



# Valutazione delle performance dei modelli meteorologici e descrizione di quello utilizzato nella catena operativa previsionale WORKKLIMATE

***Daniele Grifoni***

***Consorzio LaMMA, Via Madonna del Piano, Sesto Fiorentino (FI)***

***Istituto per la Bioeconomia – CNR, Via Madonna del Piano, Sesto Fiorentino (FI)***





## Il Consorzio è organizzato in 4 divisioni:

**Fisica dell'atmosfera:** sistemi di osservazione e modellistica meteorologica, servizio operativo di previsione meteo, attività di ricerca e di reportistica in climatologia.

**Oceanografia:** sistemi di osservazione e modellistica dello stato del mare a supporto della navigazione e tutela dell'ambiente.

**Geomatica:** gestione e manutenzione delle banche dati territoriali a supporto della attività di Difesa del Suolo e Pianificazione Territoriale.

**Tecnico Funzionale:** adempimenti normative e istituzionali, support tecnico-informatico, attività di comunicazione, ecc.



## MODELLO METEOROLOGICO

*E' un sistema fisico-matematico che, a partire dallo stato iniziale dell'atmosfera, è in grado di simulare/prevedere l'evoluzione più probabile per un determinato numero di ore o giorni*

I modelli sono affetti incertezza che può dipendere per esempio da:

- 1 – errori nella descrizione dello stato iniziale dell'atmosfera (condizioni iniziali) e approssimazioni nella descrizione dei processi fisici da parte del modello.
- 2 – non corretta rappresentazione della topografia del territorio (quota, linea di costa, ecc.) o dell'uso e delle caratteristiche del suolo (uso bosco, uso agricolo, uso urbano), ecc.



## Quale è stato il ruolo tecnico/scientifico del LaMMA nel progetto?

- Verificare le prestazioni di alcuni modelli operativi presso il LaMMA nel prevedere l'indice di stress termico scelto nel progetto (WBGT)
- prendere parte allo sviluppo di una catena operativa in grado di prevedere giornalmente i livelli di stress termico su tutto il territorio nazionale.



# Modelli utilizzati

## 1 MODELLO BASSA RISOLUZIONE (7km) BOLAM - CNR-ISAC

Inizializzato su 1  
modello globale  
alle ore:

**GFS**  
**00,12 UTC**

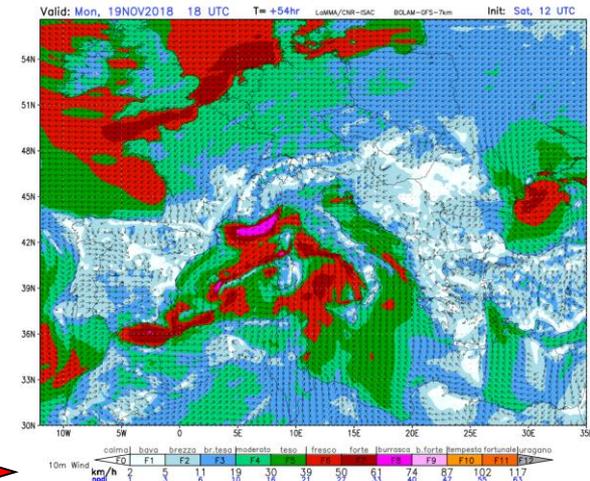


**Centro di  
calcolo  
LaMMA**

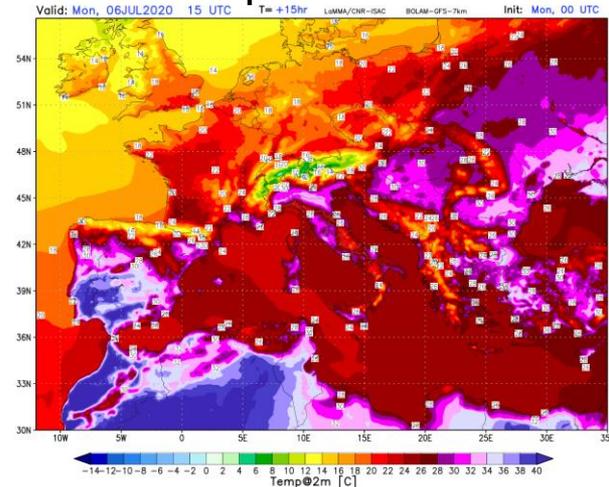
Esempi di output



### Vento



### Temperatura aria



Ore di previsione  
a partire dalla  
data di  
inizializzazione

00z -> 120hr  
12z -> 132hr

Abbiamo scelto di verificare sia le elaborazioni  
delle 00 che quelle delle 12



# Modelli utilizzati

## 2 MODELLI AD ALTA RISOLUZIONE (2.5/3km)

- MOLOCH - CNR-ISAC
- WRF-ARW - NCEP

Inizializzati su 2 modelli globali alle ore:

**ECMWF**

00,06,12,18  
UTC

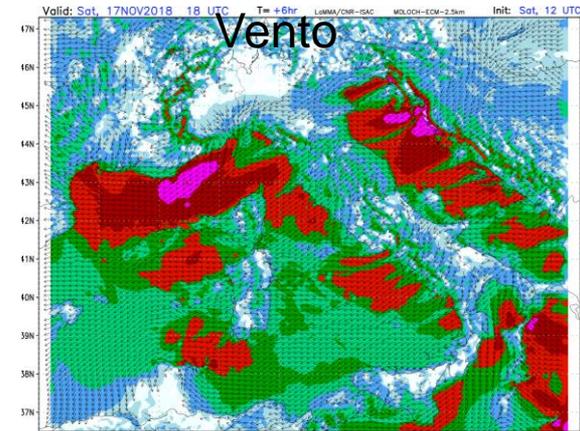


**GFS**

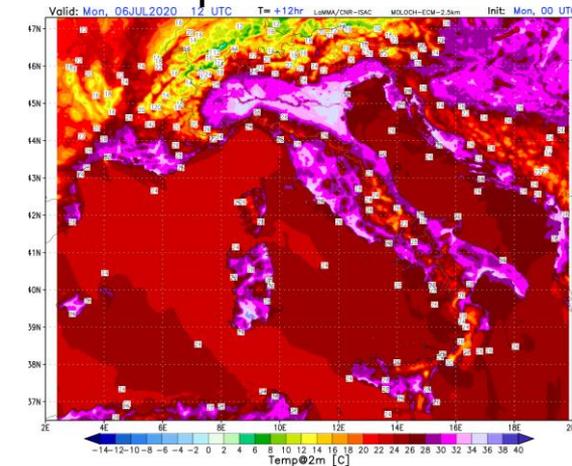
00,06,12,18  
UTC



Esempi di output



Temperatura aria



Ore di previsione a partire dalla data di inizializzazione

00z -> 72hr  
 06z -> 42hr  
 12z -> 84hr  
 18z -> 54hr

Abbiamo scelto di testare l'inizializzazione delle 00 e quella delle 12 (che coprono 3 giorni di previsione)



**BOLAM inizializzato GFS 00**  
**BOLAM inizializzato GFS 12**

**LUGLIO 2018**      —————>      **AGOSTO 2020**

**ARW inizializzato ECMWF 00**  
**ARW inizializzato ECMWF 12**  
**ARW inizializzato GFS 00**  
**ARW inizializzato GFS 12**

**MAGGIO 2020**      —————>      **AGOSTO 2020**

**MOLOCH inizializzato ECMWF 00**  
**MOLOCH inizializzato ECMWF 12**  
**MOLOCH inizializzato GFS 00**  
**MOLOCH inizializzato GFS 12**

**LUGLIO 2018**      —————>      **AGOSTO 2020**

L'archiviazione delle elaborazioni modellistiche prosegue anche successivamente all'agosto 2020

# Dati osservati per la verifica dei modelli



- Sono stati archiviati i dati orari di alcuni parametri meteorologici rilevati da 28 stazioni meteo sul territorio nazionale:
  - ✓ temperatura,
  - ✓ umidità relativa,
  - ✓ velocità del vento,
  - ✓ pressione atmosferica e
  - ✓ radiazione solare,
  - Indice WBGT derivato da queste variabili
  
- Periodo dati: agosto 2018 – agosto 2020



Zone interne del Nord				Zone costiere				Zone interne centro Sud			
<u>stazione</u>	<u>Lat.</u>	<u>Lon.</u>	<u>quota</u>	<u>stazione</u>	<u>Lat.</u>	<u>Lon.</u>	<u>quota</u>	<u>stazione</u>	<u>Lat.</u>	<u>Lon.</u>	<u>quota</u>
<b>Bolzano</b>	11.32	46.46	241	<b>Venezia</b>	12.34	45.47	5	<b>Firenze</b>	11.20	43.80	50
<b>Bergamo</b>	9.70	45.66	237	<b>Rimini</b>	12.61	44.02	13	<b>Montopoli</b>	10.74	43.66	29
<b>Milano</b>	8.72	45.63	212	<b>Pescara</b>	14.18	42.43	11	<b>Legoli</b>	10.80	43.56	180
<b>Brescia</b>	10.28	45.42	97	<b>Roma</b>	12.23	41.80	5	<b>Cesa</b>	11.82	43.30	246
<b>Verona</b>	10.87	45.38	68	<b>Olbia</b>	9.51	40.89	13	<b>Foligno</b>	12.67	42.95	224
<b>Torino</b>	7.64	45.20	287	<b>Napoli</b>	14.29	40.88	72	<b>Braccagni</b>	11.08	42.93	40
<b>Bologna</b>	11.29	44.53	37	<b>Alghero</b>	8.28	40.63	40	<b>Lamezia</b>	16.24	38.90	16
				<b>Lecce</b>	18.13	40.23	53	<b>Grosseto</b>	11.05	42.74	7
				<b>Capo Bellavista</b>	9.71	39.93	150	<b>Decimomannu</b>	8.86	39.34	24
				<b>Cagliari</b>	9.05	39.25	3				
				<b>Palermo</b>	13.09	38.18	44				
				<b>Catania</b>	15.06	37.46	17				

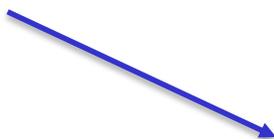
Tabella 1. Località prescelte per la verifica dei modelli.



In questa tabella di esempio per Firenze i dati di WBGT elaborati sui dati osservati e su quelli previsti dalle 10 elaborazioni modellistiche per il giorno 2 (domani)

WBGT osservato

WBGT previsto dalle 10 elaborazioni modellistiche



ANNO	MESE	GIORNO	ORA	Latitudine	Longitudir	Quota	wbgtsha	WRF_ECM		WRF_GFS		BOL_GFS		MOL_ECM		MOL_GFS	
								00	12	00	12	00	12	00	12	00	12
2020	6	13	5	43.8088	11.2007	50	16.3853	15.72048	15.7433	16.1912	16.20807	16.61521	16.5104	16.41372	16.73522	17.06039	17.55803
2020	6	13	6	43.8088	11.2007	50	18.70166	17.42006	16.74804	17.36518	16.81357	17.3487	17.55004	17.67295	17.44499	18.23975	17.50422
2020	6	13	7	43.8088	11.2007	50	19.53813	18.09703	18.14463	17.2174	17.91348	18.472	18.5349	19.30358	17.82049	19.52344	17.93838
2020	6	13	8	43.8088	11.2007	50	20.04373	19.24473	19.60309	18.68899	19.10681	20.21388	19.80551	18.67679	18.43933	20.72586	19.75299
2020	6	13	9	43.8088	11.2007	50	20.70722	19.62219	20.47511	20.05255	20.01769	20.72279	21.24083	18.66897	21.13627	22.03071	21.7184
2020	6	13	10	43.8088	11.2007	50	20.56184	20.24821	21.35242	20.15381	20.97003	20.95452	21.61893	20.75146	21.8458	22.69823	22.00188
2020	6	13	11	43.8088	11.2007	50	21.71544	21.53429	20.71998	20.05228	19.43088	21.72136	20.95359	21.93336	21.53513	22.47731	19.79475
2020	6	13	12	43.8088	11.2007	50	21.71769	21.48031	21.69908	20.14979	20.30142	22.31079	22.38995	21.44582	22.87712	21.9541	23.58239
2020	6	13	13	43.8088	11.2007	50	21.08378	20.83441	21.85805	20.93953	20.26493	21.29185	21.67367	20.60452	22.63638	21.78675	23.55583
2020	6	13	14	43.8088	11.2007	50	21.31285	20.41216	21.75251	20.76683	20.71109	20.1018	20.77621	20.73284	21.81311	21.28438	22.51227
2020	6	13	15	43.8088	11.2007	50	20.10119	20.69134	21.27515	20.25452	20.5596	19.6333	19.91228	20.93863	20.96862	21.05877	20.73406
2020	6	13	16	43.8088	11.2007	50	19.26326	20.80146	20.74129	20.14246	19.93566	19.22757	18.65704	20.53861	20.17783	20.76267	20.00832
2020	6	13	17	43.8088	11.2007	50	18.99985	19.96748	19.56457	19.74474	19.31351	18.58298	17.52329	19.78612	19.55383	20.01904	19.60558
2020	6	13	18	43.8088	11.2007	50	15.45797	18.83503	18.59535	18.91219	18.78924	17.78705	16.64672	18.94644	18.75078	19.39833	18.02904
2020	6	13	19	43.8088	11.2007	50	15.45522	18.13365	18.21663	17.23871	18.233	17.16116	15.85827	17.88534	18.27237	18.54363	17.13358
2020	6	13	20	43.8088	11.2007	50	15.4698	17.85602	18.15427	16.05925	17.17335	16.79511	15.46519	17.37334	17.46299	17.74283	17.43711
2020	6	13	21	43.8088	11.2007	50	14.43764	17.70874	18.099	16.07297	16.52809	16.62245	15.32488	17.49385	16.40938	17.65565	17.31891
2020	6	13	22	43.8088	11.2007	50	14.07368	17.56459	17.96894	16.42596	16.20337	16.54577	15.24687	17.22828	15.9005	17.72918	17.00827
2020	6	13	23	43.8088	11.2007	50	13.82627	17.29018	16.50337	16.84101	15.7798	16.37153	15.72594	16.85013	14.72225	17.53257	16.23452

Tabelle analoghe vengono prodotte per ciascun altro parametro (vento, radiazione, umidità)



**Errore medio= BIAS= ME**  $ME = BIAS = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (y_m - o_m)$

Permette di individuare l'errore medio e indica se una previsioni mediamente sovrastima (>0) o sottostima (<0)

**Errore Medio Assoluto = MAE**  $MAE = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M |(y_m - o_m)|$

Permette di individuare l'ampiezza media del valore assoluto dell'errore

**Radice quadrata dello scarto quadratico medio= BIAS= ME**  $RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (y_m - o_m)^2}$

Rispetto al MAE attribuisce un peso crescente agli errori maggiori

Dove:

y = evento previsto

o = evento osservato

M = numero di eventi



WBGT si può esprimere in categorie di rischio:

- lavoratore acclimatato
- di altezza 1,75,
- peso 75 kg,
- impegnato in attività intensa con tuta da lavoro.



WBGT osservato

WBGT previsto dalle 10 elaborazioni modellistiche

ANNO	MESE	GIORNO	ORA	Latitudine	Longitudir	Quota	HR_M_CS	WRF_ECM		WRF_GFS		BOL_GFS		MOL_ECM		MOL_GFS	
								00	12	00	12	00	12	00	12	00	12
2020	7	30	4	43.8088	11.2007	50	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2020	7	30	5	43.8088	11.2007	50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2020	7	30	6	43.8088	11.2007	50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2020	7	30	7	43.8088	11.2007	50	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
2020	7	30	8	43.8088	11.2007	50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2020	7	30	9	43.8088	11.2007	50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2020	7	30	10	43.8088	11.2007	50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2020	7	30	11	43.8088	11.2007	50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2020	7	30	12	43.8088	11.2007	50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2020	7	30	13	43.8088	11.2007	50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2020	7	30	14	43.8088	11.2007	50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

I risultati mostrati di seguito sono relativi a questo tipo di lavoratore, grado di intensità del lavoro e tipo di abbigliamento. Per tipologie diverse i risultati potranno essere diversi.

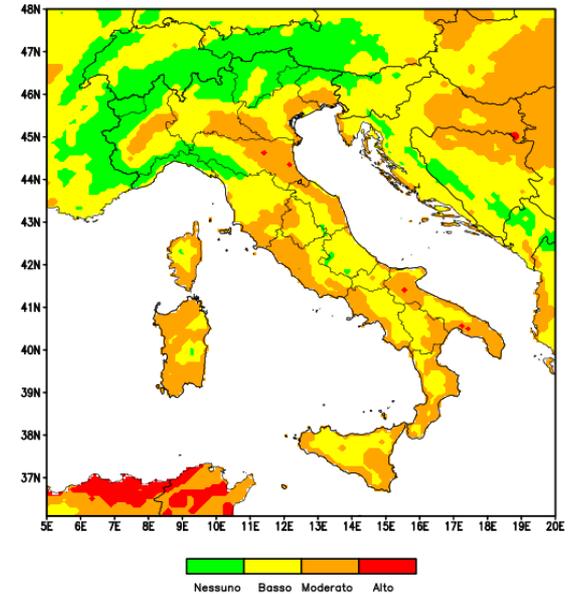


La tabella di contingenza viene popolata dall'insieme dei possibili casi di coppie «classe osservata/classe prevista»

		osservati			
		0	1	2	3
previsti	0	C00	C10	C20	C30
	1	C01	C11	C21	C31
	2	C02	C12	C22	C 32
	3	C03	C13	C23	C33



Rischio caldo al sole con attivita' fisica intensa  
Init. : 2021-09-14 +00 UTC Valid. : mer, 15 - 09 - 2021 14 UTC t. : + 38 h



Progetto Workclimate, mappe sperimentali di area

## Alcuni esempi di INDICI

$$\text{HIT RATE} = (C00+C11+C22+C33)/(C00+C10+C20+C30+C01+C11+C21+C31+C02+C11+C21+C31+C03+C13+C23+C33)*100$$

$$\text{CSI} = (C11+C22+C33)/(C10+C20+C30+C01+C11+C21+C31+C02+C11+C21+C31+C03+C13+C23+C33) *100$$

$$\text{POD0} = C00/(C00+C01+C02+C03)*100$$

$$\text{POD1} = C11/(C10+C11+C12+C13)*100$$

$$\text{POD2} = C22/(C20+C21+C22+C23)*100$$

$$\text{POD3} = C33/(C30+C31+C32+C33)*100$$

POD esprime in quale percentuale una classe di rischio osservata, è stata prevista correttamente

Zone settentrionali - Pianura Padana (6 stazioni **escluso Bolzano**)  
 Valore medio indici di skill su classi di WBGT in **pieno sole**  
Periodo maggio/settembre - fascia oraria 12-18

Zone interne nord											
	WRF_ECM		WRF_GFS		BOL_GFS		MOL_ECM		MOL_GFS		
varmodel	00	12	00	12	00	12	00	12	00	12	
fascia	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	
ndata	527	539	377	372	1902	1866	1962	1944	1914	1884	
HR	82.6	81.0	81.7	81.7	77.5	78.0	75.8	75.1	76.1	76.5	
CSI	81.2	79.5	80.9	81.2	74.3	74.9	72.6	72.0	72.8	73.3	
POD1	88.5	88.1	83.9	83.9	71.8	71.5	67.2	65.8	68.5	67.5	
<b>POD2</b>	<b>88.6</b>	<b>87.0</b>	<b>85.0</b>	<b>85.6</b>	<b>87.6</b>	<b>87.7</b>	<b>89.3</b>	<b>89.6</b>	<b>89.3</b>	<b>89.9</b>	
POD3											
POD1x	95.8	95.6	93.9	95.5	95.0	94.7	96.4	95.6	96.2	96.1	
POD2x	90.9	90.5	87.8	89.3	91.2	91.1	94.1	94.0	93.1	93.4	
NA	19.3	20.1	35.3	40.1	12.3	13.1	7.7	9.1	9.7	10.1	
FA	50.4	54.2	50.6	58.5	31.4	29.4	33.4	36.5	34.3	32.8	
NA*	1.7	1.8	2.1	1.5	1.8	1.9	1.0	1.1	1.3	1.3	
FA*	7.6	8.5	4.2	3.9	5.7	5.1	5.9	6.5	6.4	5.8	
obs 1%	53.5	52.4	46.7	47.3	41.4	41.3	41.2	40.5	41.4	41.0	
obs 2%	30.6	31.0	44.0	44.7	39.8	40.7	40.2	40.8	39.4	40.7	
obs 3%	0.7	0.7	1.0	1.0	0.6	0.6	0.9	1.0	0.6	0.6	
for 1%	57.6	57.6	48.5	48.3	38.7	3.5	3.3	3.2	37.3	36.1	
for 2%	31.8	31.6	43.1	44.7	45.2	-2.0	-2.2	-2.4	47.3	49.0	
for 3%	1.3	1.6	2.2	2.5	1.8	-7.4	-7.6	-8.1	1.9	1.8	



## Zone costiere (12 stazioni)

Valore medio indici di skill su classi di WBGT in **pieno sole**Periodo maggio/settembre - fascia oraria 12-18

varmodel	WRF_ECM		WRF_GFS		BOL_GFS		MOL_ECM		MOL_GFS	
	00	12	00	12	00	12	00	12	00	12
	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15
ndata	524	536	375	369	1898	1862	1958	1940	1910	1880
HR	79.9	82.3	80.1	84.5	80.7	81.7	79.6	80.2	80.2	81.0
CSI	78.5	81.0	79.9	84.3	78.5	79.8	77.3	78.2	77.9	78.9
POD1	89.1	88.9	92.6	89.1	76.7	77.0	74.7	74.8	78.2	76.0
<b>POD2</b>	<b>76.6</b>	<b>85.3</b>	<b>76.4</b>	<b>87.1</b>	<b>88.0</b>	<b>89.3</b>	<b>86.3</b>	<b>87.9</b>	<b>85.4</b>	<b>88.5</b>
POD3										
POD1x	93.5	95.0	98.0	99.0	94.5	95.2	94.4	95.0	94.8	95.0
POD2x	76.6	85.6	76.4	87.1	88.5	90.1	87.6	89.6	86.3	89.5
NA	36.2	29.0	48.9	22.7	15.7	12.9	14.5	13.1	13.7	13.0
FA	41.3	45.3	62.1	53.9	24.6	25.0	25.4	28.5	26.2	27.5
NA*	3.3	2.4	0.8	0.5	1.8	1.4	1.7	1.4	1.6	1.4
FA*	4.4	5.3	2.2	1.7	3.5	3.4	3.4	3.7	3.7	3.6
obs 1%	51.2	50.1	43.1	42.7	35.5	35.2	34.9	34.9	35.5	35.2
obs 2%	36.8	36.9	51.9	52.7	49.2	50.0	50.2	50.5	49.0	50.0
obs 3%	1.2	1.3	1.8	1.9	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
for 1%	59.0	55.3	54.8	46.9	36.4	35.5	35.6	34.9	37.9	35.6
for 2%	31.3	35.8	43.4	51.7	51.3	52.8	52.0	53.3	49.6	52.8



## Zone interne centro-sud (9 stazioni)

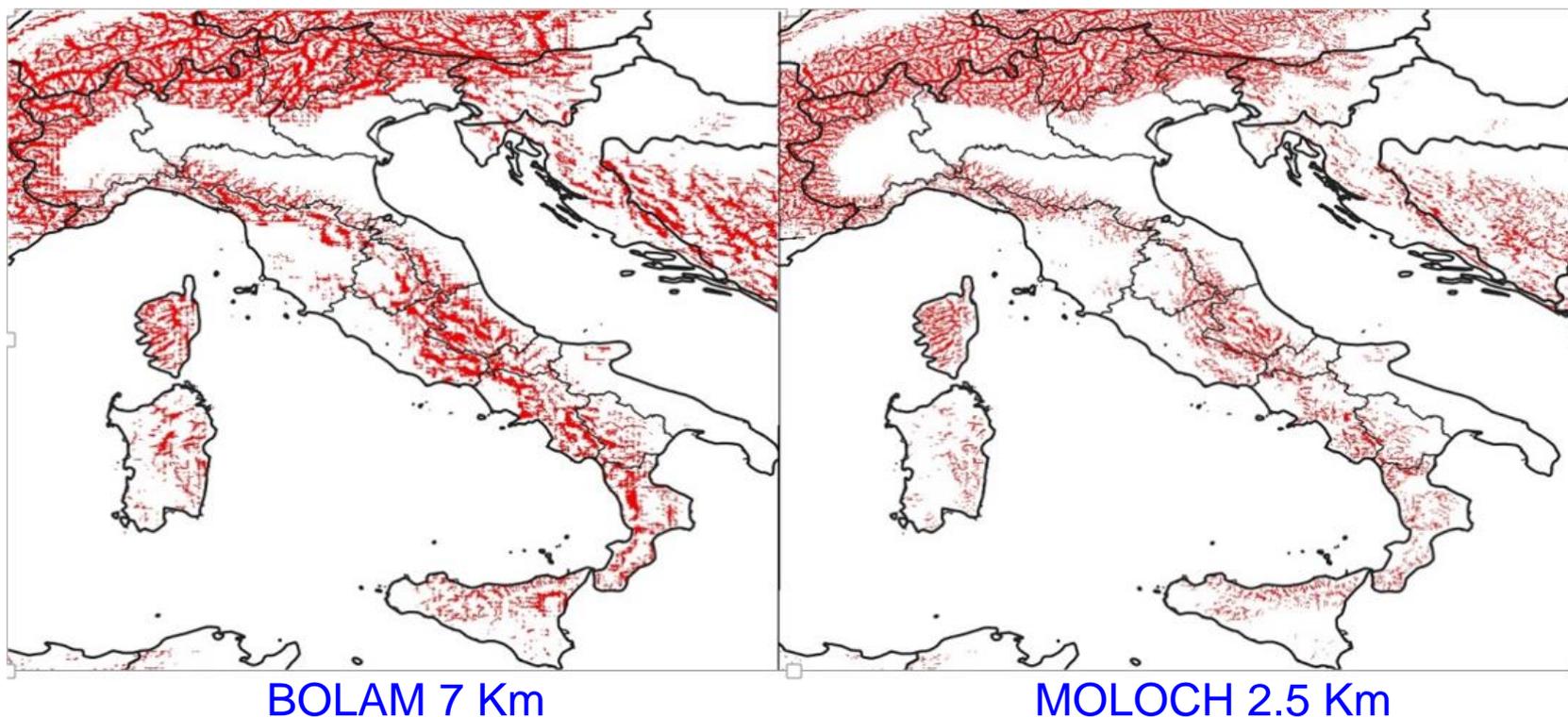
Valore medio indici di skill su classi di WBGT in **pieno sole**Periodo maggio/settembre - fascia oraria 12-18

varmodel	WRF_ECM		WRF_GFS		BOL_GFS		MOL_ECM		MOL_GFS	
	00	12	00	12	00	12	00	12	00	12
fascia	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15
ndata	527	539	378	372	1893	1856	1953	1936	1905	1874
HR	78.9	80.5	81.0	83.6	75.0	75.8	79.7	79.4	79.7	80.1
CSI	77.6	79.2	80.7	83.3	71.8	72.9	77.5	77.3	77.5	78.0
POD1	87.8	89.0	89.8	88.4	74.3	74.6	75.3	75.3	76.2	75.9
<b>POD2</b>	<b>79.3</b>	<b>83.1</b>	<b>80.1</b>	<b>85.9</b>	<b>78.4</b>	<b>79.7</b>	<b>88.3</b>	<b>88.3</b>	<b>88.1</b>	<b>89.1</b>
POD3										
POD1x	93.2	93.5	95.4	96.5	86.9	87.5	92.5	93.0	93.3	93.4
POD2x	79.6	83.1	80.3	85.9	78.9	80.2	89.9	90.1	89.6	90.5
NA	40.7	35.8	#DIV/0!	45.2	26.9	26.7	17.9	17.9	17.5	17.4
FA	49.4	50.0	#DIV/0!	#DIV/0!	20.1	19.8	26.4	29.6	27.0	28.3
NA*	3.4	3.1	1.8	1.3	4.3	4.1	2.0	1.9	1.9	1.9
FA*	5.5	6.1	1.6	1.5	2.9	2.7	3.7	4.0	3.8	3.8
obs 1%	49.5	48.7	41.7	41.3	36.5	36.1	35.8	35.6	36.8	36.2
obs 2%	38.0	37.9	52.7	53.6	47.9	48.6	48.7	49.1	47.4	48.5
obs 3%	1.4	1.4	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.4	2.2	2.3
for 1%	56.9	56.0	49.8	45.4	40.3	39.3	35.3	35.4	36.8	35.6
for 2%	33.9	35.0	46.4	51.6	44.4	45.8	51.8	52.3	50.4	52.1

In queste zone a topografia più complessa il Bolam 7 km presenta un POD più basso rispetto ai modelli a più alta risoluzione.



In rosso le aree dove la quota del modello eccede di almeno 200 m quella reale, pertanto le sottostime del livello di rischio sono da possibili a molto probabili a seconda dell'errore della quota e comunque più probabili che altrove.



Con l'aumento della risoluzione diminuiscono le aree in rosso, sebbene continuano a persistere su vallate alpine e appenniniche.

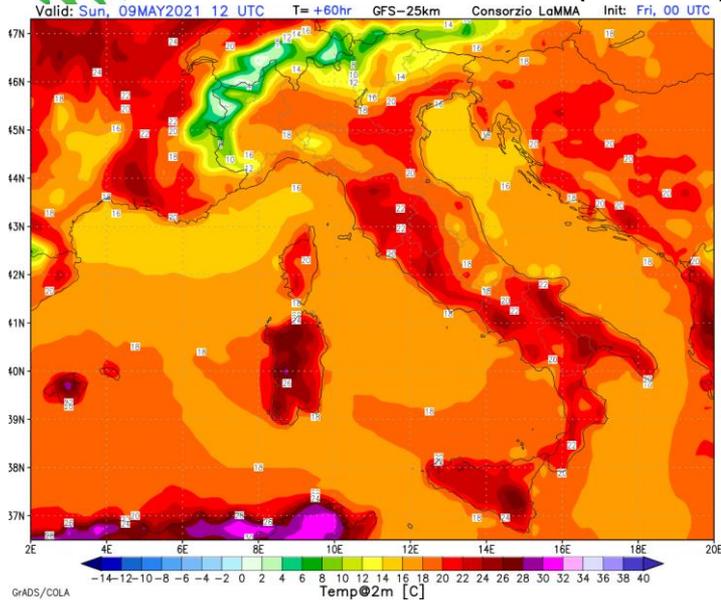
# ESEMPIO DI DIVERSA RISOLUZIONE DEI MODELLI



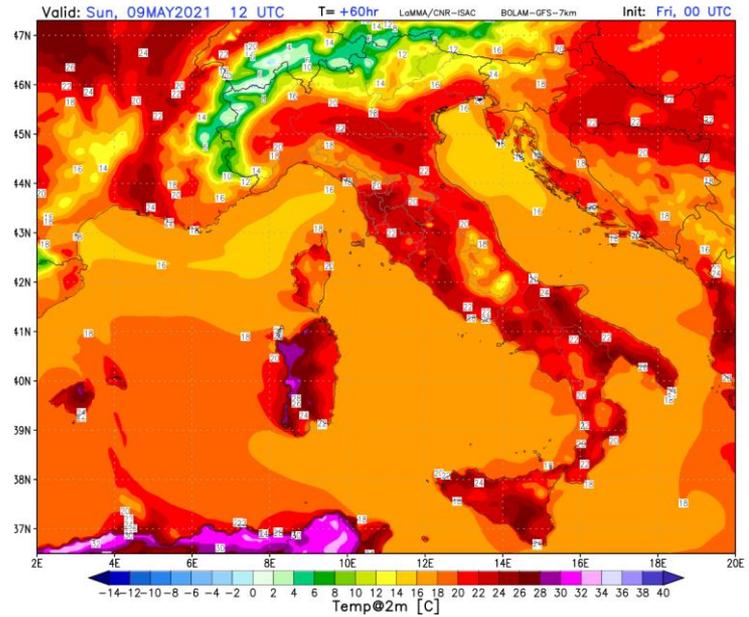
CONSORZIO

LaMMA

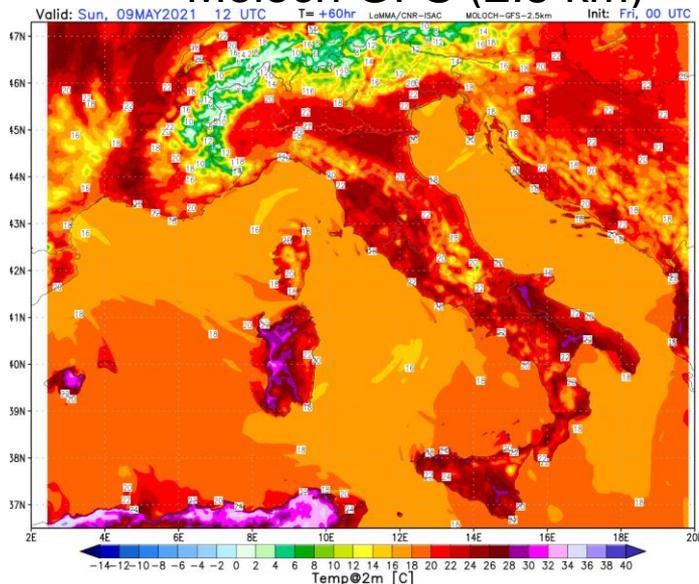
GFS (25 km)



Bolam GFS (7 km)



Moloch GFS (2.5 km)



Aumenta il dettaglio ma anche il volume di dati da gestire:

Da 25 km a 7 km volume di dati +12 volte

Da 25 km a 2.5 km volume di dati 100 volte

Da 7 km a 2.5 km volume di dati circa 8 volte

Pertanto almeno in fase sperimentale va tenuto conto anche di questo.



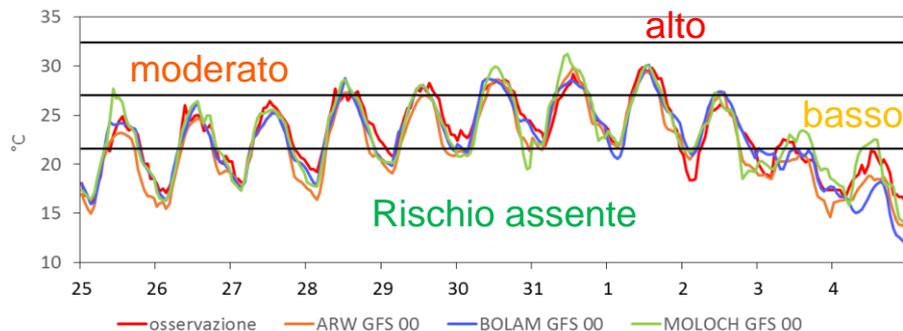
## Esempio ondata di calore 25 Luglio – 5 Agosto 2020

In questo esempio WBGT in ombra espresso in gradi centigradi  
e non in classi di rischio

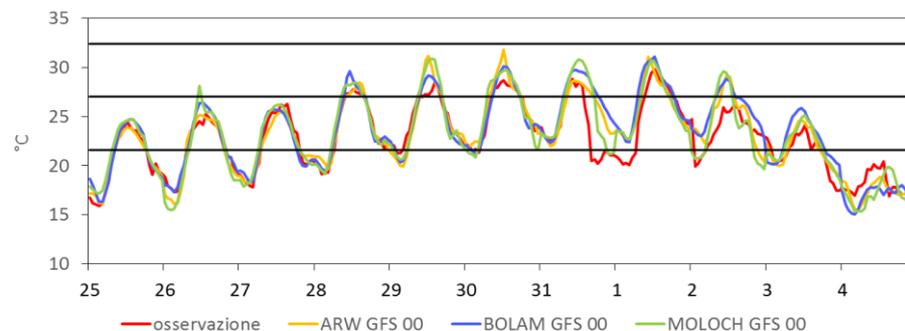


In molte stazioni analizzate.....

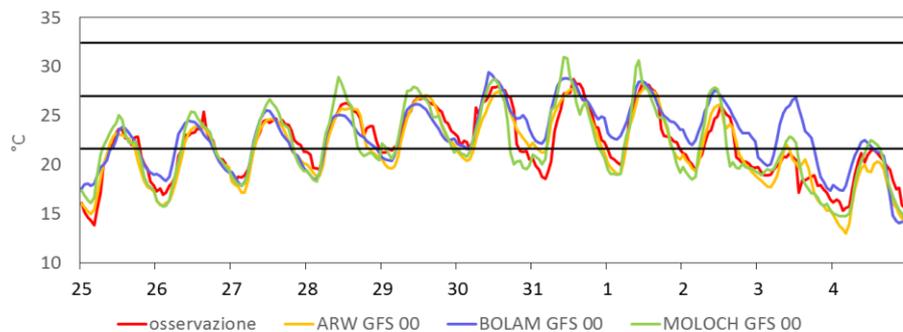
Verona  
WBGT Shade  
25 Luglio - 4 Agosto 2020



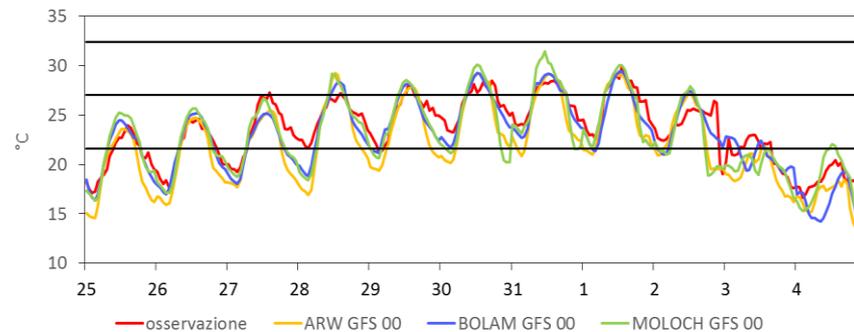
Bologna  
WBGT Shade  
25 Luglio - 4 Agosto 2020



Torino  
WBGT Shade  
25 Luglio - 4 Agosto 2020



Brescia  
WBGT Shade  
25 Luglio - 4 Agosto 2020





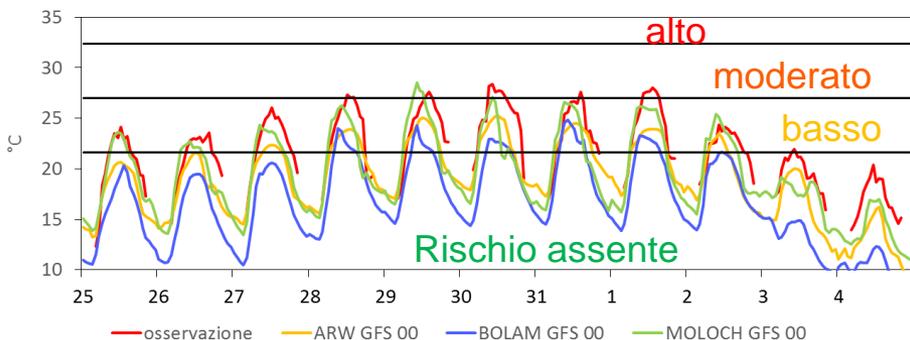
CONSORZIO

LaMMA

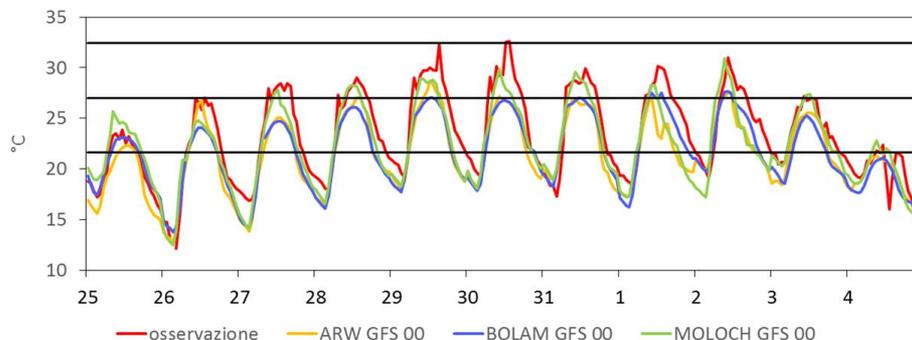
# Andamento WBGT in OMBRA di 11 giorni

In caso di orografia complessa..... diventano più frequenti i casi del tipo:

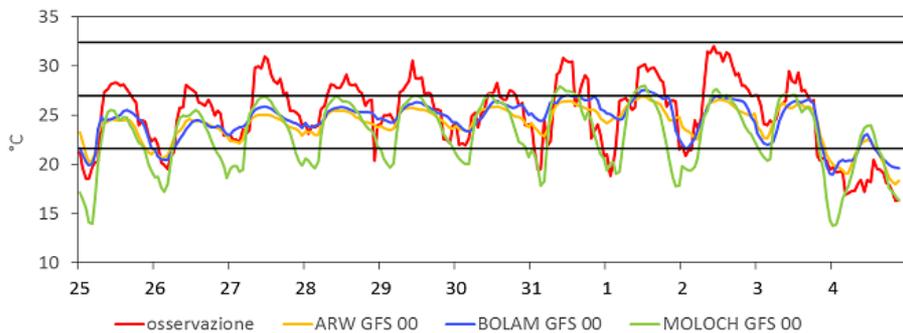
Bolzano  
WBGT Shade  
25 Luglio - 4 Agosto 2020



Foligno  
WBGT Shade  
25 Luglio - 4 Agosto 2020

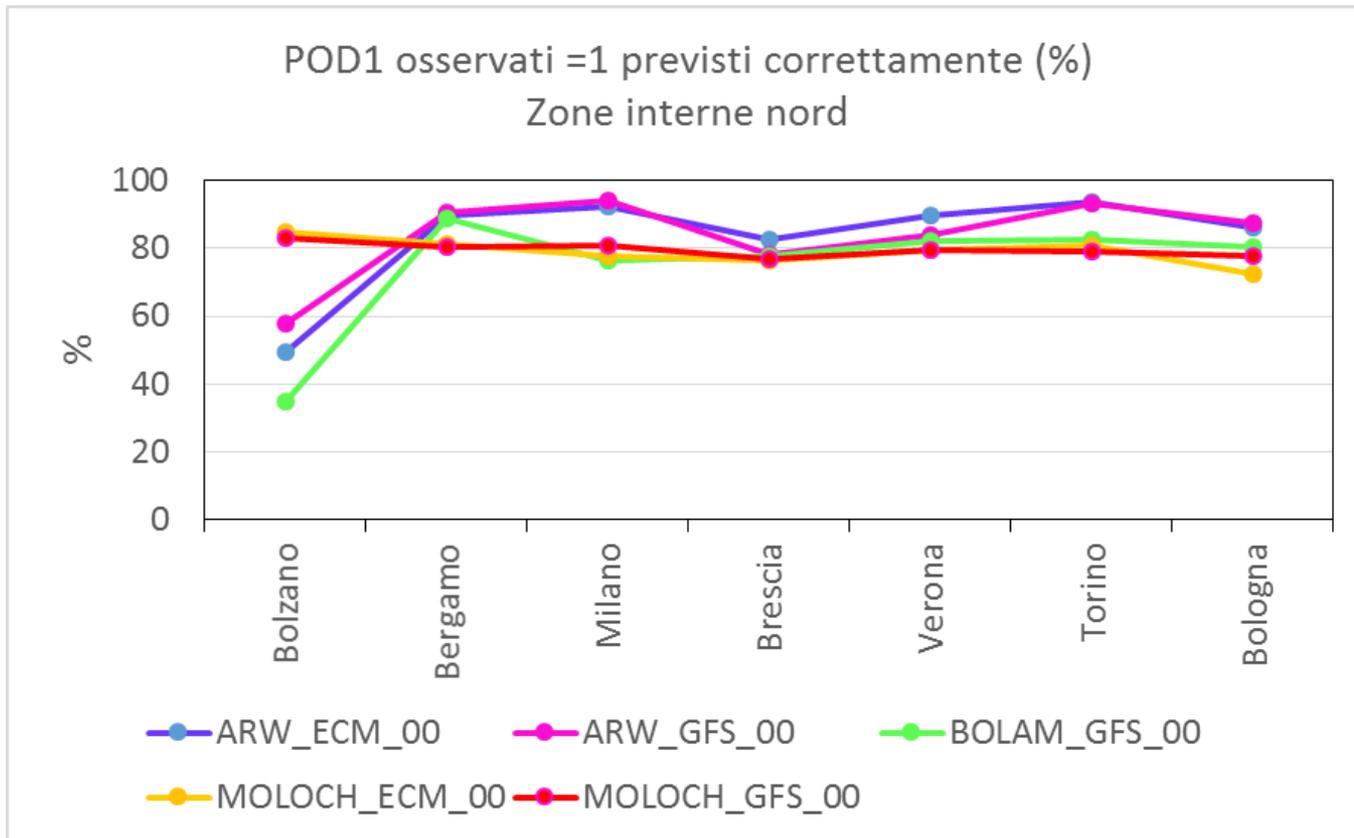


Capo Bellavista  
WBGT Shade  
25 Luglio - 4 Agosto 2020



Nel caso di fondovalle circondati da alti rilievi, solo i modelli a più alta risoluzione riescono a ricostruire almeno in parte l'andamento dell'indice.

In queste aree, ma anche in altre aree a topografia complessa (per esempio alcune aree costiere) le sottostime del livello di rischio previsto possono essere molto più frequenti e rilevanti che altrove





## CONCLUSIONI

- Su gran parte delle stazioni analizzate i modelli hanno mostrato risultati simili e soddisfacenti, tuttavia in aree ad orografia complessa (zone alpine, appenniniche e talvolta costiere) si sono rilevati errori più rilevanti e più frequenti che altrove, specie per il modello a più bassa risoluzione (BOLAM 7 km).
- Nonostante questo, il BOLAM 7 km è stato utilizzato nella prima versione sperimentale della piattaforma, rappresentando un buon compromesso fra la qualità dei dati previsti e la possibilità di avere una previsione a 5 giorni e una catena operativa più semplice da testare in questa fase sperimentale.
- E' comunque d'obbligo ricordare che le previsioni sono affette per loro natura da una intrinseca incertezza, **pertanto le informazioni da esse derivate sono da intendersi un utile strumento di supporto alle decisioni, ma la cui assunzione non può comunque prescindere dall'osservazione diretta delle condizioni climatiche sul luogo di lavoro, non essendo fra l'altro possibile la previsione di microclimi locali.**



Article

# Performances of Limited Area Models for the WORKCLIMATE Heat–Health Warning System to Protect Worker’s Health and Productivity in Italy

Daniele Grifoni <sup>1,2,†</sup>, Alessandro Messeri <sup>1,3,†,\*</sup>, Alfonso Crisci <sup>1,†</sup>, Michela Bonafede <sup>4,†</sup>, Francesco Pasi <sup>1,2,†</sup>, Bernardo Gozzini <sup>1,2,†</sup>, Simone Orlandini <sup>3,5</sup>, Alessandro Marinaccio <sup>4,†</sup>, Riccardo Mari <sup>1,2</sup>, Marco Morabito <sup>1,3,†</sup> and on behalf of the WORKCLIMATE Collaborative Group <sup>†</sup>

<sup>1</sup> Institute of Bioeconomy—National Research Council (IBE-CNR), 50019 Sesto Fiorentino, Italy; daniele.grifoni@ibe.cnr.it (D.G.); alfonso.crisci@ibe.cnr.it (A.C.); francesco.pasi@ibe.cnr.it (F.P.); riccardo.mari@ibe.cnr.it (R.M.); marco.morabito@ibe.cnr.it (M.M.)

<sup>2</sup> Tuscany Region, LaMMA Consortium, 50019 Sesto Fiorentino, Italy; gozzini@lamma.toscana.it

<sup>3</sup> Centre of Bioclimatology—University of Florence (UNIFI), 50100 Florence, Italy; simone.orlandini@unifi.it

<sup>4</sup> Occupational and Environmental Medicine, Epidemiology and Hygiene Department, Italian Workers’ Compensation Authority (INAIL), 00078 Rome, Italy; m.bonafede@inail.it (M.B.); a.marinaccio@inail.it (A.M.)

<sup>5</sup> Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence, Piazzale delle Cascine 18, 50144 Florence, Italy

\* Correspondence: alessandro.messeri@unifi.it or alessandro.messeri@ibe.cnr.it; Tel.: +39-055-522-6041

† Membership of the WORKCLIMATE Collaborative Group is provided in the Acknowledgments.

**Citation:** Grifoni, D.; Messeri, A.; Crisci, A.; Bonafede, M.; Pasi, F.;

<https://doi.org/10.3390/ijerph18189940>