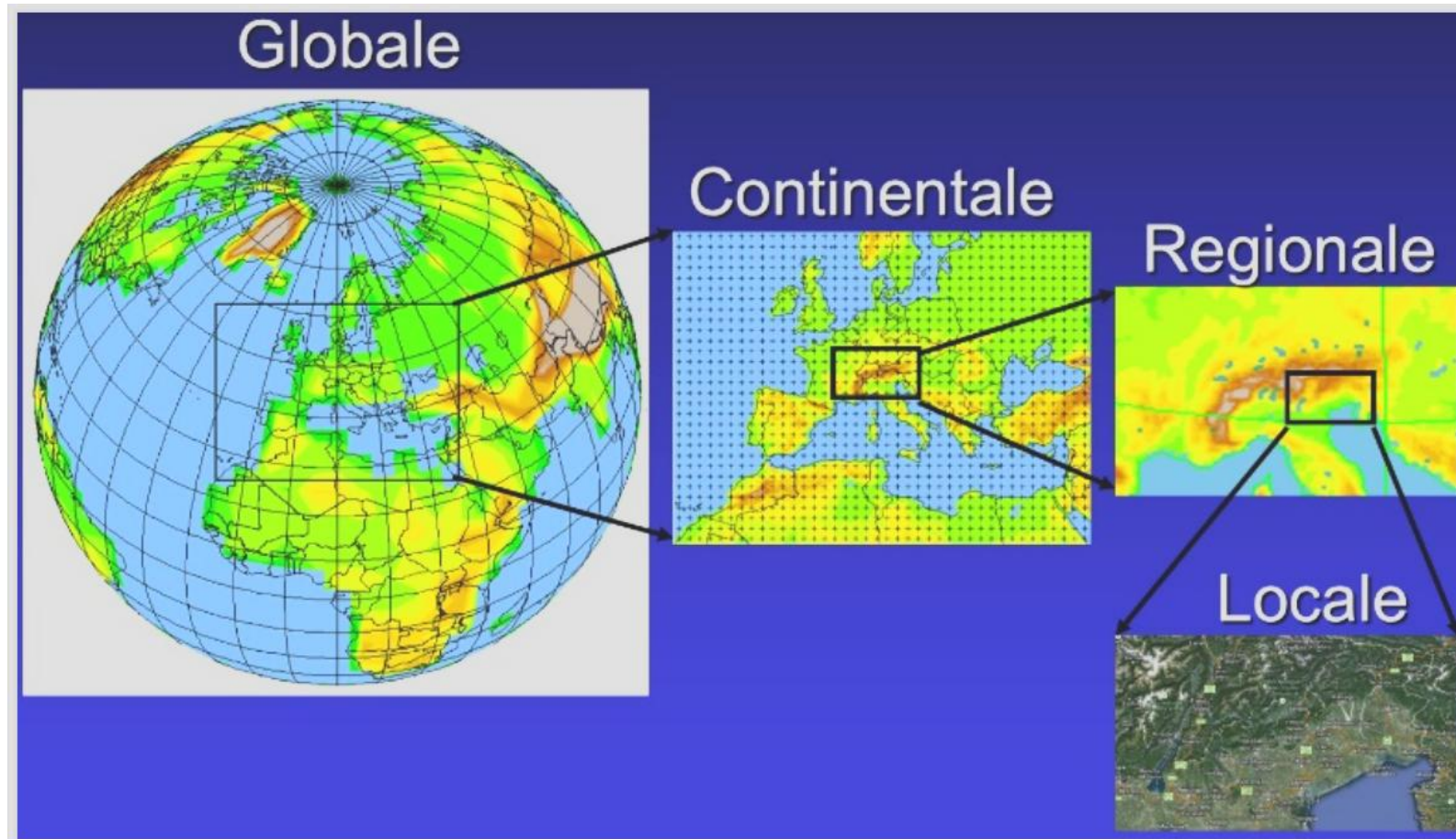
Centro di calcolo del centro europeo ecmwf

L'atmosfera è suddivisa in celle e la previsione viene fatta per ciascuna di esse (risoluzione non elevata)



MODELLI METEOROLOGICI LOCALI

Si innestano sugli output (previsioni) del modello globale e progressivamente si può arrivare a risoluzioni elevate.



LA MODELLISTICA AL CONSORZIO LAMMA

Risorse di Calcolo del LaMMA dal 1997 al 2020



Settore Modellistica

Evoluzione del Cluster di calcolo



1997



2003



2011



2019

- Aumento della potenza di calcolo
- Riduzione dei costi operativi
- Sensibile risparmio energetico

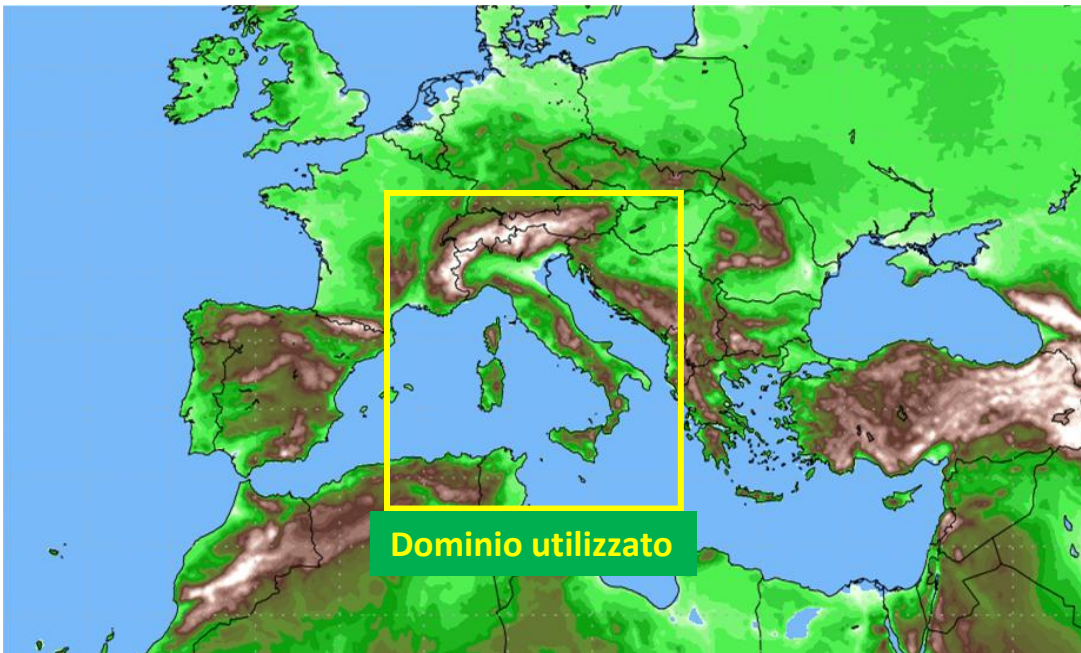
Il Consorzio Lamma fa parte dei consorzi moloch e wrf (CNR-ISAC, Arpal Liguria, Arpas Sardegna, ISPRA) per lo sviluppo della modellistica meteo nazionale (novità)

Moloch e wrf sono stati adottati da Agenzia Italia Meteo a livello nazionale e affiancano il modello ICON (storico)

14

BOLAM 7 km

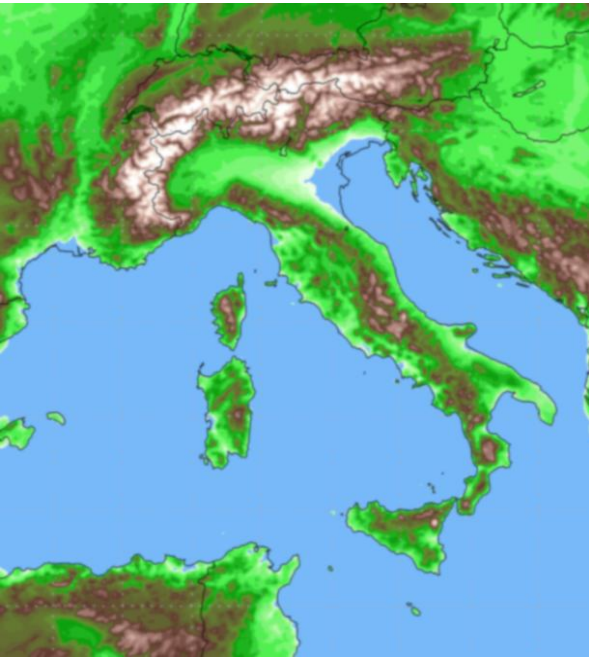
- 2 corse giorno
00*/12z
- 132 ore
(5,5 giorni)



Dominio: ITALIA
Risoluzione spaziale: 7 km
Risoluzione temporale: 1 ora
Dati Inizializzazione: **GFS**

***Corsa a messa disposizione del Progetto Workclimate per la piattaforma**

MOLOCH 2km



● 4 corse giorno
00*/06/12*/18z

● 84 ore
(3,5 giorni)

Per la tendenza del 4° e 5° giorno
si usa modello Moloch a 5 km

al fine di evitare la possibilità di un blocco della catena operativa a seguito della mancanza dei dati del modello globale GFS, è stata implementata anche una catena parallela basata sul Modello IFS.

Con l'aumento della risoluzione a 2 km la mole dei dati da gestire aumenta di circa 9-10 volte rispetto alla versione precedente a 7 km. La previsione viene fatta su 88 mila punti sul territorio italiano.

Dominio:
Risoluzione spaziale:
Risoluzione temporale
Dati Inizializzazione:

ITALIA

2 km

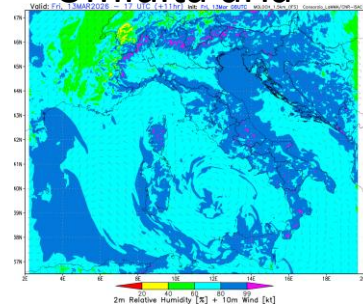
1 ora

GFS e IFS

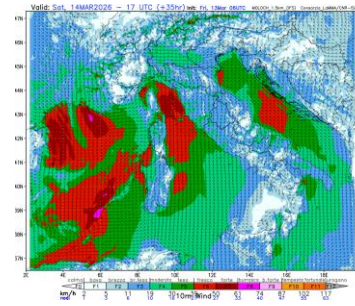
*Corse a messe disposizione del progetto Workclimate 2.0 per la piattaforma

Catena operativa produzione dati meteorologici di base

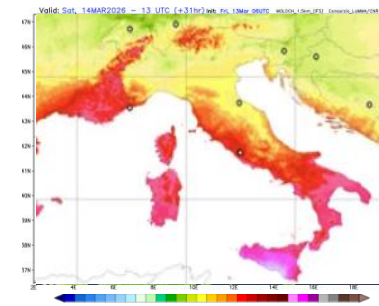
Umidità aria



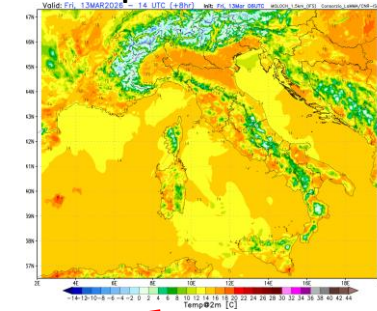
Velocità del vento



Radiazione solare



Temperatura aria



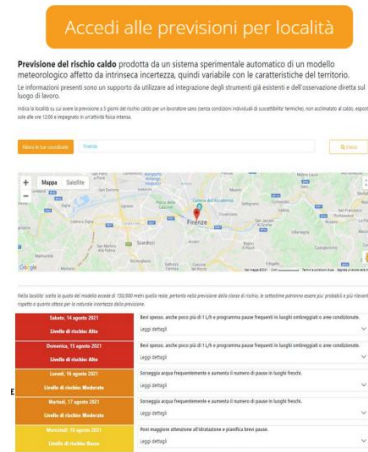
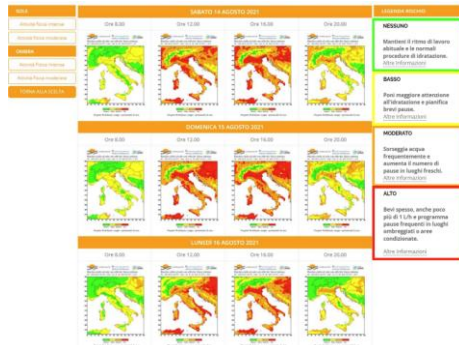
Catena operativa calcolo WBGT

PREVISIONI SU MAPPE

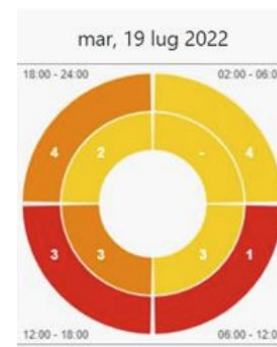
PREVISIONI PER COMUNE
WORKLIMATE

WEB APP

PREVISIONI SUPERAMENTO 35°C



Previsione per il 1° giorno



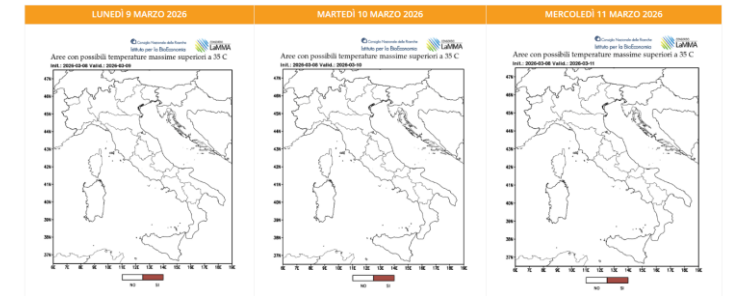
Previsione del rischio

LIVELLI DI RISCHIO DA CALDO E

Fascia 02:00 -> 06:00 (Nr o
Min: **rischio basso** » Max:
Fascia 06:00 -> 12:00 (Nr o
Min: **rischio basso** » Max:
Fascia 12:00 -> 18:00 (Nr o
Min: **rischio moderato** » Max:
Fascia 18:00 -> 24:00 (Nr o
Min: **rischio basso** » Max:
Nessun rischio

MAPPE SUPERAMENTO DI TEMPERATURA OLTRE I 35°

Le previsioni, sperimentali e automatiche (non controllate), basate sul modello meteorologico, sono affette da intrinseca incertezza e possono risultare significativamente differenti dalle reali condizioni. Le previsioni vanno pertanto considerate come uno strumento di supporto alle decisioni all'integrazione degli strumenti già esistenti e dell'osservazione meteorologica fatta direttamente sul luogo di lavoro. Prima di consultare le previsioni leggere anche l'approfondimento.



MODELLI METEOROLOGICI E SISTEMA DI ALLERTA WORKLIMATE 2.0: CATENA OPERATIVA PER IL
SUPPORTO ALLE DECISIONI – DANIELE GRIFONI

INAIL



MOLE DI DATI GESTITI NEL SISTEMA WORKCLIMATE 2.0

Catena operativa produzione dati meteo di base

Corsa delle 12 e delle 00 del Moloch 2 km su GFS e IFS

+

Corsa delle 12 e delle 00 del Moloch 5 km su GFS e IFS

5 GB/GIORNO

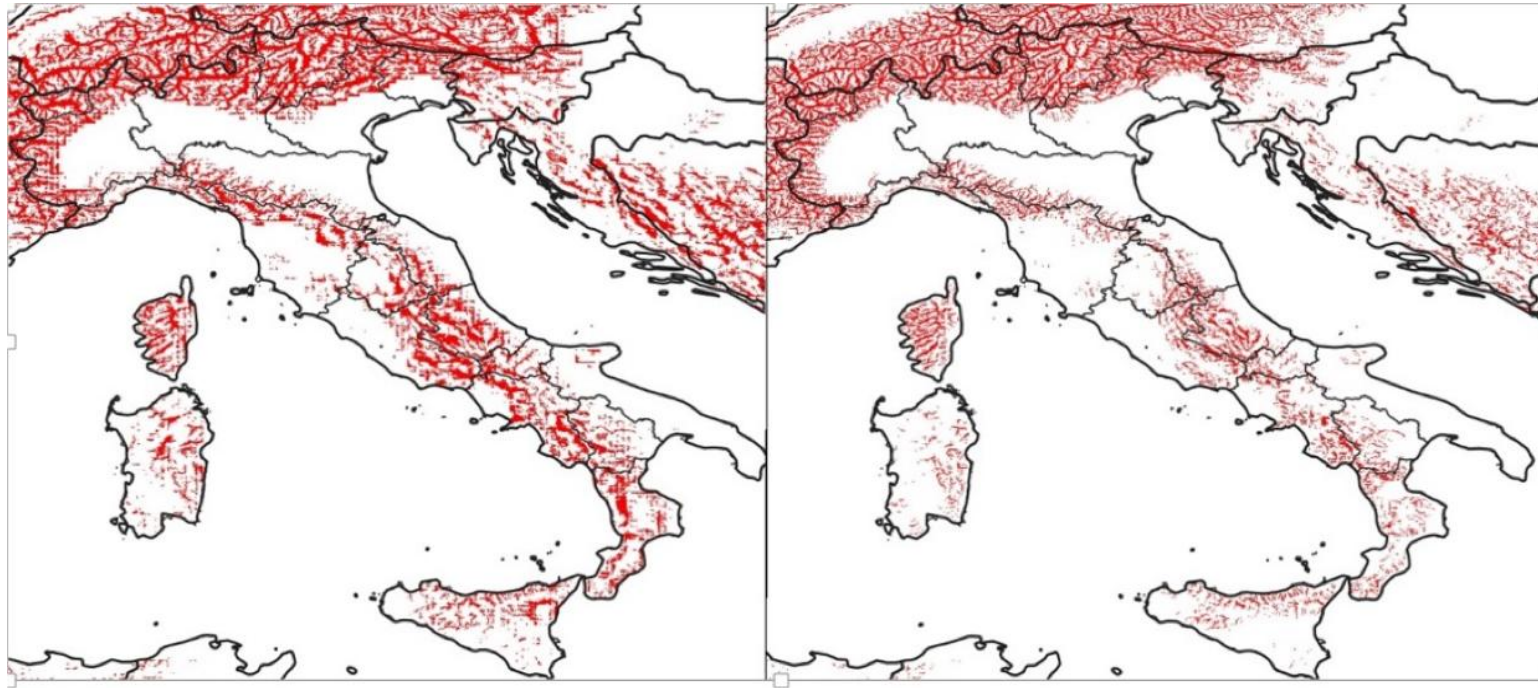
Post processing dati meteo per calcolo WBGT e sviluppo dei
relativi prodotti per sito web e web app

1 GB/GIORNO

IMPATTO DELLA DIVERSA RISOLUZIONE

Differenza fra Quota ricostruita nel Modello - Quota Reale

In rosso le aree con differenza > di 300 m
(vallate strette risultano a quota più elevata della reale)



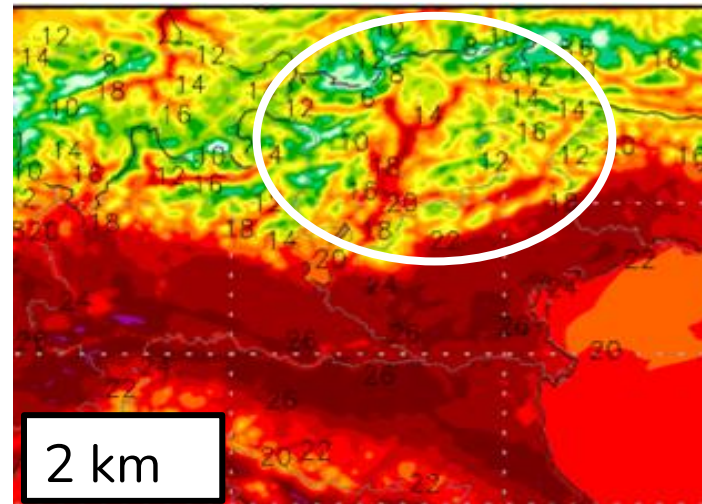
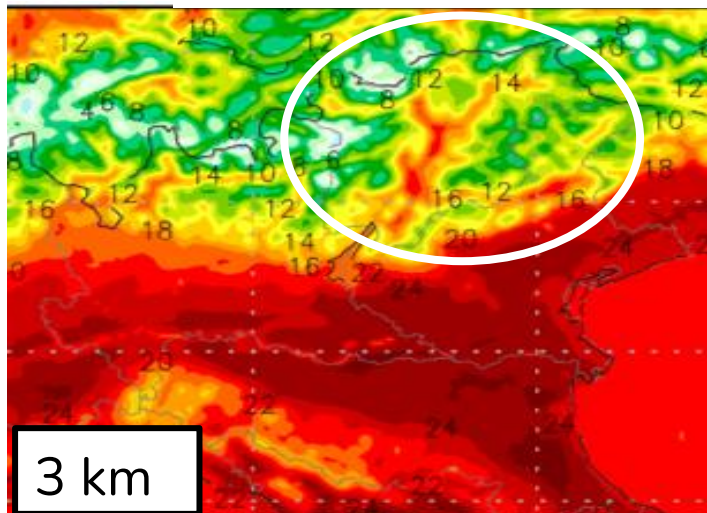
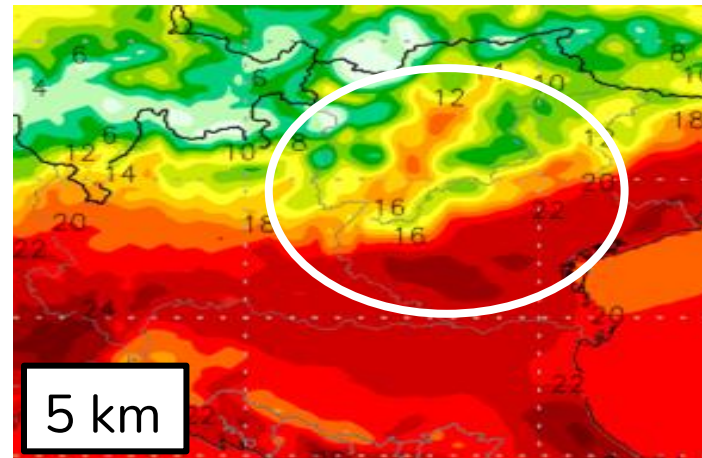
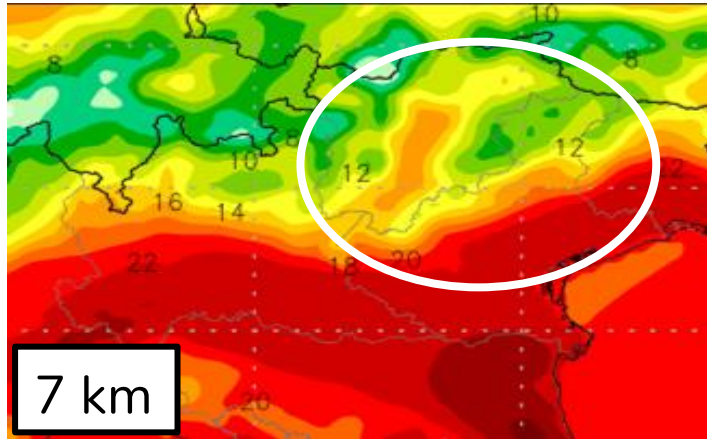
BOLAM 7 km

MOLOCH 2 km

Qualora nella ricerca per comune, esso ricada in una delle aree in rosso della mappa sulla destra, viene attivato un alert che indica che in tale zona, l'incertezza del modello e quindi la probabilità di avere sottostime del livello di rischio, è maggiore rispetto a quanto atteso altrove (dove peraltro l'incertezza è comunque presente)

IMPATTO DELLA DIVERSA RISOLUZIONE SULLA TEMPERATURA ALLE ORE 14

(Martedì 31 Maggio 2022)



Con l'aumento della risoluzione spaziale aumenta anche il dettaglio nella previsione delle temperature: «si vedono meglio le valli e i rilievi»

Verifica delle previsioni su alcune località italiane

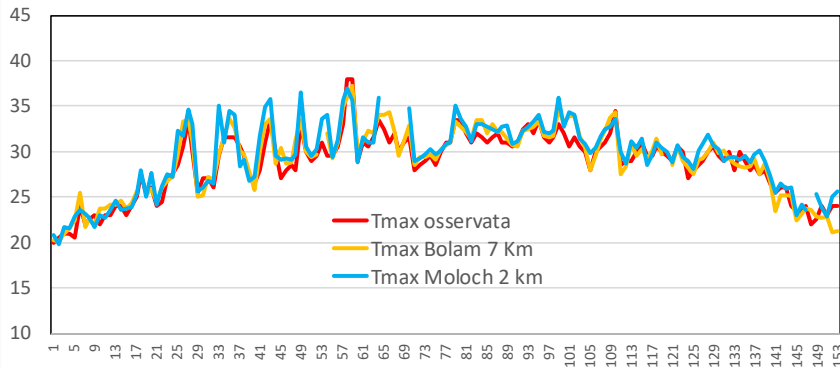
Serie di dati meteo stagioni 2020-2022

- Temperatura dell'aria
- Umidità dell'aria
- Velocità del vento
- Radiazione solare

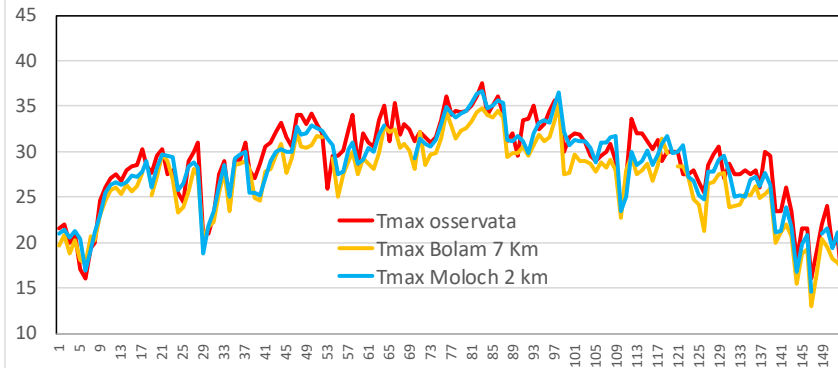


Previsione Temperatura max 2 m (Maggio – Settembre 2022)

Roma Fiumicino T max
Maggio - Settembre 2022

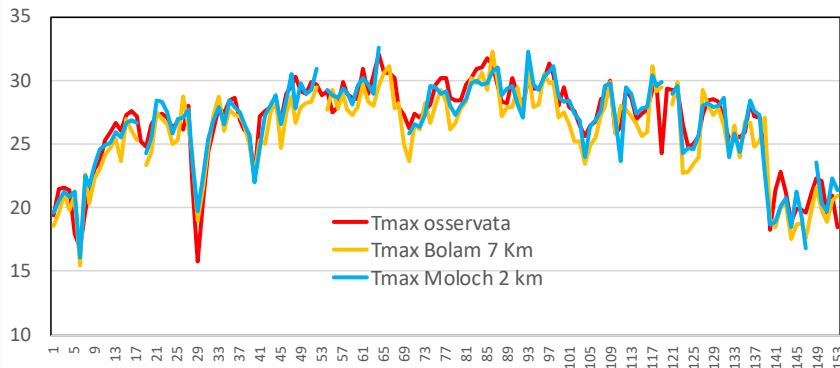


Milano T max
Maggio - Settembre 2022

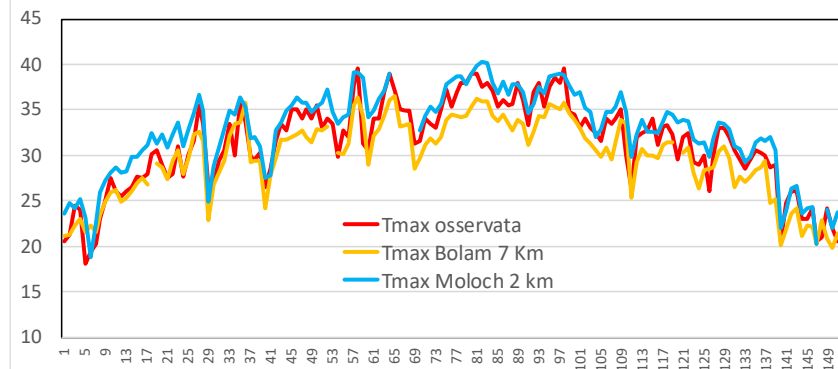


Stazioni in zone ad
orografia
non complessa
(es. pianura)

Vicenza T max
Maggio - Settembre 2022



Firenze T max
Maggio - Settembre 2022

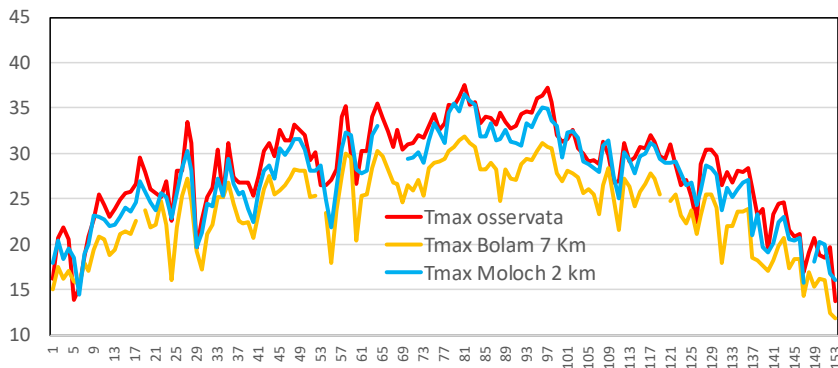


Simile comportamento si ha
anche per la previsione
dell'Indice WBGT

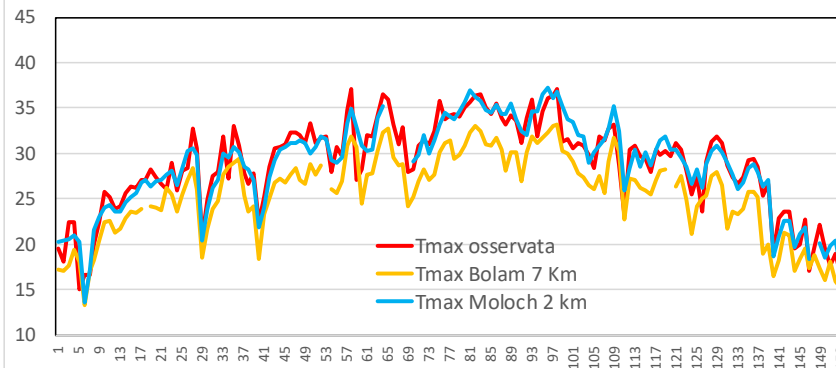
INAIL

Previsione Temperatura max 2m (Maggio – Settembre 2022)

Pontremoli T max
Maggio - Settembre 2022

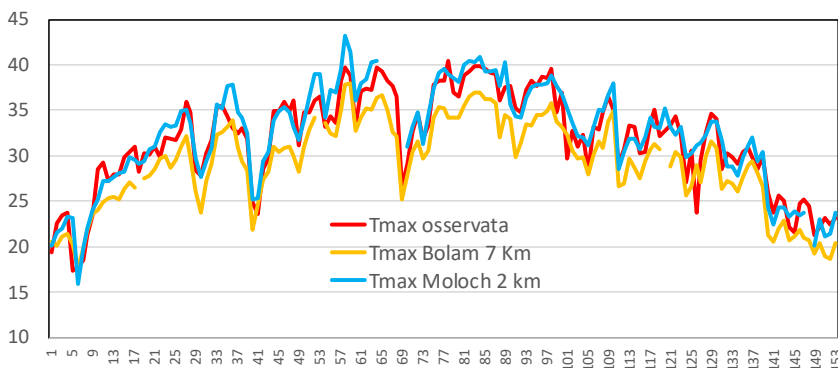


Borgo San Lorenzo T max
Maggio - Settembre 2022

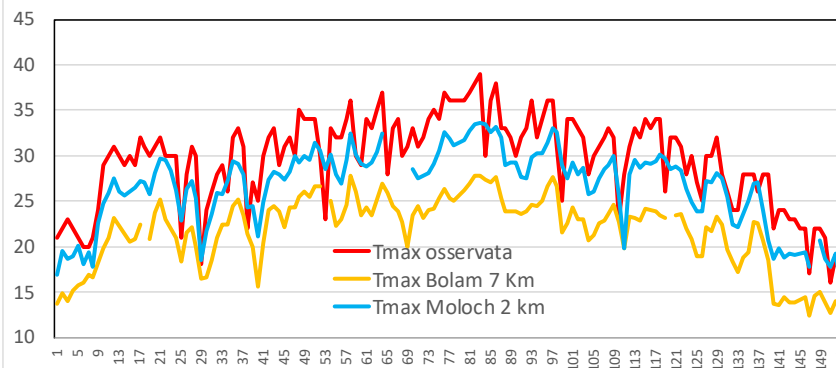


Stazione in zone ad
orografia
complessa o molto
complessa
(es. località in
valle molto stretta)

Foligno T max
Maggio - Settembre 2022



Bolzano T max
Maggio - Settembre 2022

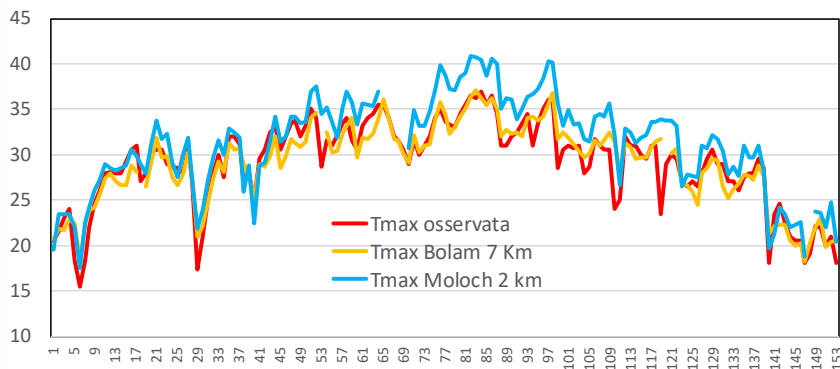


I miglioramenti in queste
zone con l'aumento della
risoluzione si hanno anche
per la previsione dell'Indice
WBGT

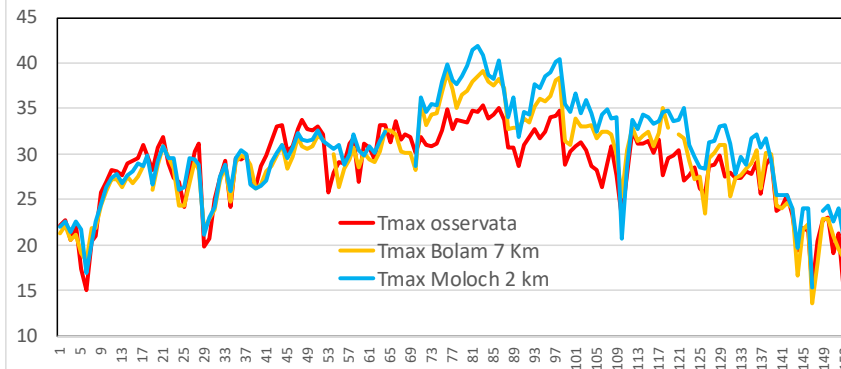
INAIL

Previsione Temperatura max 2m (Maggio – Settembre 2022)

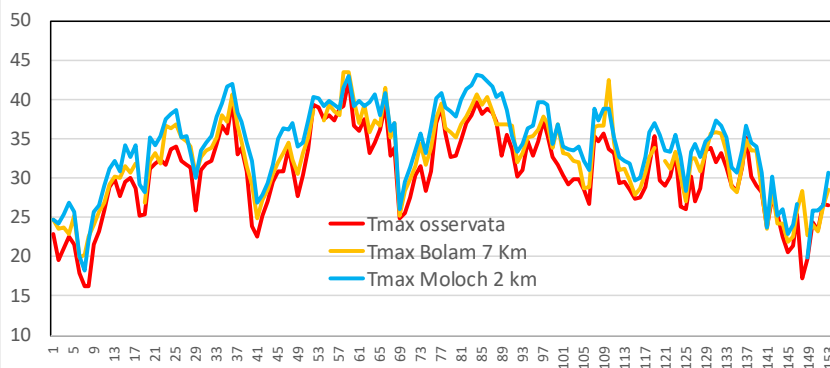
Verona T max
Maggio - Settembre 2022



Vercelli T max
Maggio - Settembre 2022



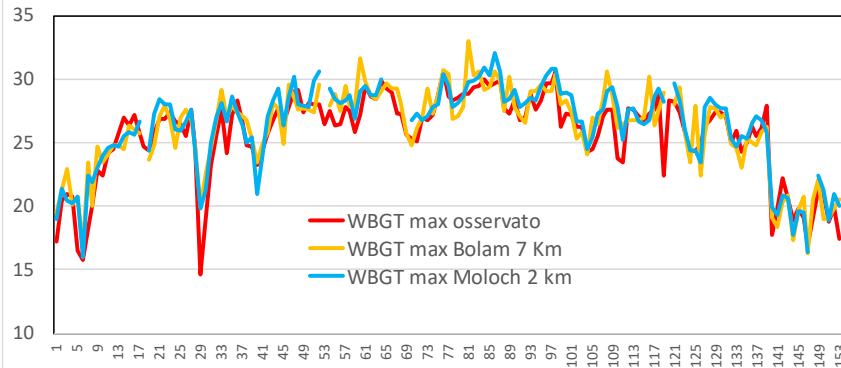
Foggia T max
Maggio - Settembre 2022



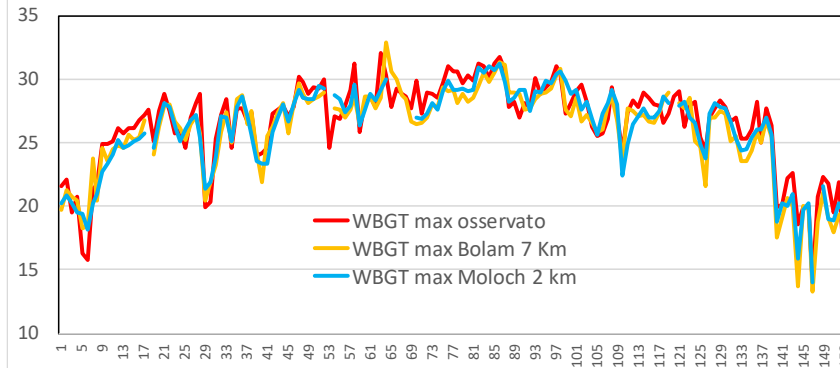
Non sempre, anche
in zone ad orografia
non complessa, il
modello riesce a
prevedere la
temperatura

Previsione WBGTsun max 2m (Maggio – Settembre 2022)

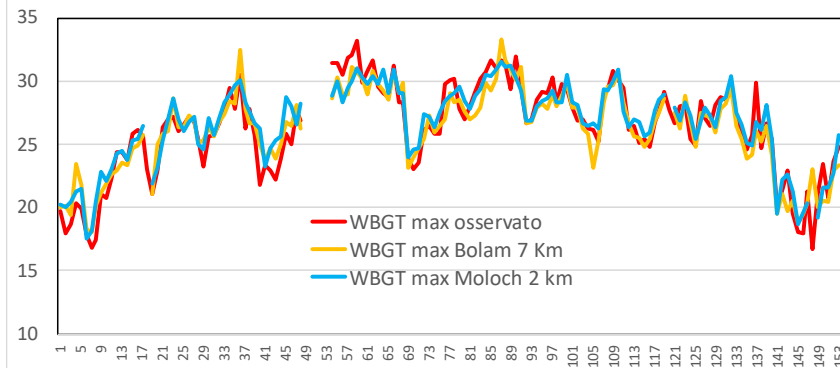
Verona WBGTsun max
Maggio - Settembre 2022



Vercelli WBGTsun max
Maggio - Settembre 2022

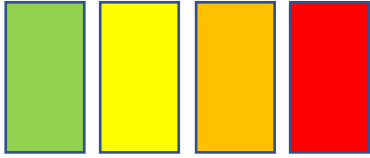


Foggia WBGTsun max
Maggio - Settembre 2022



In generale si osservano migliori prestazioni dei modelli nel prevedere l'Indice WBGT rispetto alla temperatura

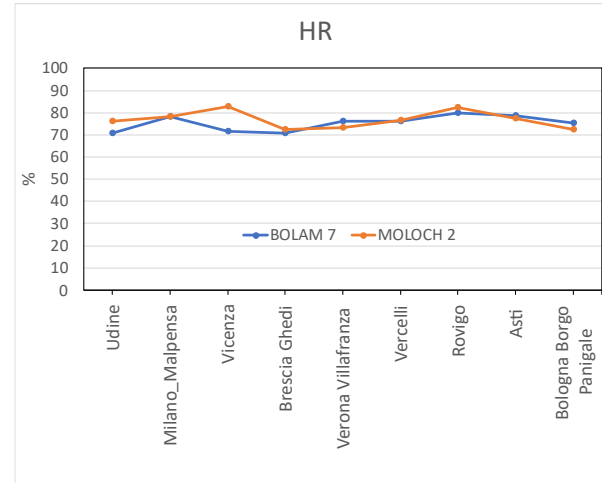
Probabilità di prevedere correttamente il verificarsi del rischio massimo giornaliero nelle 4 classi di rischio (HR-HIT RATE)



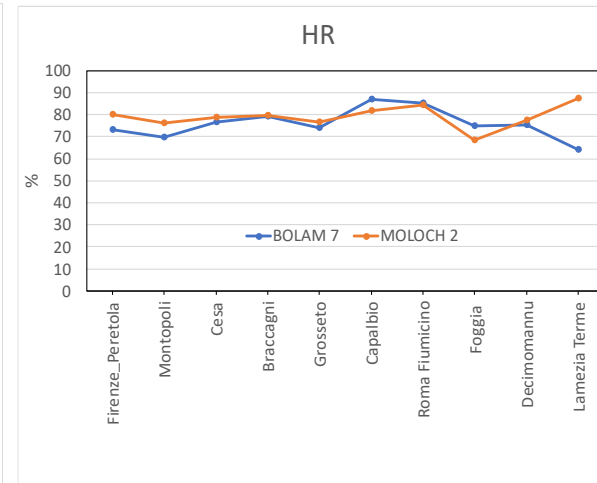
Si è calcolata la probabilità (Hit Rate, HR) di prevedere correttamente la classe di rischio WBGT massima giornaliera, nelle 4 classi, nel periodo maggio-settembre 2020-2022.

Pur non potendo generalizzare, a causa della limitatezza del numero di stazioni, con l'alta risoluzione si osservano probabilità intorno all'80%, tranne in zone a orografia molto complessa.

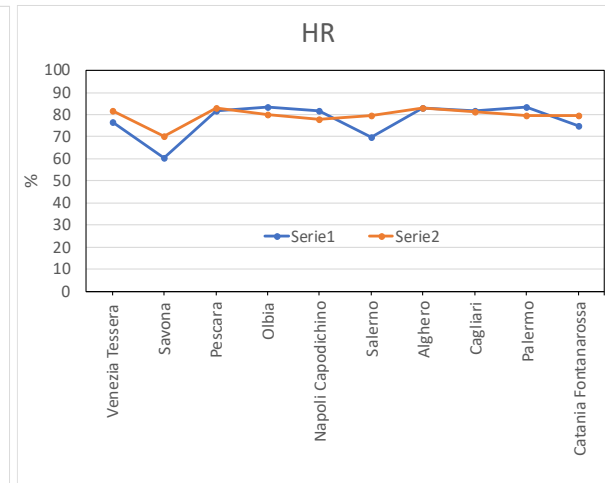
Pianura Padana



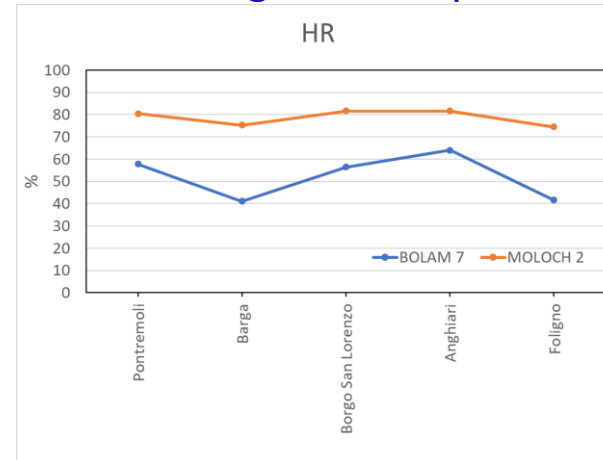
Altre zone



Zone costiere



Zone orografia complessa



Zone orografia molto complessa



Classi di rischio per lavoratore:

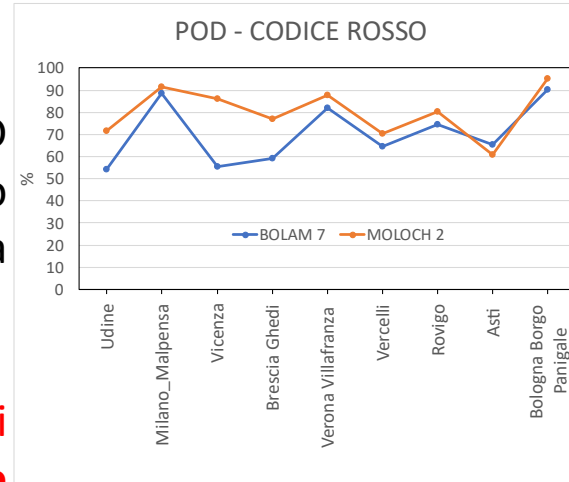
- In attività intensa
- Al sole
- Non acclimatato

Probabilità di prevedere correttamente il verificarsi del rischio massimo giornaliero nella classe di rischio rosso (POD)

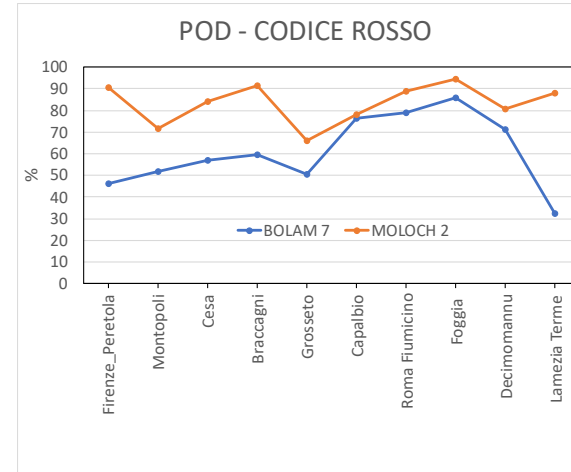
Si osservano valori di POD (Probability of Detection) intorno al 70-90%, tranne che in orografia complessa.

Attenzione: oltre ai mancati allarmi, si possono avere anche falsi allarmi (FA), cioè previsioni di codice rosso nel caso di codice osservato inferiore; in certe aree e in certe situazioni meteo si raggiungono valori medi di FA del 20-30% con punte localmente anche superiori.

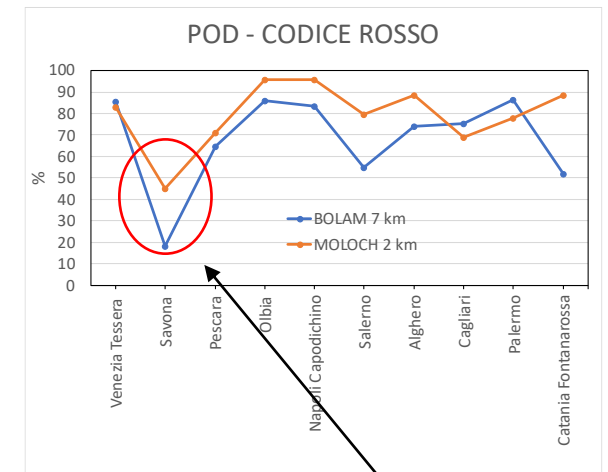
Pianura Padana



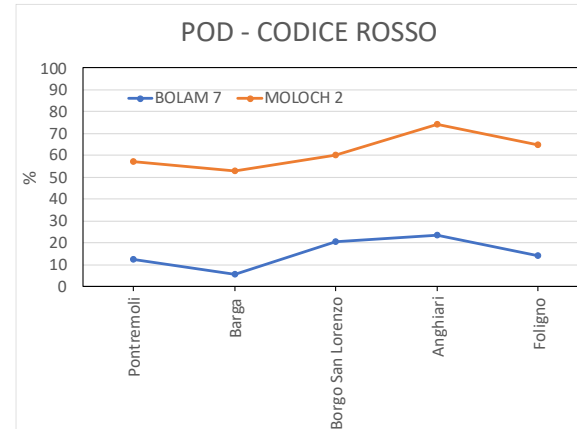
Altre zone



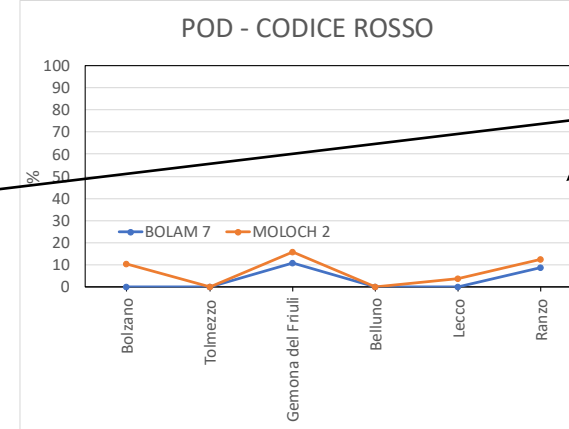
Zone costiere



Zone orografia complessa



Zone orografia molto complessa



In alcune aree costiere permane elevata incertezza, così come in alcune aree ad orografia complessa o molto complessa

CONCLUSIONI – Modellistica

- In molte località analizzate la probabilità di prevedere correttamente la classe di rischio è intorno all'80%.
- L'errore massimo è generalmente pari ad una classe di rischio tranne poche eccezioni (valli molto strette, alcune zone costiere, ecc).
- Le prestazioni modellistiche possono variare da zona a zona e con le diverse condizioni meteo, con possibili sovrastime e sottostime anche significative rispetto a quanto mediamente atteso. I risultati mostrati non possono essere comunque generalizzati alla totalità del territorio.
- Le elaborazioni previsionali della piattaforma, nonostante l'alta risoluzione spaziale, sono soggette ai fisiologici margini di incertezza della modellistica meteorologica e un'informazione di carattere generale su vasta scala. A scala locale, in particolare negli ambienti di lavoro, possono determinarsi condizioni climatiche (microclimi) anche sensibilmente difforni dal contesto generale.

La piattaforma Workclimate rappresenta un utile strumento di supporto alle decisioni; tuttavia, le scelte operative non dovrebbero prescindere dall'osservazione diretta delle condizioni climatiche effettive sul luogo di lavoro, anche in considerazione dell'impossibilità di prevedere i microclimi locali.