

# Principali Scenari dei Cambiamenti Climatici a livello regionale/locale e focus sulle aree Mediterranee

**Paola Mercogliano**

**Responsabile della Divisione di Ricerca Modelli regionali ed Impatti geo-idrologici  
Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici**

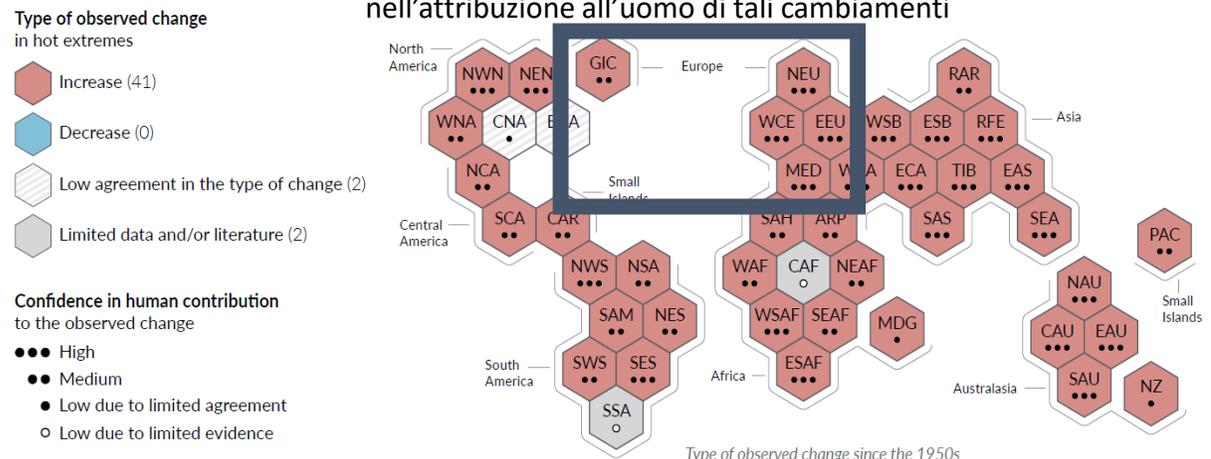


**cmcc**  
Centro Euro-Mediterraneo  
sui Cambiamenti Climatici

# Variazioni osservate a livello globale ed europeo

Il cambiamento climatico sta già interessando ogni regione abitata in tutto il mondo contribuendo a molti cambiamenti osservati nelle condizioni meteorologiche e climatiche estreme.

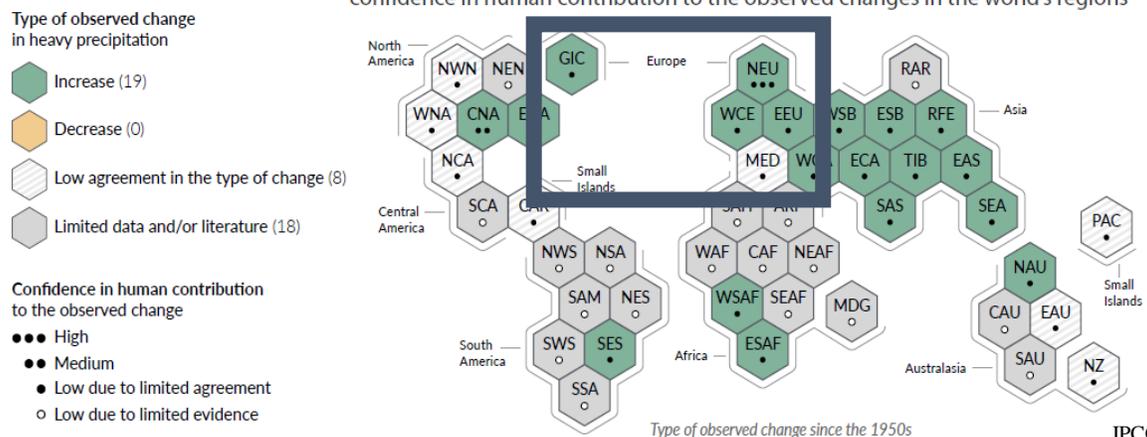
Variazioni osservate negli estremi di caldo e confidenza nell'attribuzione all'uomo di tali cambiamenti



Europe: GIC (Greenland/Iceland), NEU (Northern Europe), WCE (Western and Central Europe), EEU (Eastern Europe), MED (Mediterranean),

- In Europa sono già osservati incrementi degli eventi di caldo e c'è un'elevata confidenza che essi siano attribuibili all'uomo (in Groenlandia la confidenza è media)

b) Synthesis of assessment of observed change in heavy precipitation and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions



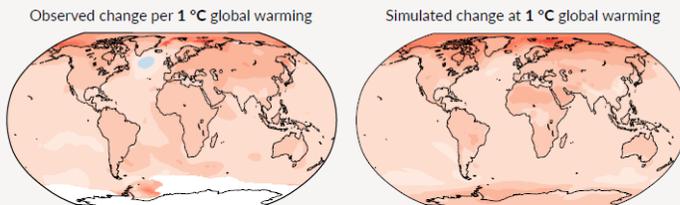
- In Europa, ad eccezione dell'area mediterranea dove ancora vi è incertezza nella valutazione delle variazioni, sono già osservati incrementi degli eventi precipitazione intensa. Vi è un'elevata confidenza che essi siano attribuibili all'uomo nel nord Europa mentre nelle altre aree vi è una confidenza limititata



# Variazioni attese a livello globale ed europeo

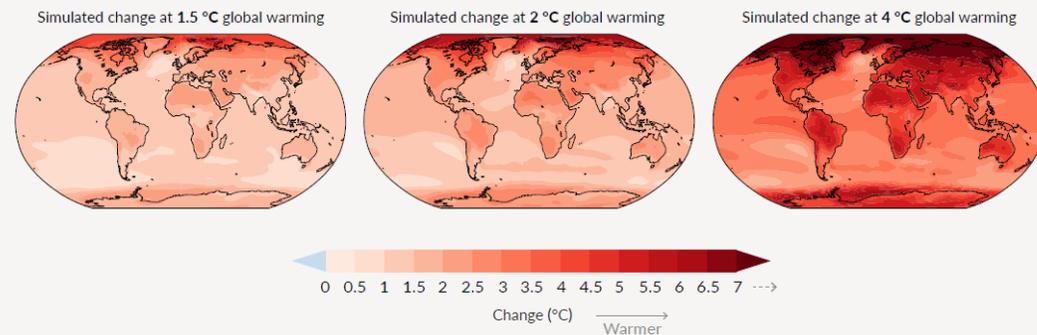
## a) Annual mean temperature change (°C) at 1 °C global warming

Warming at 1 °C affects all continents and is generally larger over land than over the oceans in both observations and models. Across most regions, observed and simulated patterns are consistent.



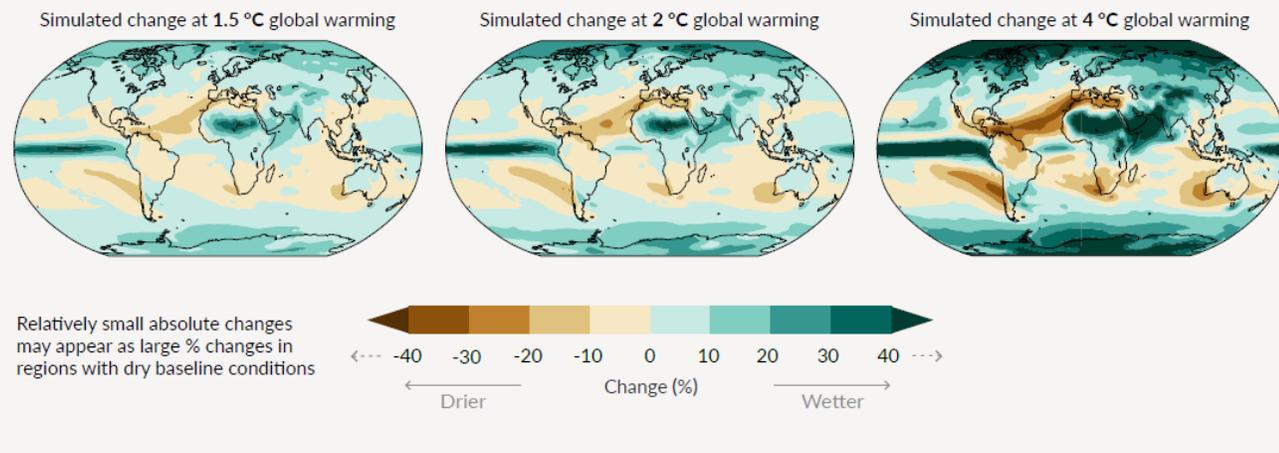
## b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850-1900

Across warming levels, land areas warm more than oceans, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.



## c) Annual mean precipitation change (%) relative to 1850-1900

Precipitation is projected to increase over high latitudes, the equatorial Pacific and parts of the monsoon regions, but decrease over parts of the subtropics and in limited areas of the tropics.



*«Il cambiamento climatico è un fenomeno globale, ma si manifesta in modo diverso nelle diverse regioni. Gli impatti del cambiamenti climatici sono generalmente vissuti a scala locale, nazionale e regionale, e queste sono anche le scale in cui vengono generalmente prese le decisioni. Informazioni affidabili sul cambiamento climatico sono sempre più disponibili su scale regionali per le valutazioni di impatto e rischio»*



# MODELLI CLIMATICI A CASCATA: dal globale al locale

- **Modelli Globali (GCM)**

si occupano di analizzare fenomeni sinottici ovvero che interessano zone molto ampie (circa 100 km di risoluzione).

- **Modelli Climatici Regionali (RCM)**

si occupano di simulare i fenomeni mesoscopici e risultano essere più risolti nello spazio e nel tempo rispetto a quelli studiati dal modello globale.

- **Modelli specifici ad altissima risoluzione (Nuts4)**

si occupano di studiare le aree urbane o zone con orografia molto complessa.



# Stima delle incertezze

Attualmente, i modelli climatici utilizzati sono soggetti ad incertezze.

Seguendo Collins (2007), tali incertezze si possono dividere in 3 componenti:

- (1) L'incertezza dovuta alla normale variabilità dell'atmosfera
- (2) L'incertezza presente negli scenari di GHG
- (3) L'incertezza dovuta alla imperfetta simulazione, da parte dei modelli, del sistema climatico**

Al fine di gestire quest'ultimo punto (quantomeno di quantificare l'incertezza), in Europa esistono dei progetti, come l'iniziativa CORDEX, che hanno lo scopo, in maniera coordinata (ad es. stesso dominio, stessa risoluzione orizzontale), di fornire i cosiddetti "multi-model ensembles".

Di seguito sono mostrati i risultati sull'Italia ottenuti utilizzando modelli ad una risoluzione di circa 12 km.

**EURO-CORDEX** ramo europeo programma CORDEX, sponsorizzata dal World Climate Research Program (WRCP) con lo scopo di produrre proiezioni tramite modelli climatici regionali in diverse aree del globo.

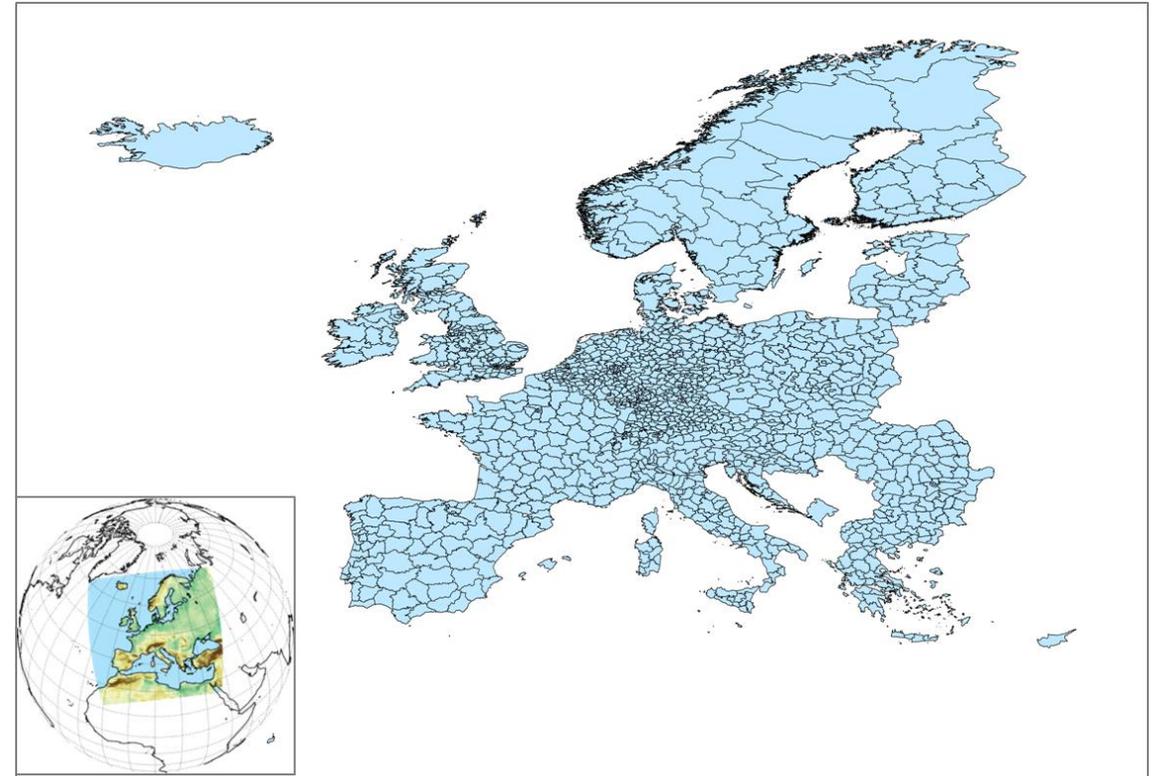
<http://wcrpcordex.ipsl.jussieu.fr/index.php/domain-euro-cordex>



# Analisi del cambiamento climatico a scala europea attraverso indicatori climatici

**Le analisi riguardano la variazione attesa di alcune caratteristiche del clima (esprese tramite degli indicatori).**

Scenario	Scenario RCP	Caratteristiche
Nessuna protezione del clima	RCP8.5	Non viene preso alcun provvedimento in favore della protezione del clima. Le emissioni di gas a effetto serra aumentano in modo continuo. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 8,5 W/m <sup>2</sup> .
Limitata protezione del clima	RCP4.5	L'emissione di gas a effetto serra è arginata, ma le loro concentrazioni nell'atmosfera aumentano ulteriormente nei prossimi 50 anni. L'obiettivo dei "+2 °C" non è raggiunto. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 4,5 W/m <sup>2</sup> .
Consequente protezione del clima	RCP2.6	Vengono presi provvedimenti in favore della protezione del clima. L'aumento di gas ad effetto serra nell'atmosfera è arrestato entro 20 anni attraverso l'immediata riduzione delle emissioni. In tal modo è possibile raggiungere gli obiettivi dell'Accordo sul clima di Parigi del 2016. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 2,6 W/m <sup>2</sup> .



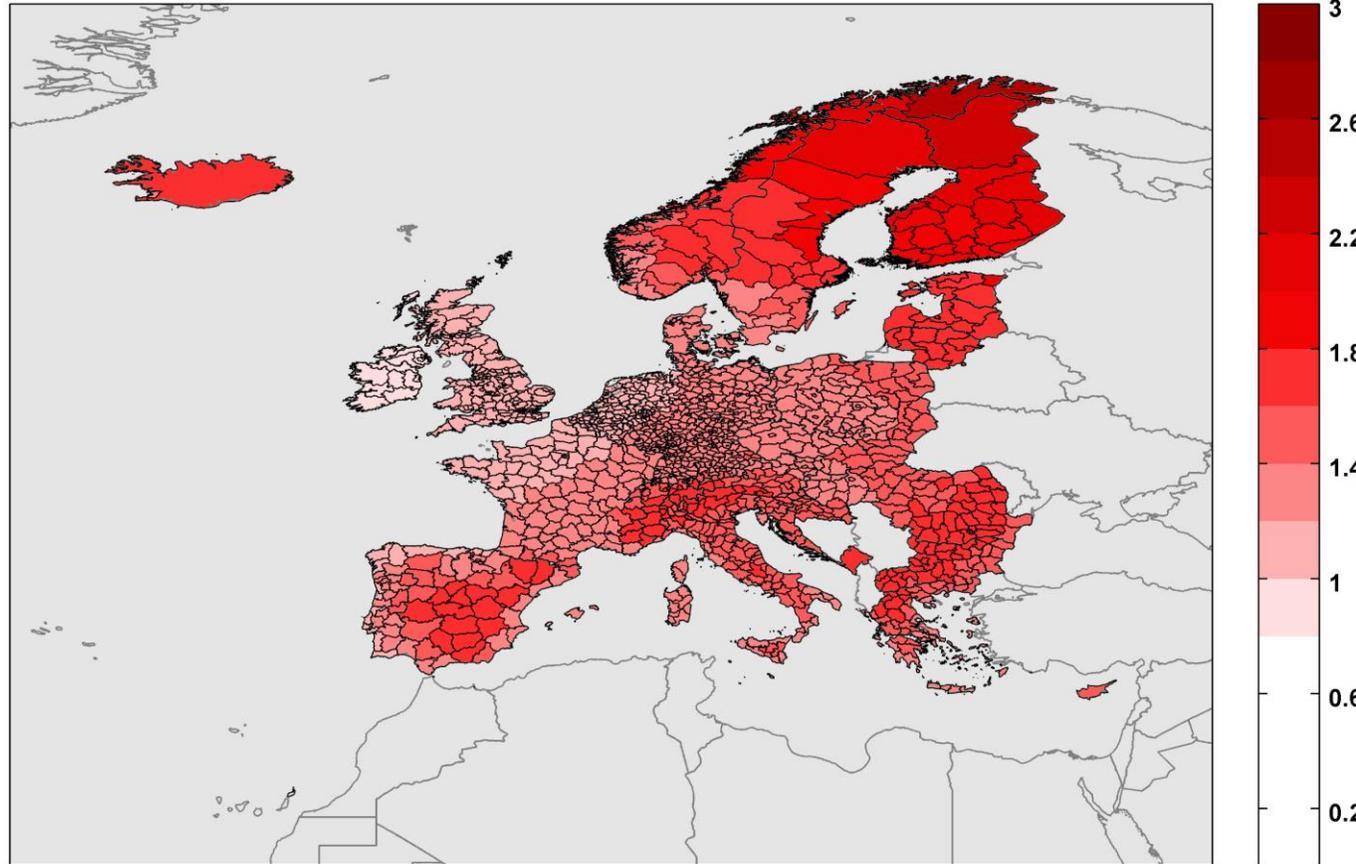
Gli indicatori aiutano sia a descrivere più efficacemente le sorgenti climatiche del pericolo sia a legarsi più agevolmente alla modellistica che descrive gli impatti (ovvero gli effetti degli eventi meteorologici e climatici estremi e dei cambiamenti climatici), la vulnerabilità del sistema e il suo rischio.

Inoltre l'uso di indicatori permette più facilmente il monitoraggio dell'efficacia delle azioni di adattamento



# Variazione della temperatura media - (RCP4.5)

TMEAN  
20362065 vs 19812010 (RCP4.5)



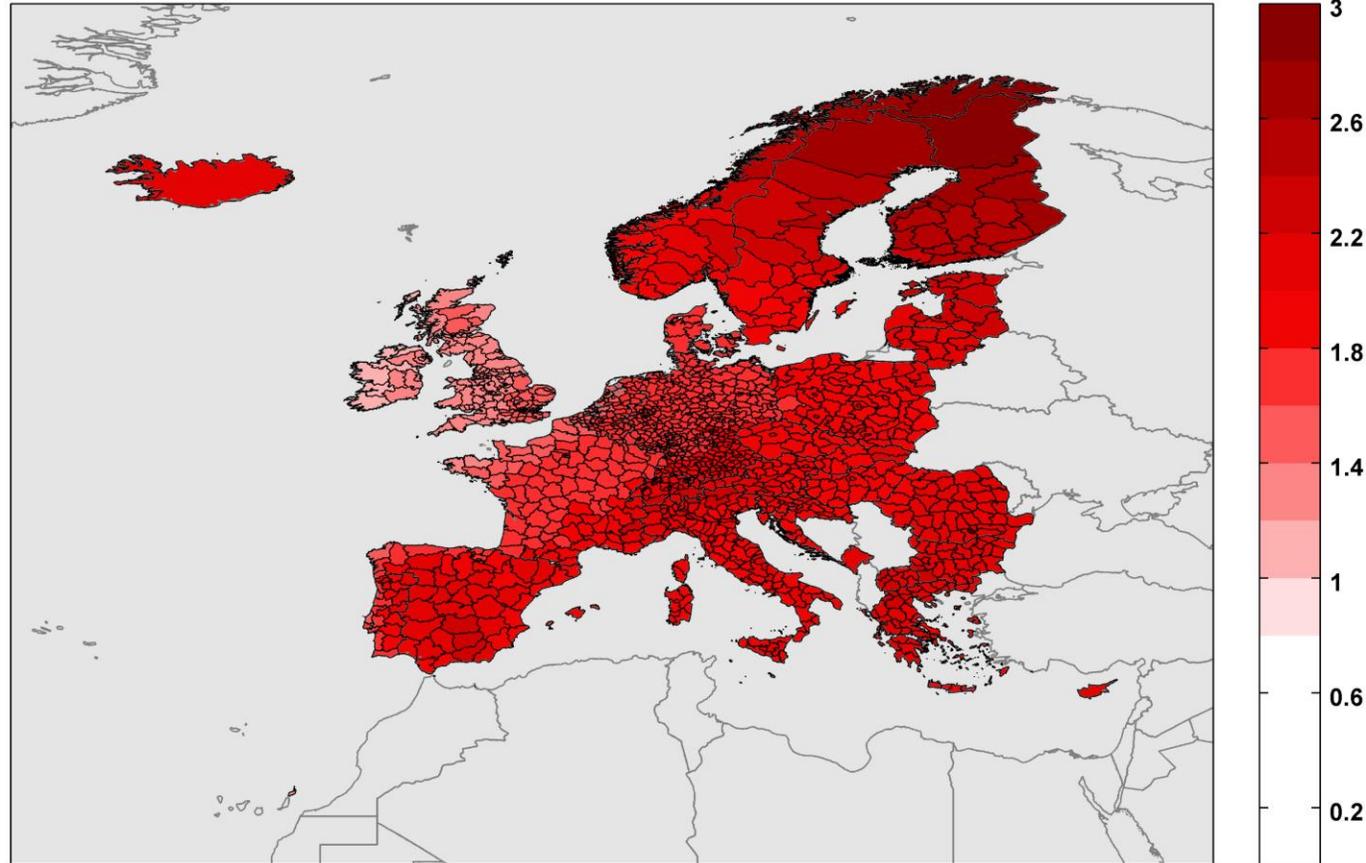
Scenario	Scenario RCP
Nessuna protezione del clima	RCP8.5
Limitata protezione del clima	RCP4.5

Anomalia della temperatura media annua fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP4.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010.

La temperatura gioca un ruolo fondamentale nella produttività agricola, nella biodiversità, nei danni alle infrastrutture e nella salute pubblica (aumento della mortalità specie per le fasce più vulnerabili). Impatto diretto è l'innalzamento del livello dei mari

# Variazione della temperatura media - (RCP8.5)

TMEAN  
20362065 vs 19812010 (RCP8.5)



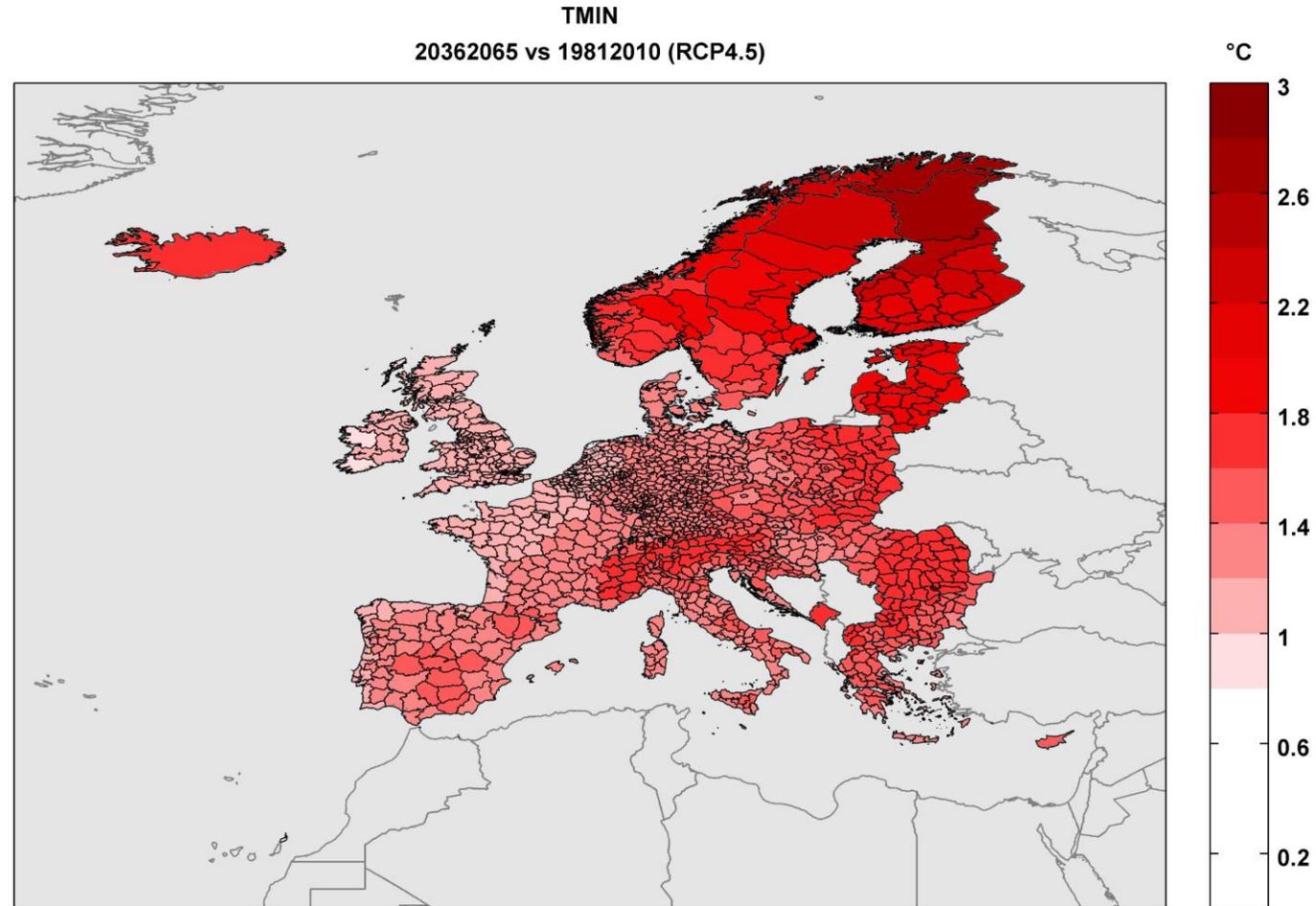
Scenario	Scenario RCP
Nessuna protezione del clima	RCP8.5
Limitata protezione del clima	RCP4.5

Variazione della temperatura media annua fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP8.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010.

La temperatura gioca un ruolo fondamentale nella produttività agricola, nella biodiversità, nei danni alle infrastrutture e nella salute pubblica (aumento della mortalità specie per le fasce più vulnerabili). Impatto diretto è l'innalzamento del livello dei mari

# Variazione della temperatura minima - (RCP4.5)

Scenario	Scenario RCP
Nessuna protezione del clima	RCP8.5
Limitata protezione del clima	RCP4.5

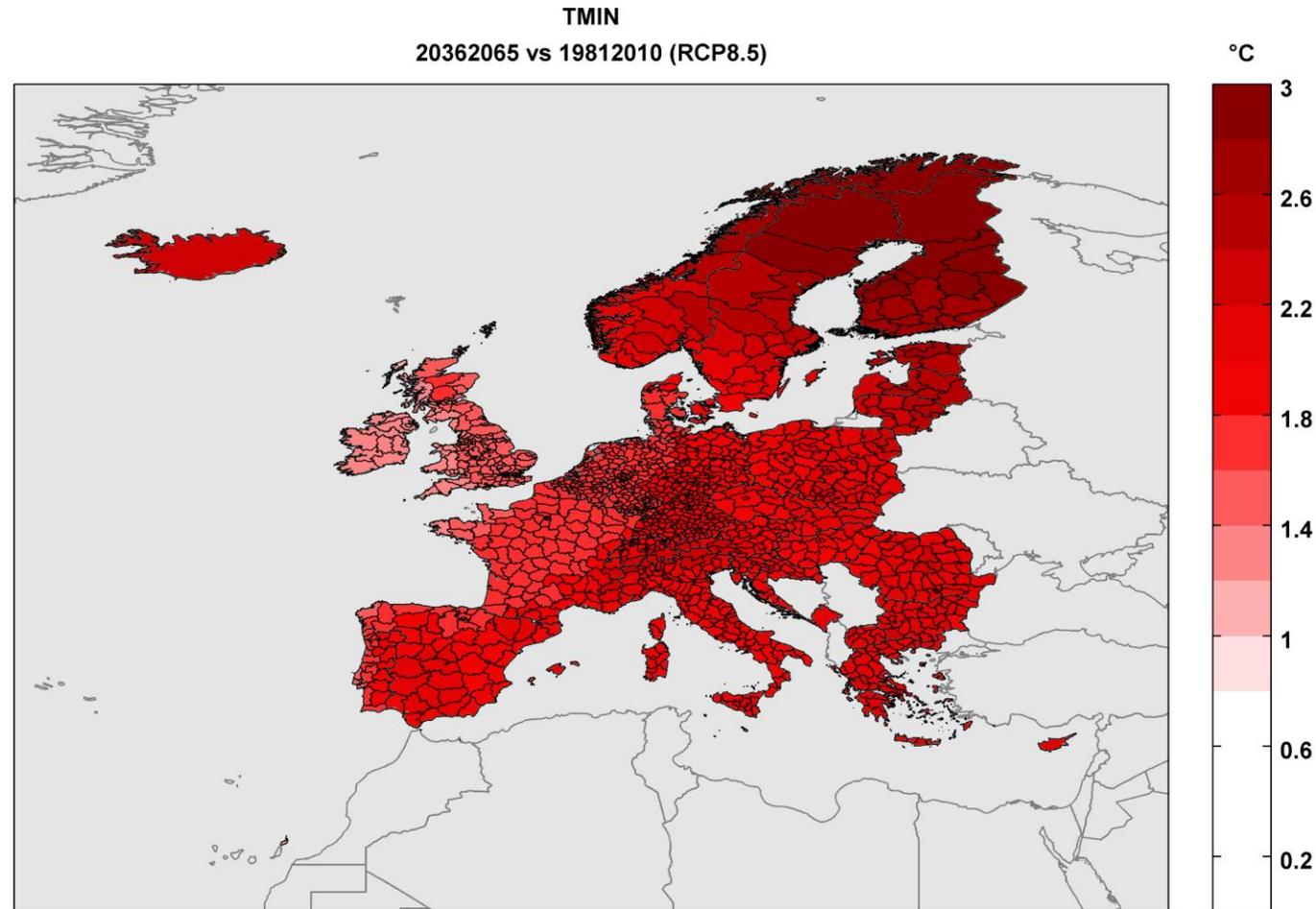


Variazione della temperatura minima annua fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP4.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010.

La temperatura gioca un ruolo fondamentale nella produttività agricola, nella biodiversità e nella salute pubblica.

# Variazione della temperatura minima - (RCP8.5)

Scenario	Scenario RCP
Nessuna protezione del clima	RCP8.5
Limitata protezione del clima	RCP4.5

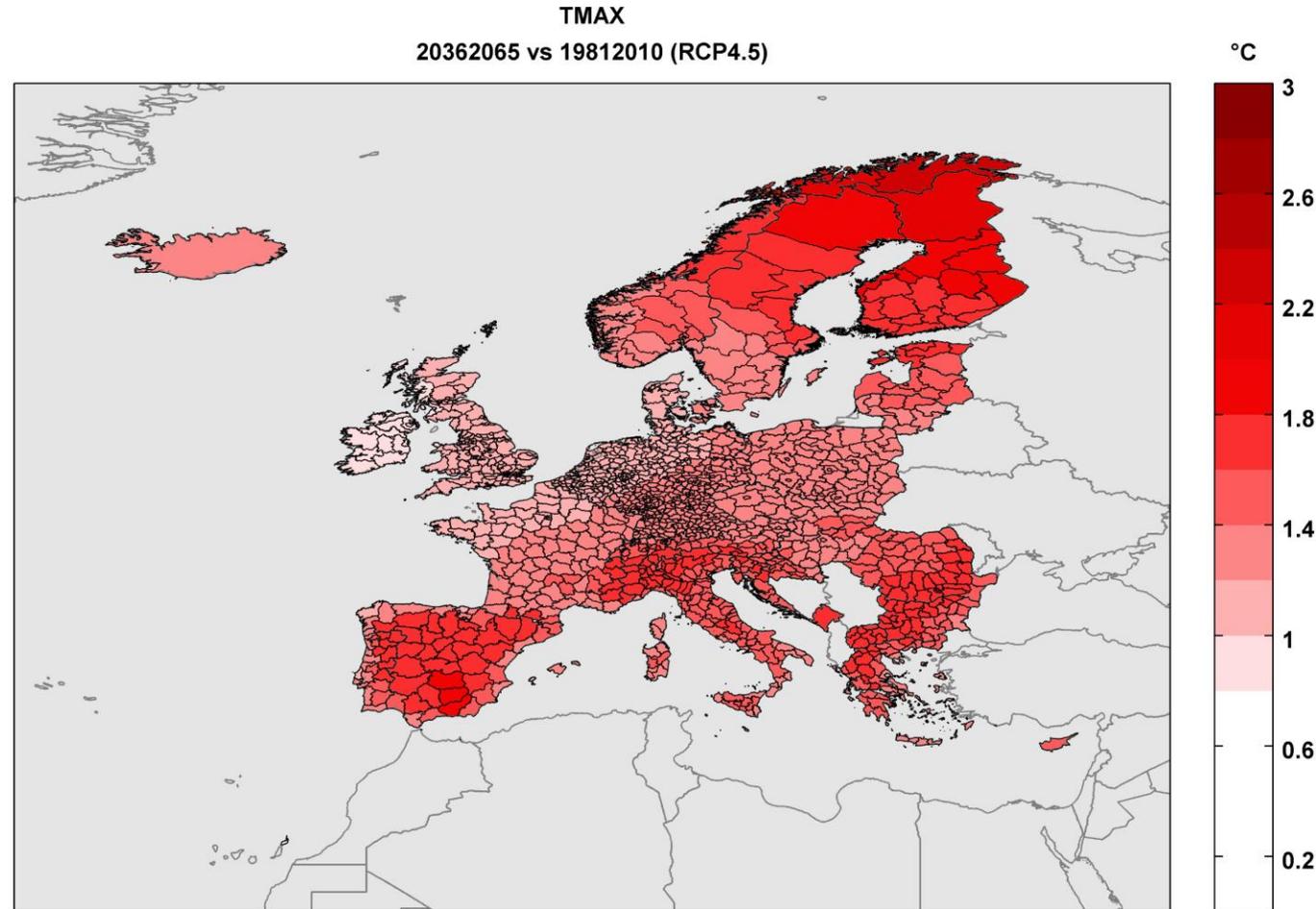


Variazione della temperatura minima annua fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP8.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010.

La temperatura gioca un ruolo fondamentale nella produttività agricola, nella biodiversità e nella salute pubblica.

# Variazione della temperatura massima - (RCP4.5)

Scenario	Scenario RCP
Nessuna protezione del clima	RCP8.5
Limitata protezione del clima	RCP4.5

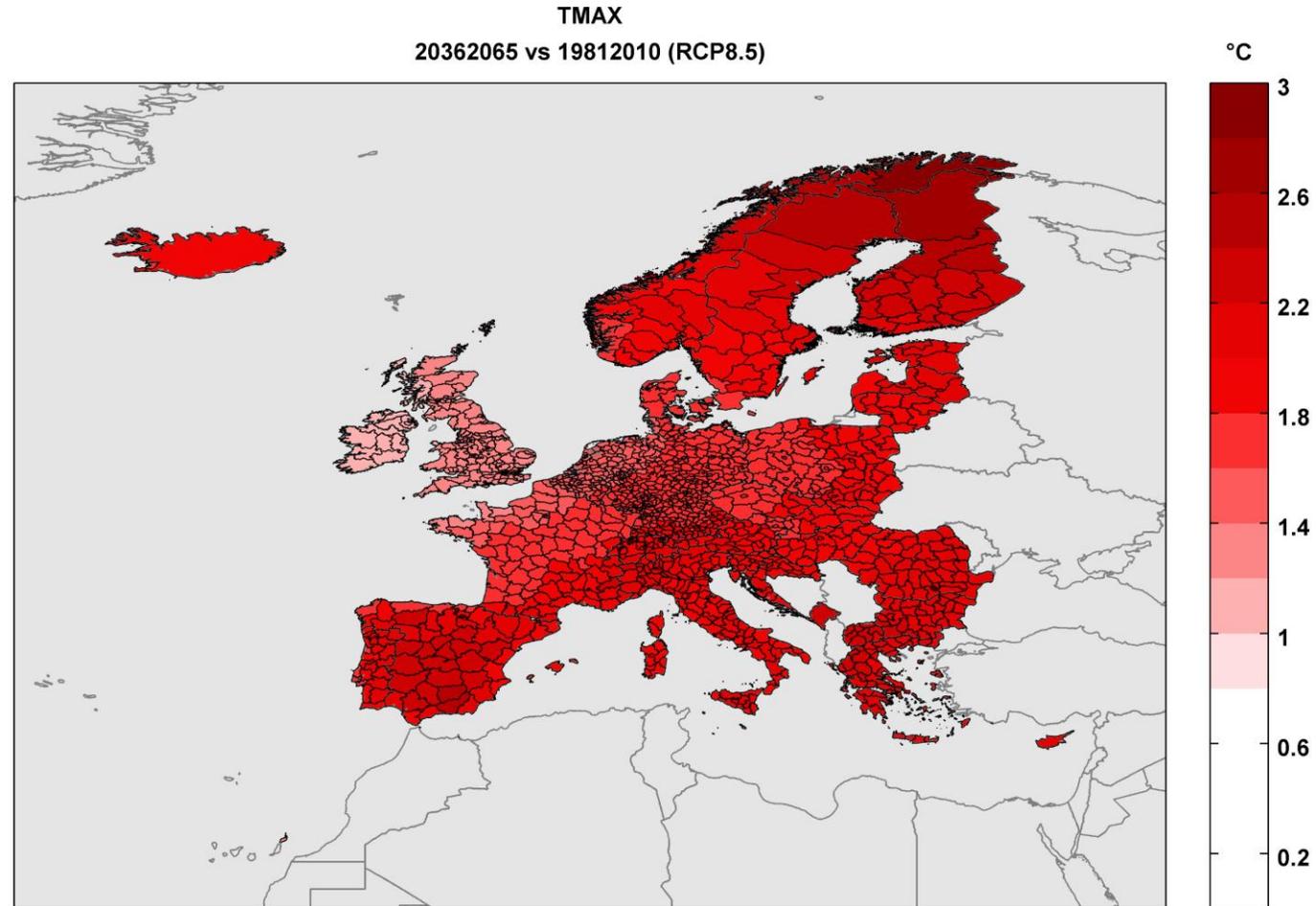


Variazione della temperatura massima annua fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP4.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010.

La temperatura gioca un ruolo fondamentale nella produttività agricola, nella biodiversità e nella salute pubblica.

# Variazione della temperatura massima - (RCP8.5)

Scenario	Scenario RCP
Nessuna protezione del clima	RCP8.5
Limitata protezione del clima	RCP4.5

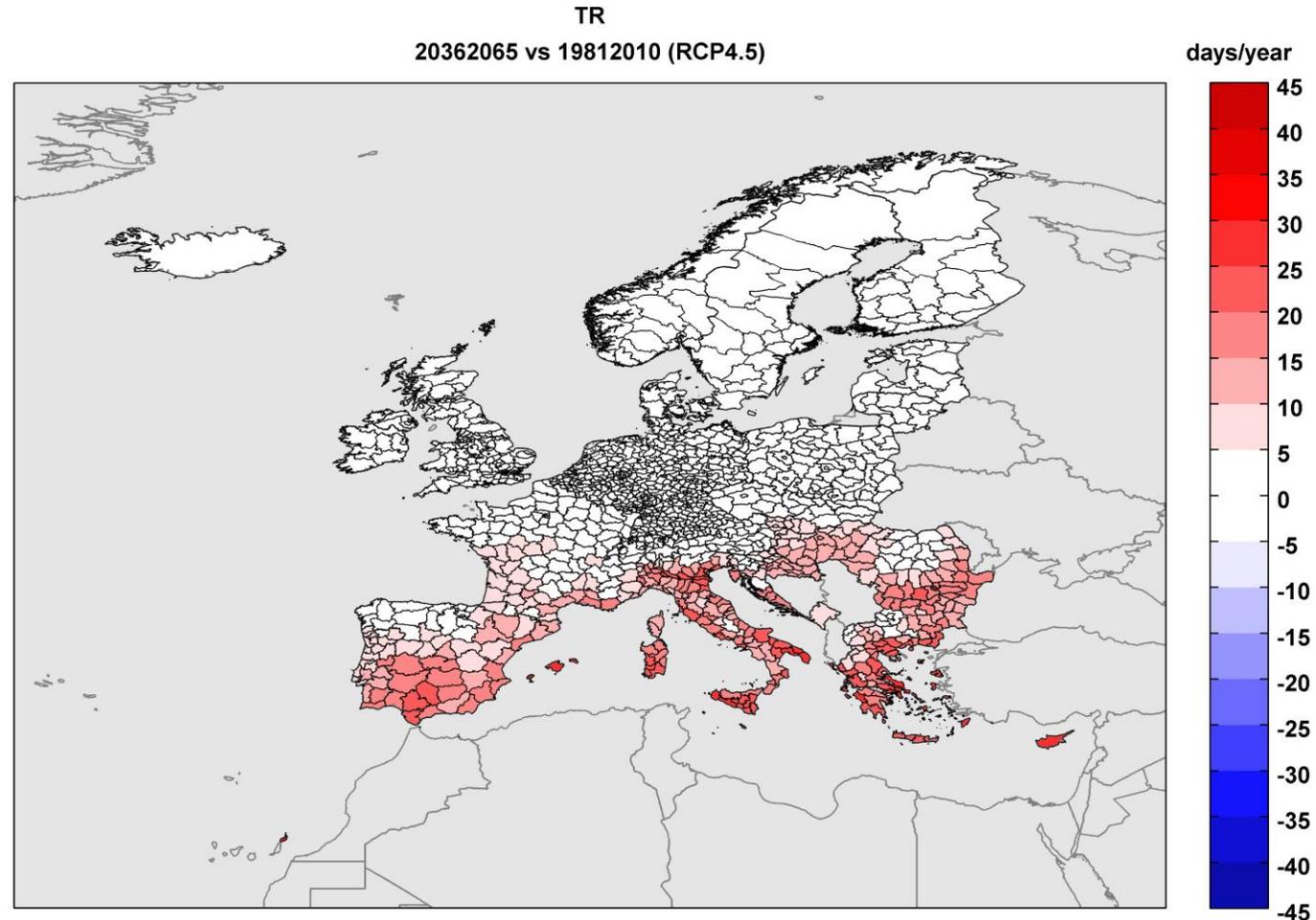


Variazione della temperatura massima annua fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP8.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010.

La temperatura gioca un ruolo fondamentale nella produttività agricola, nella biodiversità e nella salute pubblica.

# Variazione delle notti tropicali (TR) (RCP4.5)

Scenario	Scenario RCP
Nessuna protezione del clima	RCP8.5
Limitata protezione del clima	RCP4.5

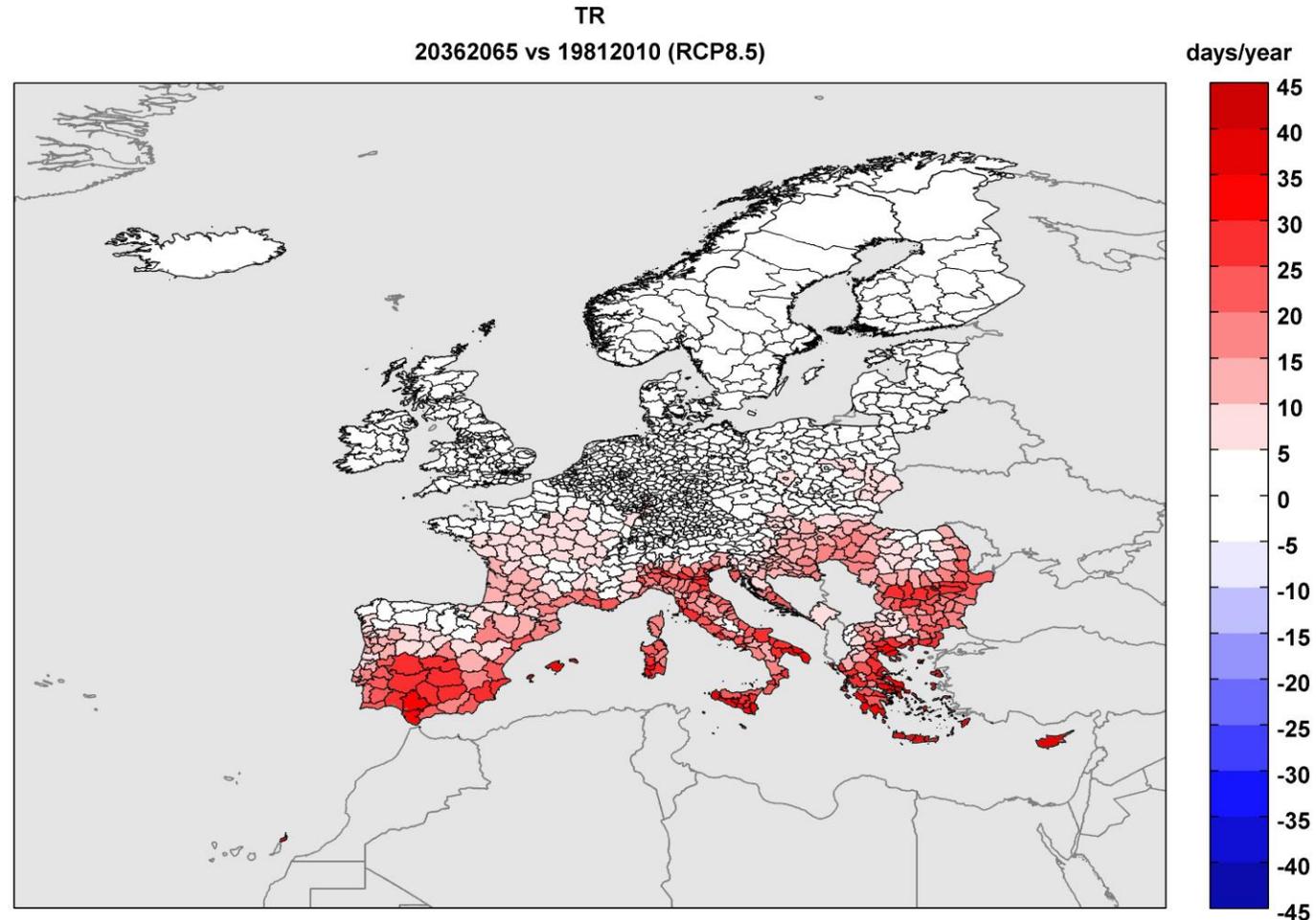


Notti tropicali:  
Numero di giorni con temperatura minima superiore ai 20°C  
Il numero delle notti tropicali nell'arco dell'anno è aumentato sensibilmente in tutta Italia, con un incremento del 50% dal 1961 al 2005 delle notti in cui si registrano più di 20 gradi.

Variazione del numero di notti tropicali (ovvero le notte molto calde) annue fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP4.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010.

# Variazione delle notti tropicali (TR) (RCP8.5)

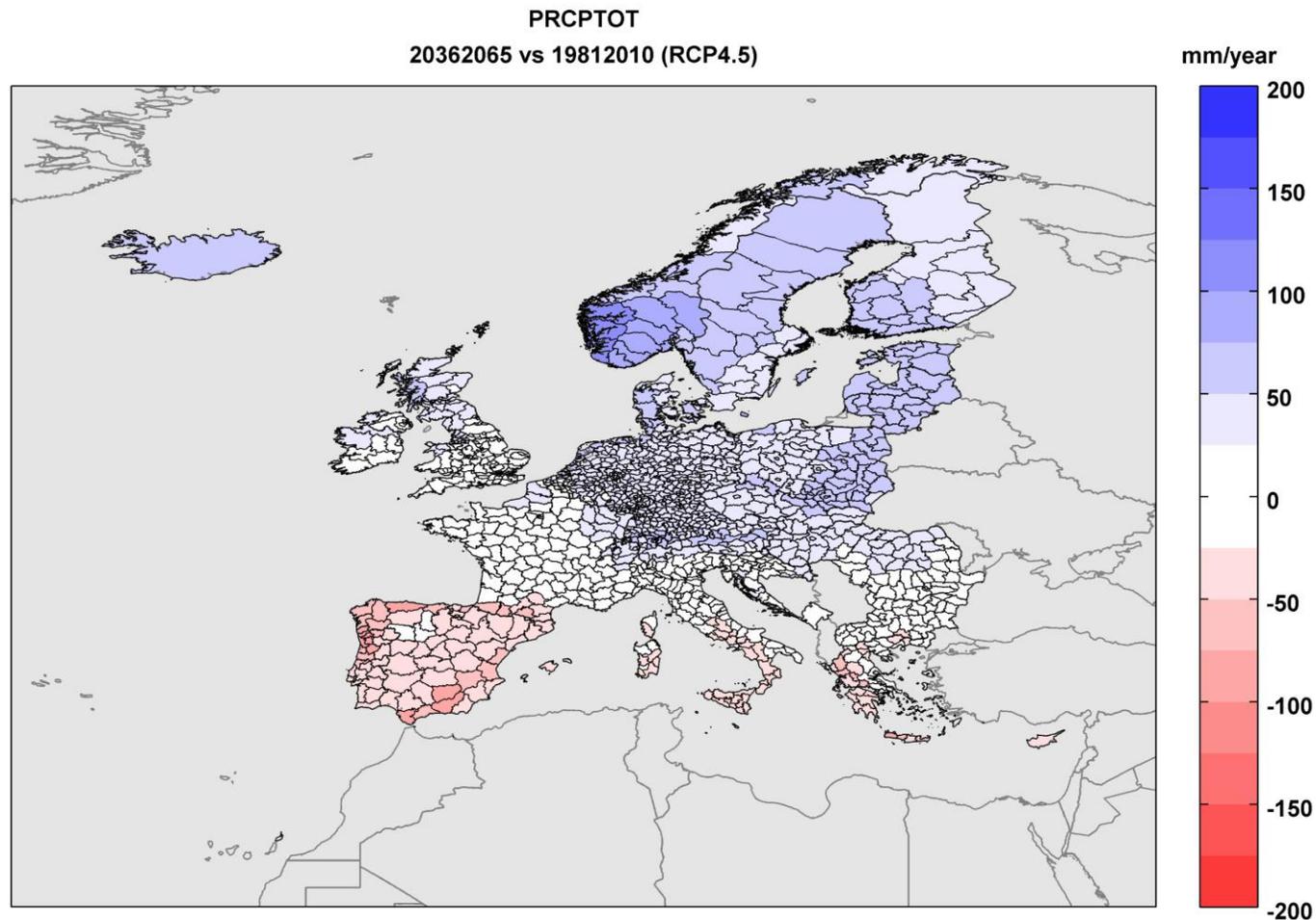
Scenario	Scenario RCP
Nessuna protezione del clima	RCP8.5
Limitata protezione del clima	RCP4.5



Notti tropicali:  
Numero di giorni con temperatura minima superiore ai 20°C  
Il numero delle notti tropicali nell'arco dell'anno è aumentato sensibilmente in tutta Italia, con un incremento del 50% dal 1961 al 2005 delle notti in cui si registrano più di 20 gradi.

Variazione del numero di notti tropicali (ovvero le notte molto calde) annue fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP8.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010.

# Variazione della precipitazione cumulata annua (RCP4.5)

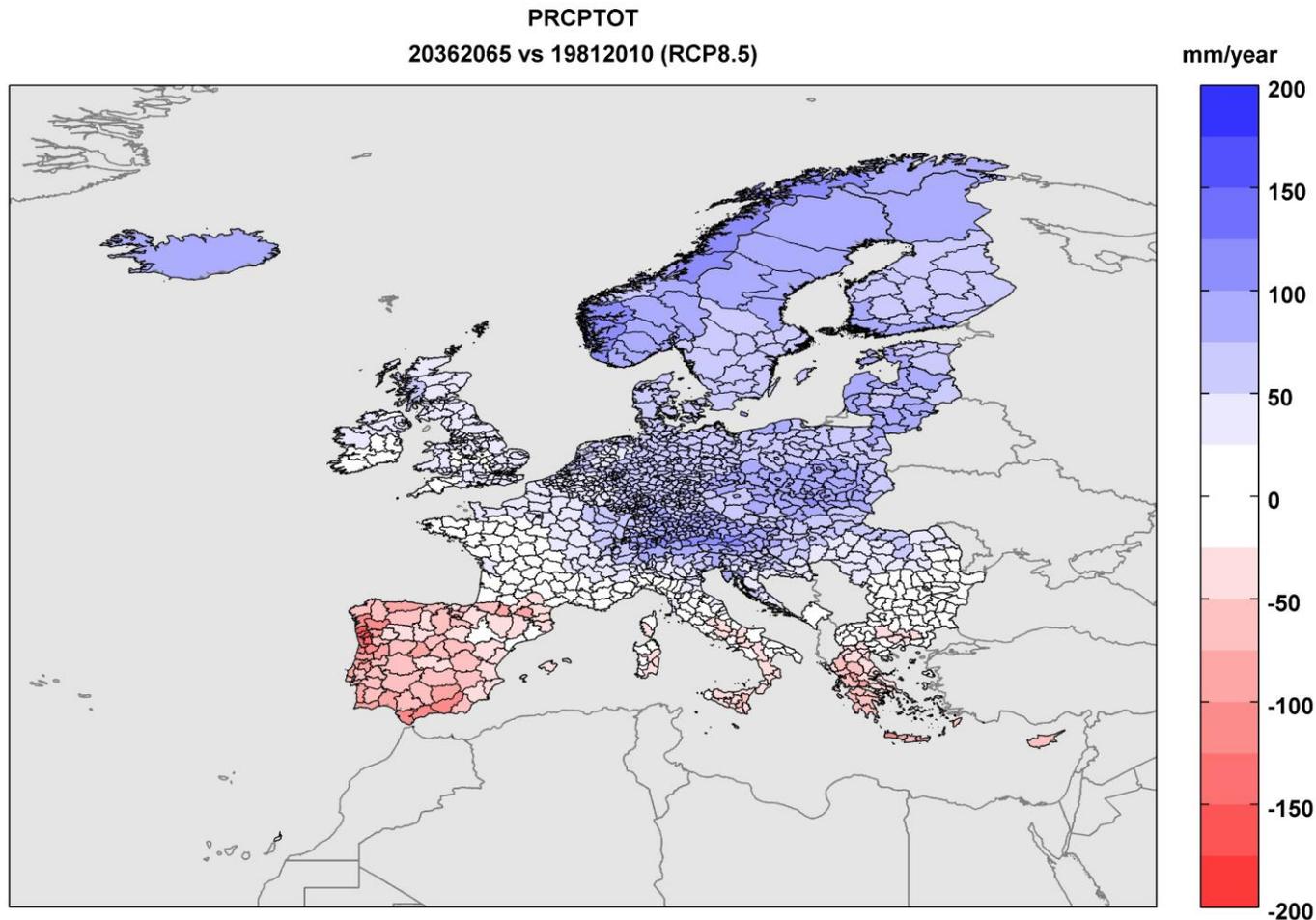


Variazione delle precipitazione annuale fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP4.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010. Tale indicatore fornisce informazioni sulla possibile carenza o eccesso d'acqua

- Le precipitazioni annuali dal 1960 mostrano una tendenza all'aumento nell'Europa del nord e una diminuzione in alcune parti dell'Europa meridionale.
- Alle medie latitudini non sono stati osservati cambiamenti significativi nelle precipitazioni annuali.
- Le precipitazioni estive medie sono diminuite significativamente nella maggior parte dell'Europa meridionale, mentre sono stati registrati aumenti significativi in alcune parti dell'Europa settentrionale.

**I cambiamenti previsti nelle precipitazioni variano sostanzialmente tra le regioni e le stagioni.**

# Variazione della precipitazione cumulata annua (RCP8.5)

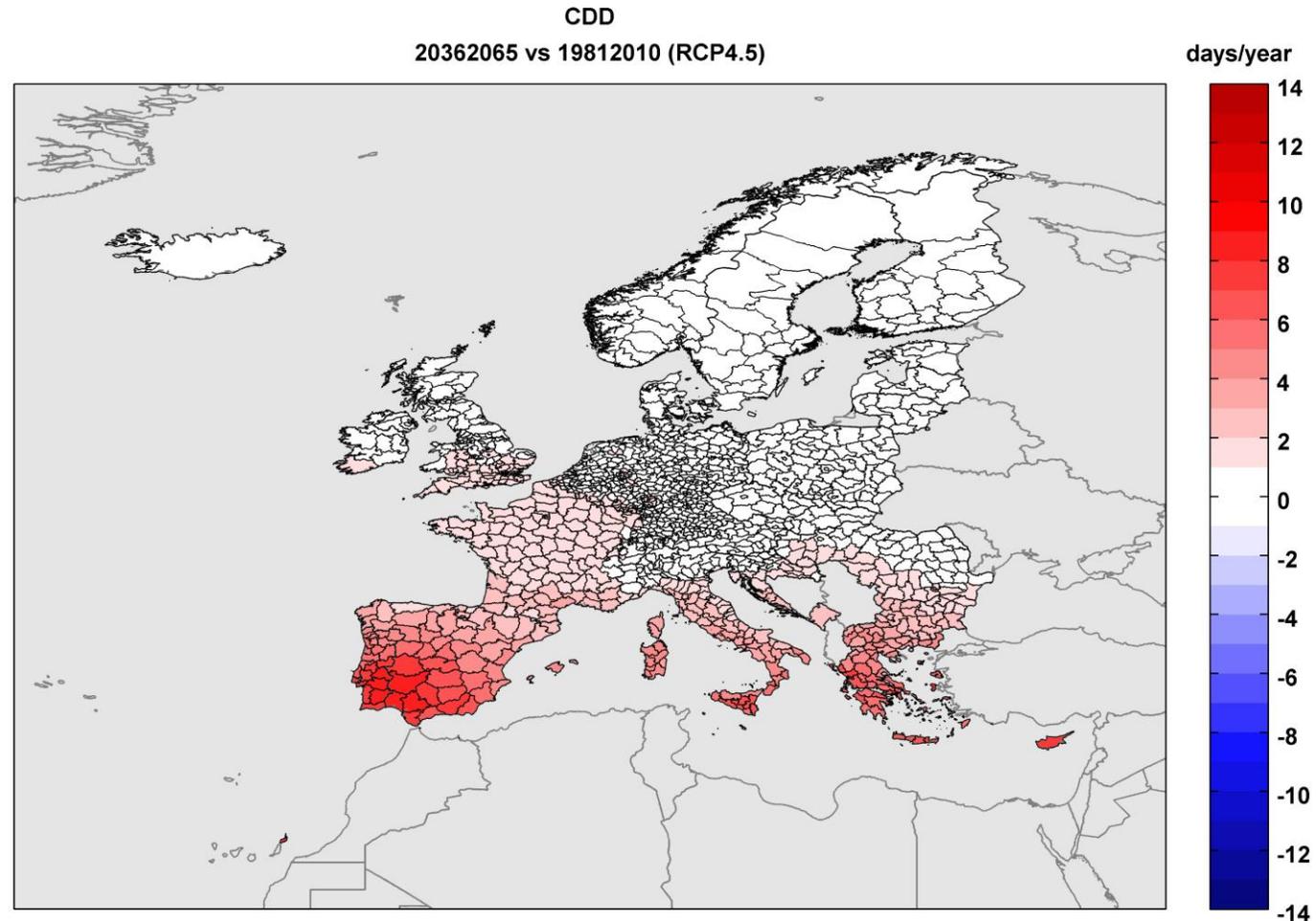


- Le precipitazioni annuali dal 1960 mostrano una tendenza all'aumento nell'Europa del nord e una diminuzione in alcune parti dell'Europa meridionale.
- Alle medie latitudini non sono stati osservati cambiamenti significativi nelle precipitazioni annuali.
- Le precipitazioni estive medie sono diminuite significativamente nella maggior parte dell'Europa meridionale, mentre sono stati registrati aumenti significativi in alcune parti dell'Europa settentrionale.

Variazione delle precipitazione annuale fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP8.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010. Tale indicatore fornisce informazioni sulla possibile carenza o eccesso d'acqua

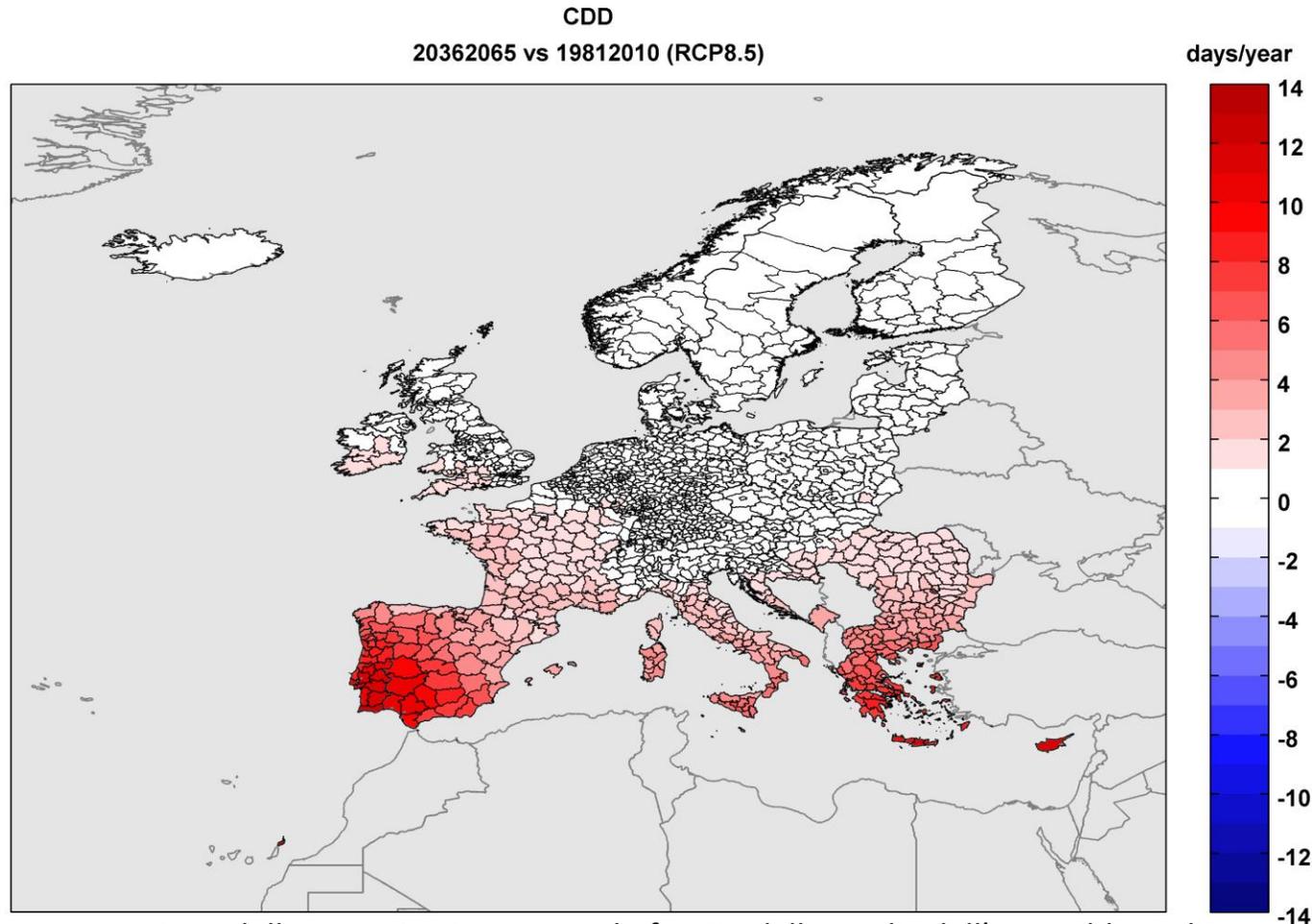
**I cambiamenti previsti nelle precipitazioni variano sostanzialmente tra le regioni e le stagioni.**

# Variazione del numero di giorni consecutivi senza pioggia (RCP4.5)



Variazione del numero di giorni consecutivi senza pioggia annuale fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP4.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010.

# Variazione del numero di giorni consecutivi senza pioggia (RCP8.5)



Variazione delle precipitazione annuale fornita dalla media dell'ensemble multi-modello EURO CORDEX-11 per lo scenario RCP8.5 nel periodo 2036–2065 rispetto al periodo 1981–2010.

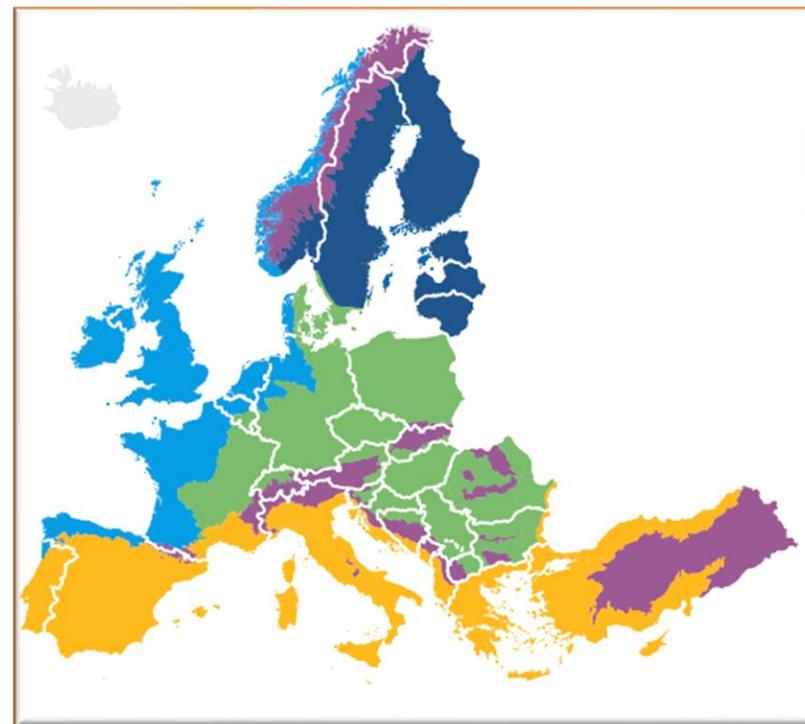
## Dal Pericolo al rischio

**Gli indicatori che caratterizzano le variazioni del pericolo per effetto del clima supportano le valutazioni del rischio sui settori. In che modo?**

Elevato numero di giorni consecutivi senza pioggia + temperature elevate (**segnale climatico**) → deficit di apporto idrico naturale al terreno + stress idrico per terreno e piante (**impatti diretti**) → necessità di (maggiore) apporto di acqua irrigua e possibile indisponibilità della risorsa (**impatto intermedio**) → diminuzione delle rese agricole a causa di incapacità delle risorse idriche disponibili di far fronte alla richiesta per l'irrigazione (**rischio**). **Il rischio può diminuire grazie all'adattamento.**

# Gli impatti del cambiamento climatico attesi sull'Europa

- Nell'**Europa centro-meridionale** si registrano ondate di calore, incendi forestali e siccità sempre più frequenti.
- Il **Mediterraneo** si sta trasformando in una regione arida, il che lo rende ancora più vulnerabile di fronte alla siccità e agli incendi boschivi.
- L'**Europa settentrionale** sta diventando molto più umida e le alluvioni invernali potrebbero diventare un fenomeno ricorrente.
- Le **zone urbane**, nelle quali vivono oggi 4 europei su 5, sono esposte a ondate di calore e alluvioni e all'innalzamento del livello dei mari, ma spesso non sono preparate per adattarsi ai cambiamenti climatici.
- **Perdita di biodiversità.** I cambiamenti climatici si stanno verificando a ritmi talmente veloci che numerose specie animali e vegetali stentano ad adattarsi. Molte specie terrestri, marine e di acqua dolce si sono già spostate verso altre zone. Alcune specie vegetali e animali saranno esposte a un maggior rischio di estinzione se la temperatura media mondiale continua ad aumentare

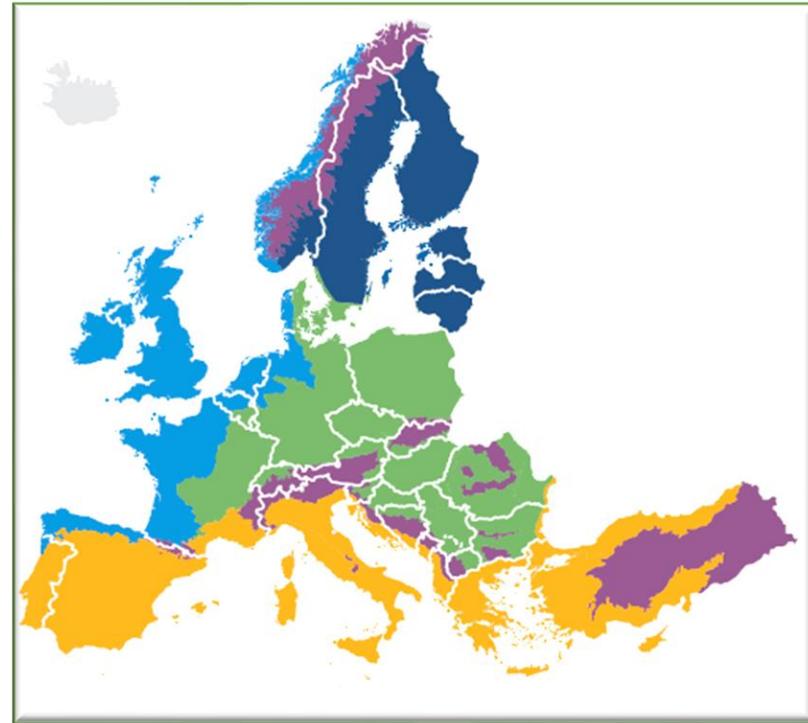


Sorgente:  
[https://ec.europa.eu/clima/change/consequences\\_it](https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_it)



# Gli impatti del cambiamento climatico attesi sul Mediterraneo

- Disponibilità ridotta d'acqua
- Aumento della siccità
- Grave perdita di biodiversità
- Aumento incendi boschivi
- Turismo estivo ridotto
- Aumento degli effetti sulla salute delle ondate di calore
- Espansione degli habitat per i vettori di malattie
- Riduzione Energia idroelettrica ridotta
- Riduzione delle aree agricole



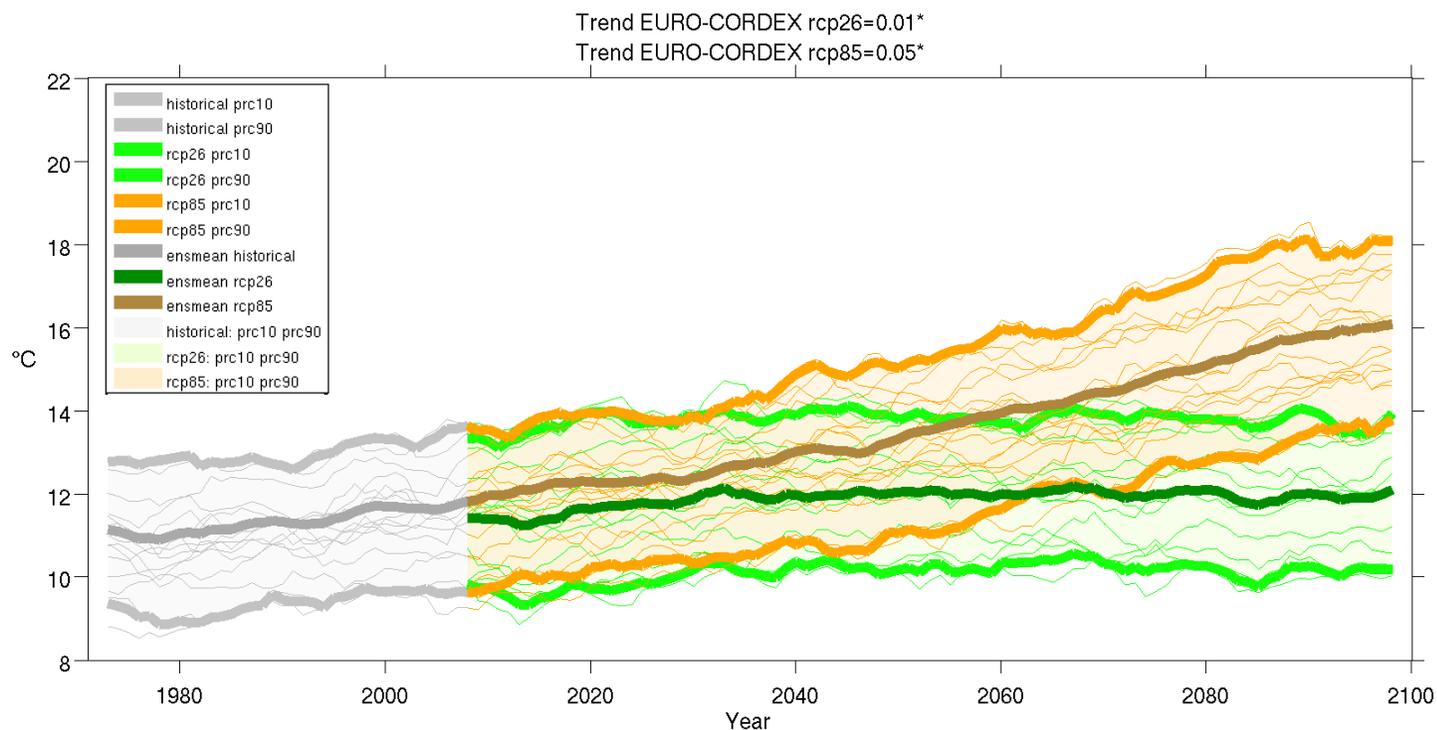
# Dati di proiezioni sull'Italia: temperatura media

## Crescita della temperatura media giornaliera in Italia

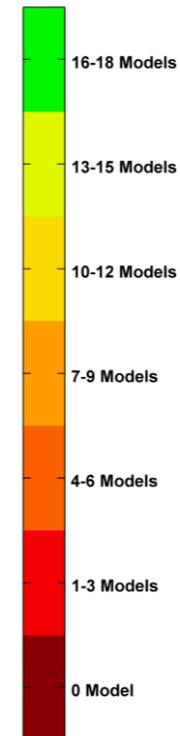
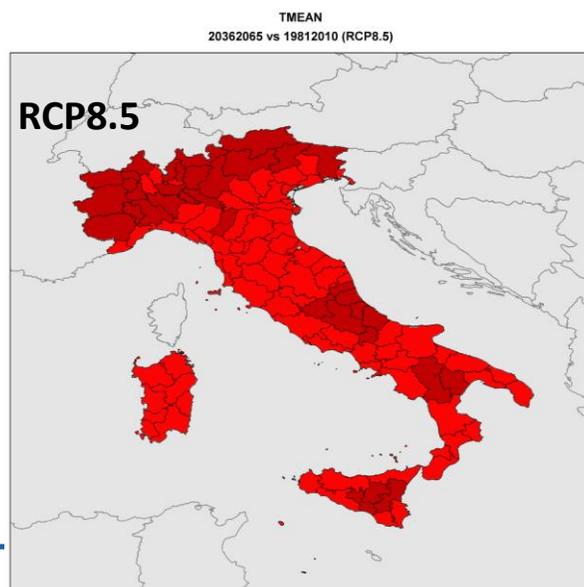
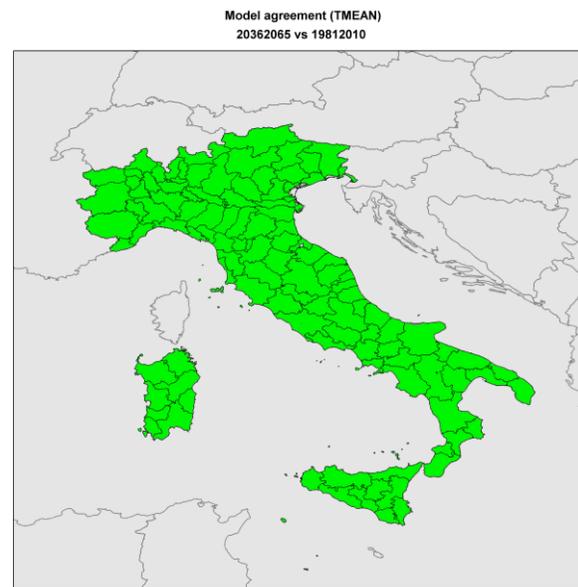
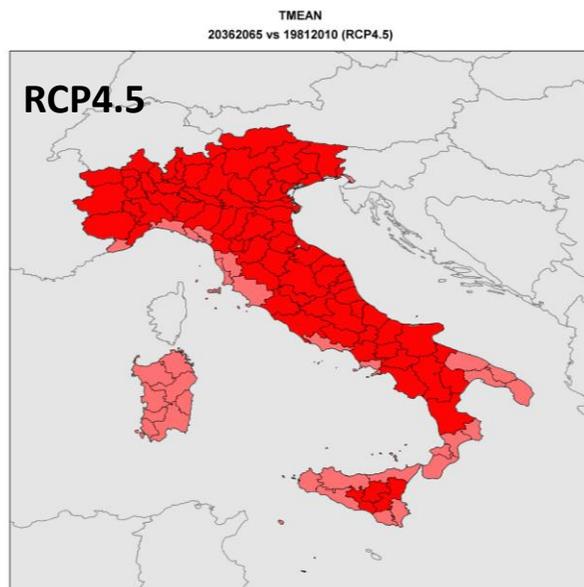
La crescita del valore medio dei modelli è sempre positiva: 1 °C in 100 anni per RCP2.6 e 5°C in 100 anni per RCP8.5. Il trend è statisticamente significativo.

Scenario	Scenario RCP	Caratteristiche
Nessuna protezione del clima	RCP8.5	Non viene preso alcun provvedimento in favore della protezione del clima. Le emissioni di gas a effetto serra aumentano in modo continuo. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 8,5 W/m <sup>2</sup> .
Limitata protezione del clima	RCP4.5	L'emissione di gas a effetto serra è arginata, ma le loro concentrazioni nell'atmosfera aumentano ulteriormente nei prossimi 50 anni. L'obiettivo dei "+2 °C" non è raggiunto. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 4,5 W/m <sup>2</sup> .
Consequente protezione del clima	RCP2.6	Vengono presi provvedimenti in favore della protezione del clima. L'aumento di gas ad effetto serra nell'atmosfera è arrestato entro 20 anni attraverso l'immediata riduzione delle emissioni. In tal modo è possibile raggiungere gli obiettivi dell'Accordo sul clima di Parigi del 2016. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 2,6 W/m <sup>2</sup> .

Tali valori di incremento della temperatura media ben evidenziano come le variazioni attese possano cambiare notevolmente a seconda dello scenario considerato.



# Dati di proiezioni sull'Italia: temperatura media annuale



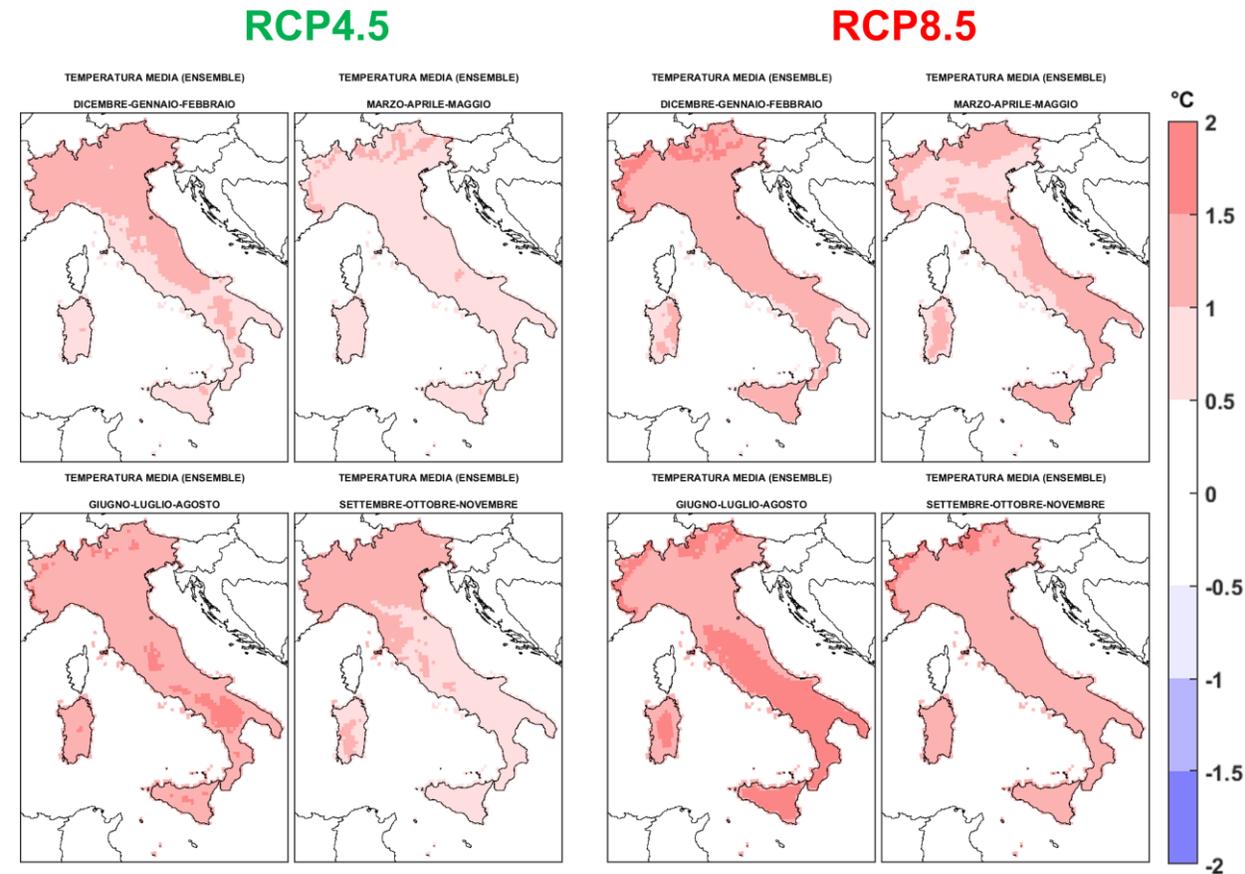
**Variazione  
della  
temperatura  
media  
giornaliera:  
2050s (2036-  
2065) vs 1981-  
2010**



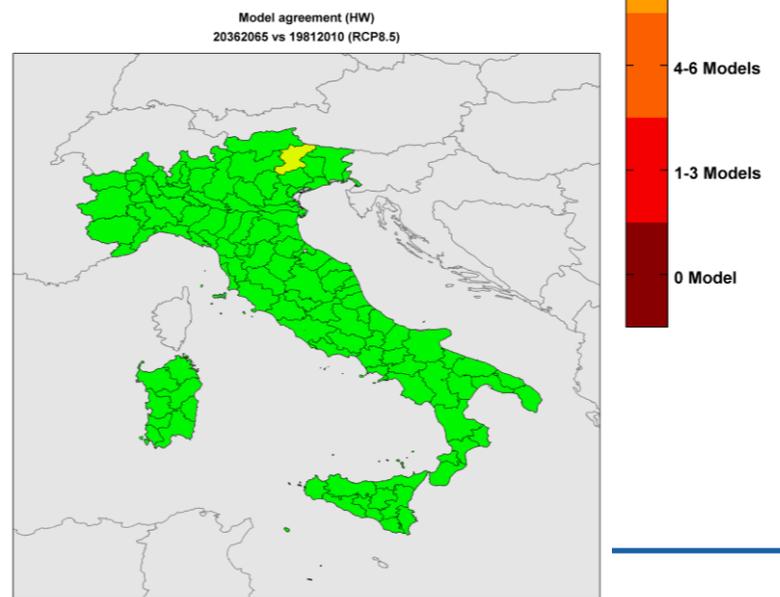
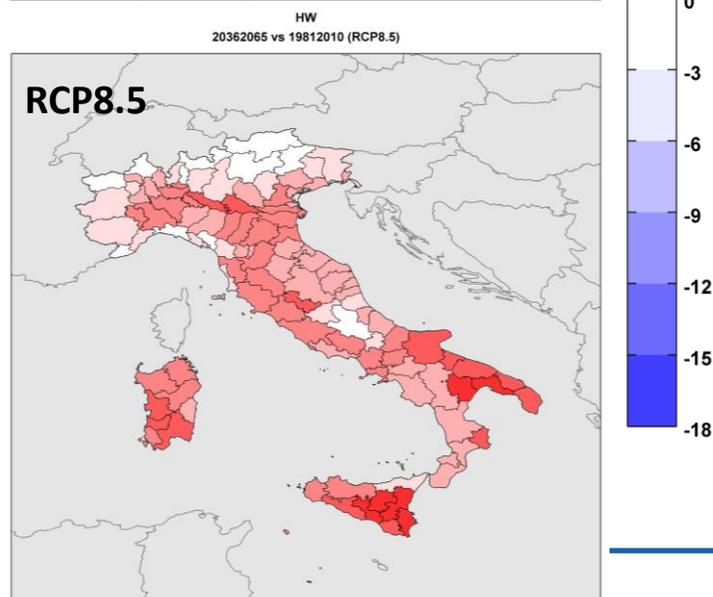
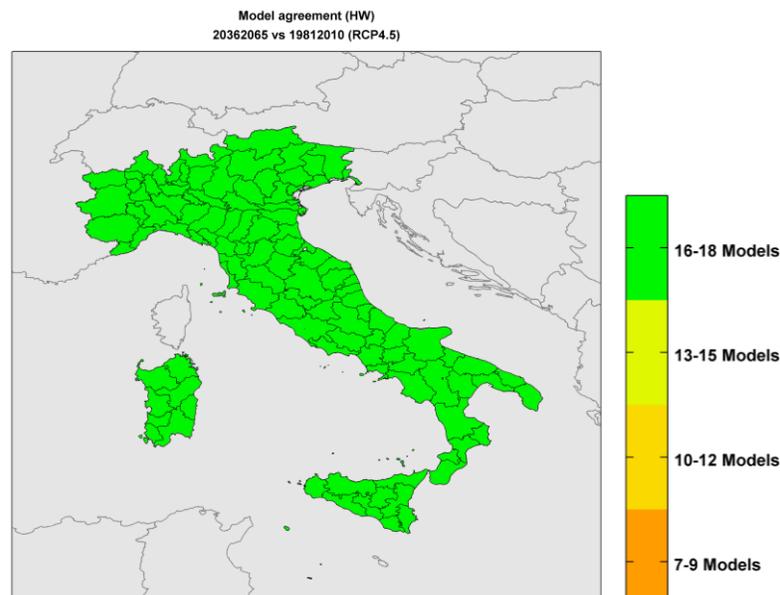
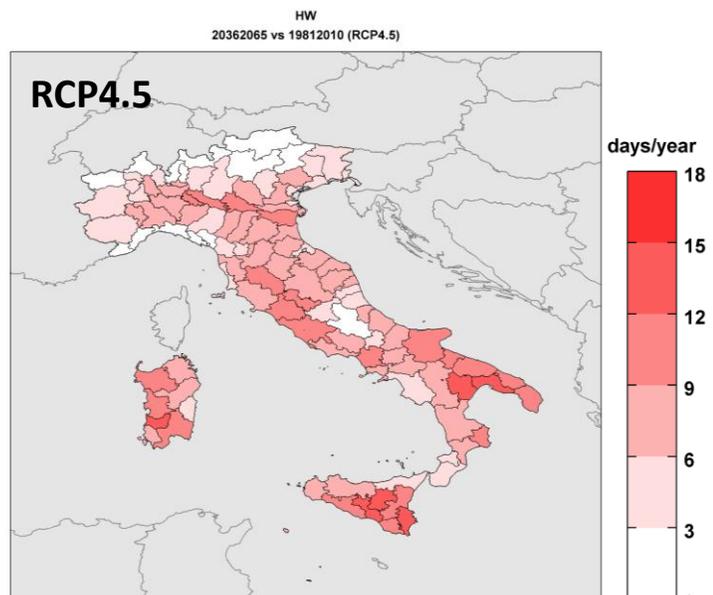
# Dati di proiezioni sull'Italia: temperatura media stagionale

## Variazione della temperatura media giornaliera su base stagionale nel periodo: 2021-2050 vs 1981-2010

- In primavera: lo scenario RCP4.5 riporta una variazione compresa tra 0,5°C e 1°C mentre RCP8.5 indica una variazione tra 1°C e 1,5°C maggiore su Alpi, Centro (soprattutto versante Adriatico) e Sud Italia.
- In estate (dove si registrano le variazioni maggiori) lo scenario RCP8.5 indica una variazione di temperatura compresa tra 1,5°C e 2°C su Centro e Sud Italia, più contenuto lo scenario RCP4.5
- Nella zona Alpina, in particolare sono attese le variazioni maggiori se si considera lo scenario RCP8.5



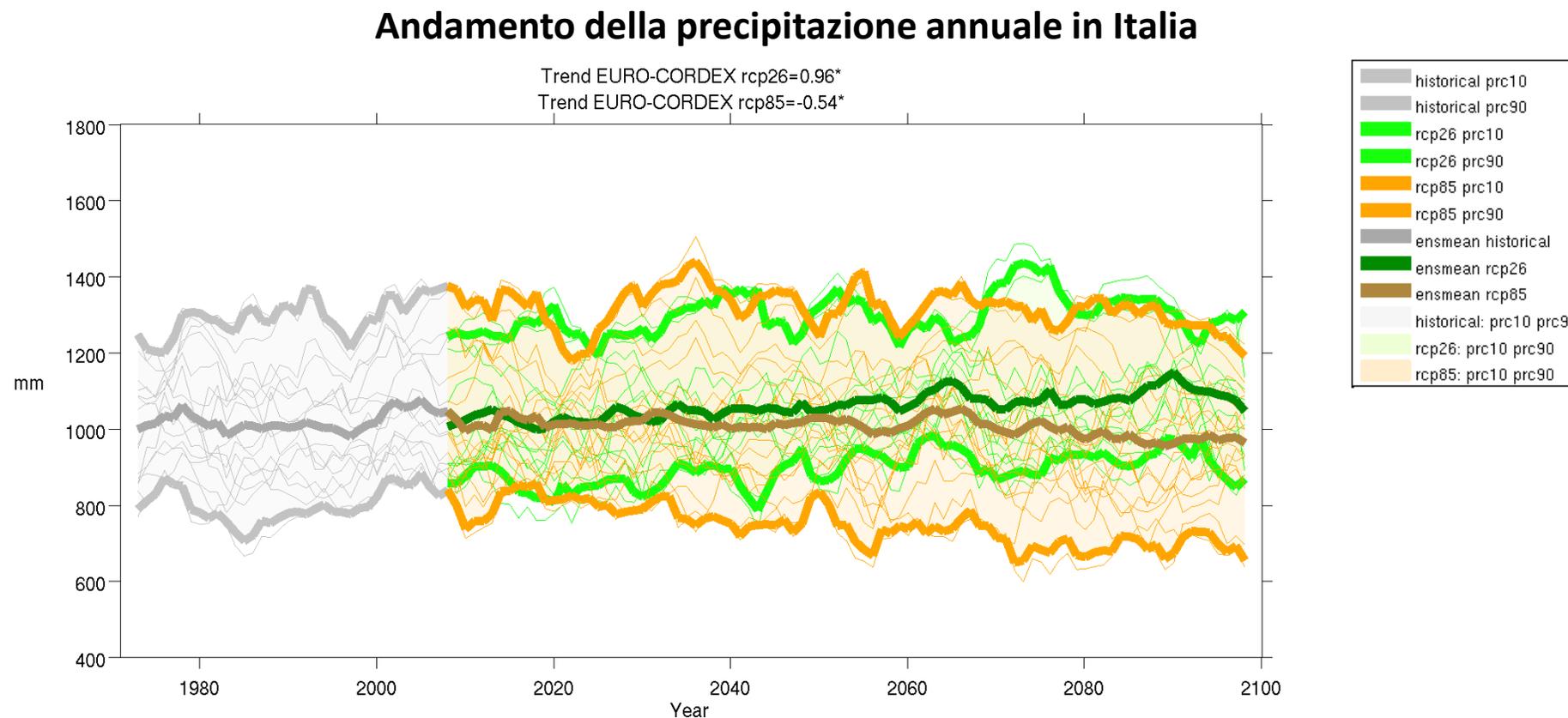
# Dati di proiezioni sull'Italia: numero di giorni con temperatura massima superiore a 35°C



**Variazione  
del numero  
di giorni con  
temperatura  
massima  
superiore a  
35°C: 2036-  
2065 vs 1981-  
2010**



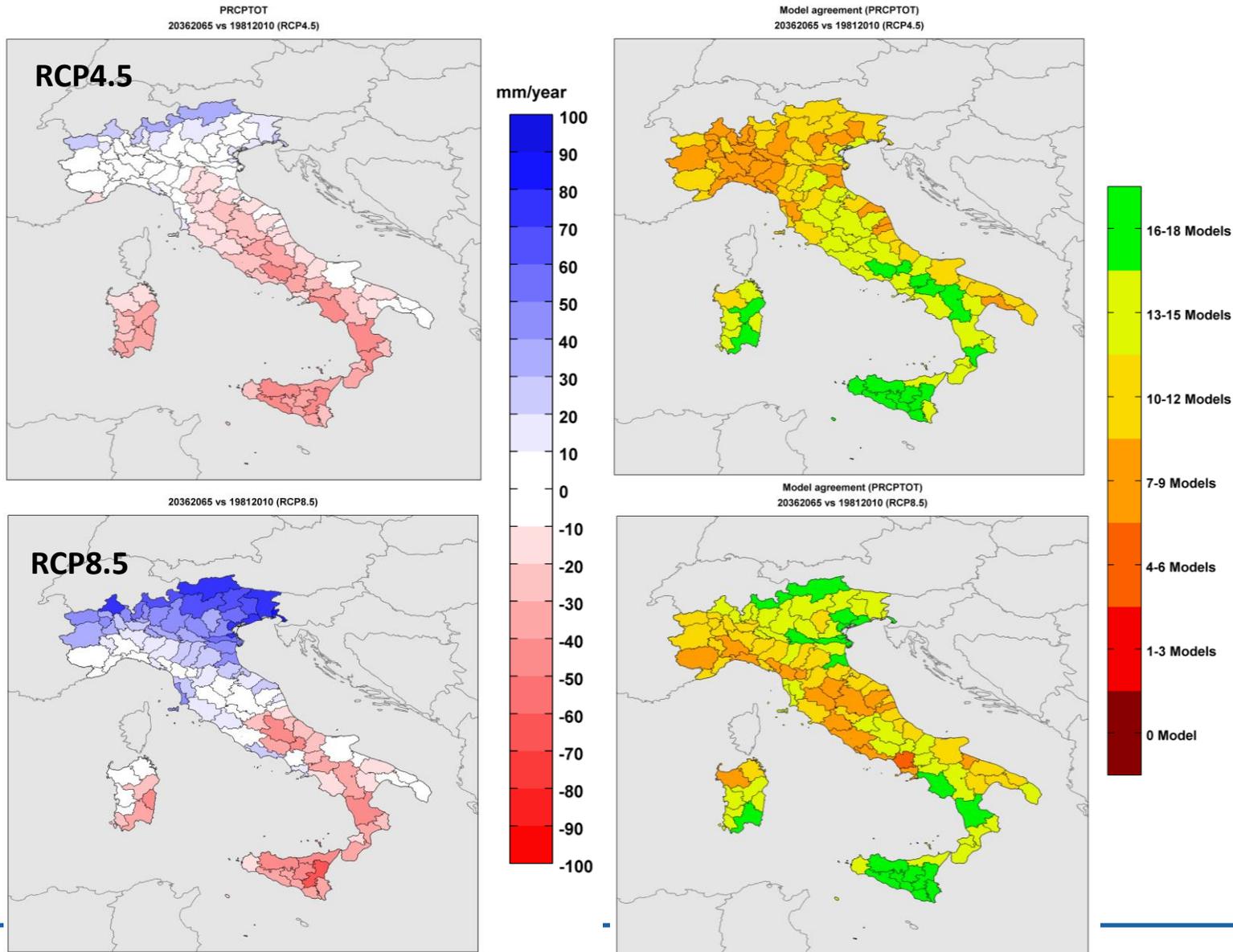
# Dati di proiezioni sull'Italia: precipitazione annuale



Questo grafico ben spiega la complessità del clima italiano caratterizzato da microclimi molto diversi: a causa della complessa topografia e delle influenze del clima arido del Nord Africa e di quello temperato e piovoso dell'Europa centrale.



# Dati di proiezioni sull'Italia : precipitazione annuale



## Variazione della precipitazione annuale: 2036-2065 vs 1981-2010

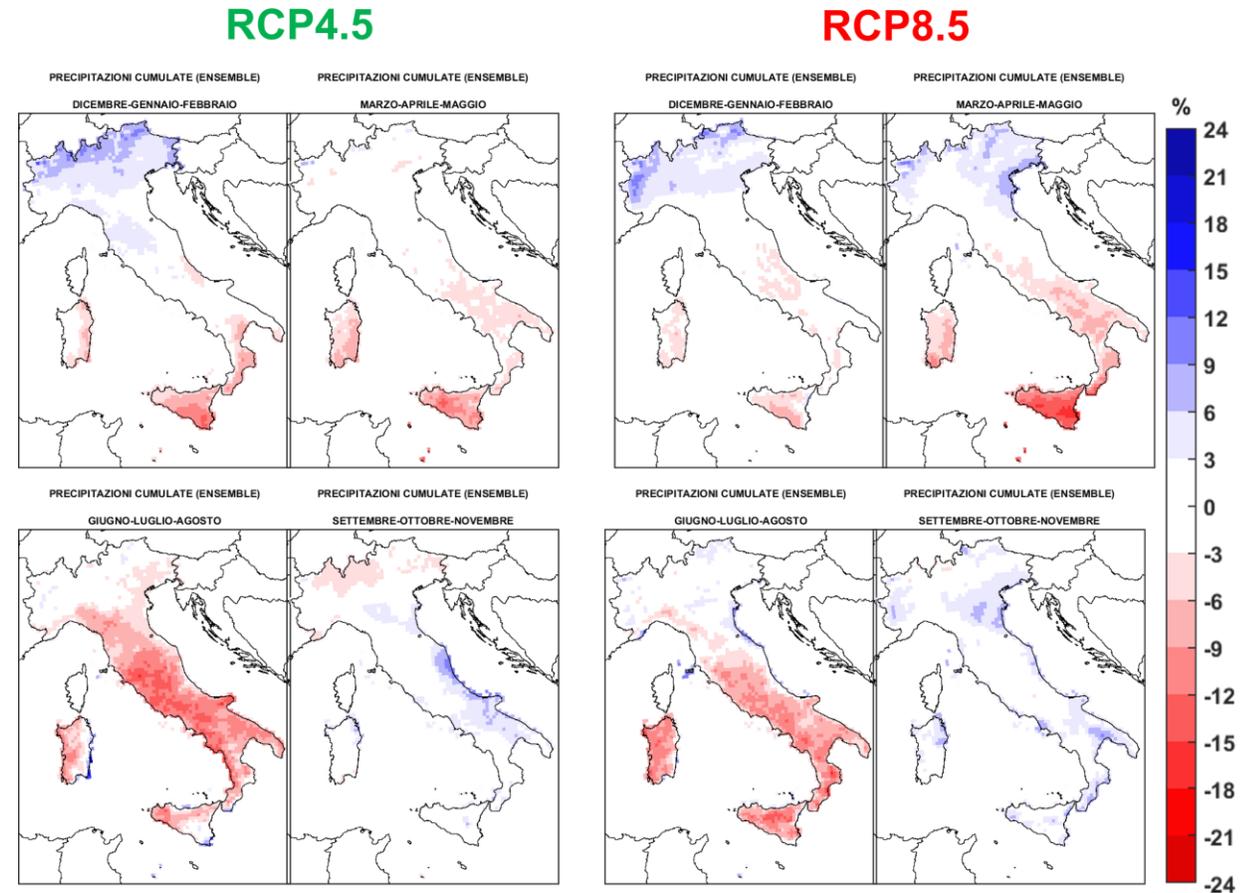
La diversità delle variazioni climatiche attese ci fa comprendere come l'Italia necessiti di politiche e strategie di adattamento differenziate a seconda dell'area ma anche di modelli e strumenti (quali le reti osservative) che aiutano a caratterizzare al meglio i microclimi.



# Dati di proiezioni sull'Italia : precipitazione stagionale

## Variation della precipitazione stagionale: 2021-2050 vs 1981-2010

- Entrambi gli scenari vedono una diminuzione delle piogge estive per il centro e sud Italia.
- Lo scenario RCP4.5 riporta le maggiori variazioni in inverno, con un aumento delle precipitazioni sulle Alpi e una riduzione su Sicilia e parte della Puglia e della Sardegna.
- Lo scenario RCP8.5 indica un aumento precipitazioni primaverili e autunnali nel Nord Italia.
- Il segnale di aumento della pioggia durante il periodo autunnale sul sud dell'Italia è dovuto a valori già bassi sul periodo di riferimento.

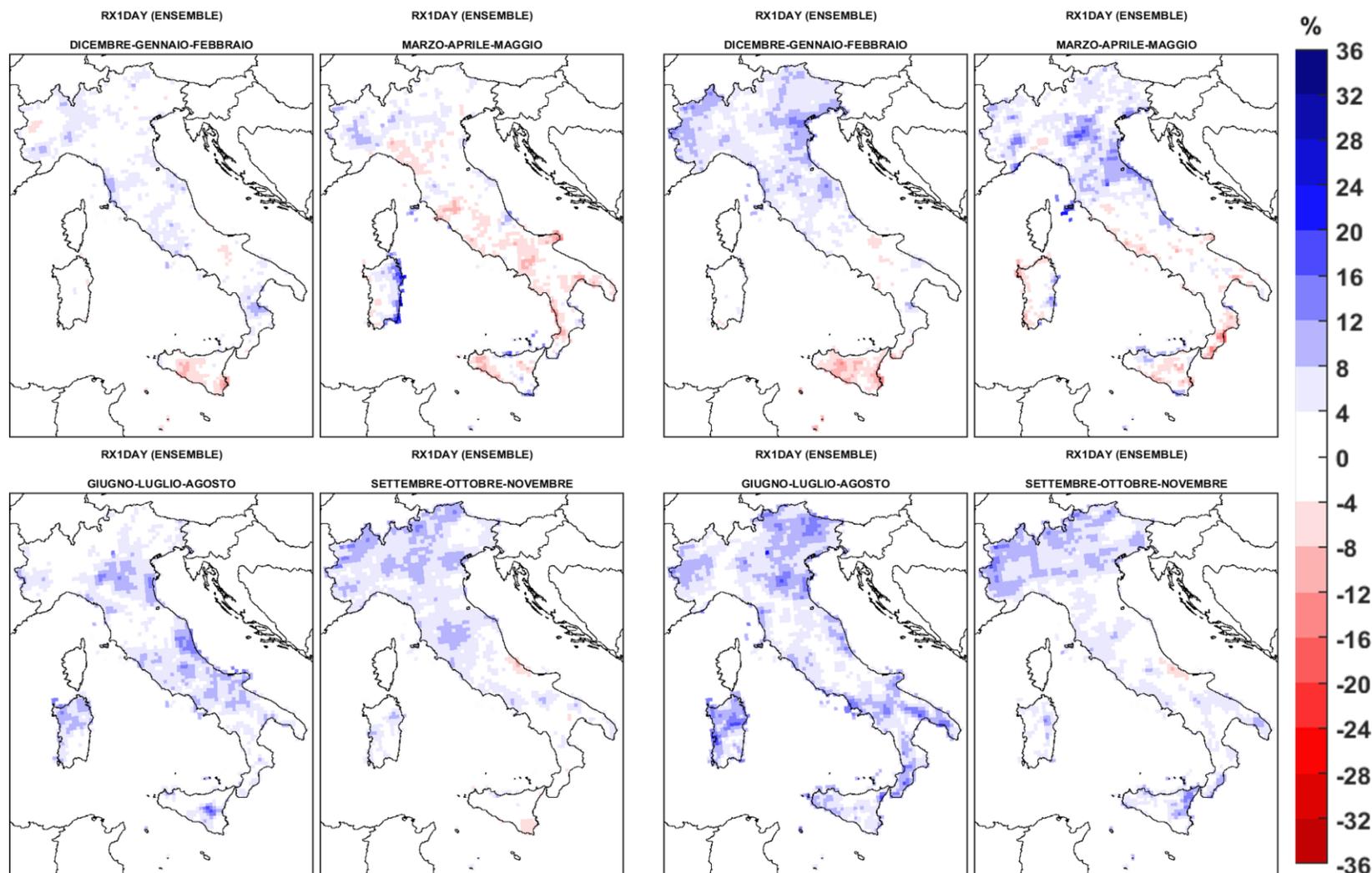


# Dati di proiezioni sull'Italia: Quantità massima di precipitazione giornaliera

Entrambi gli scenari mostrano generalmente una tendenza all'aumento delle precipitazioni massime giornaliere specie per lo scenario RCP8.5.

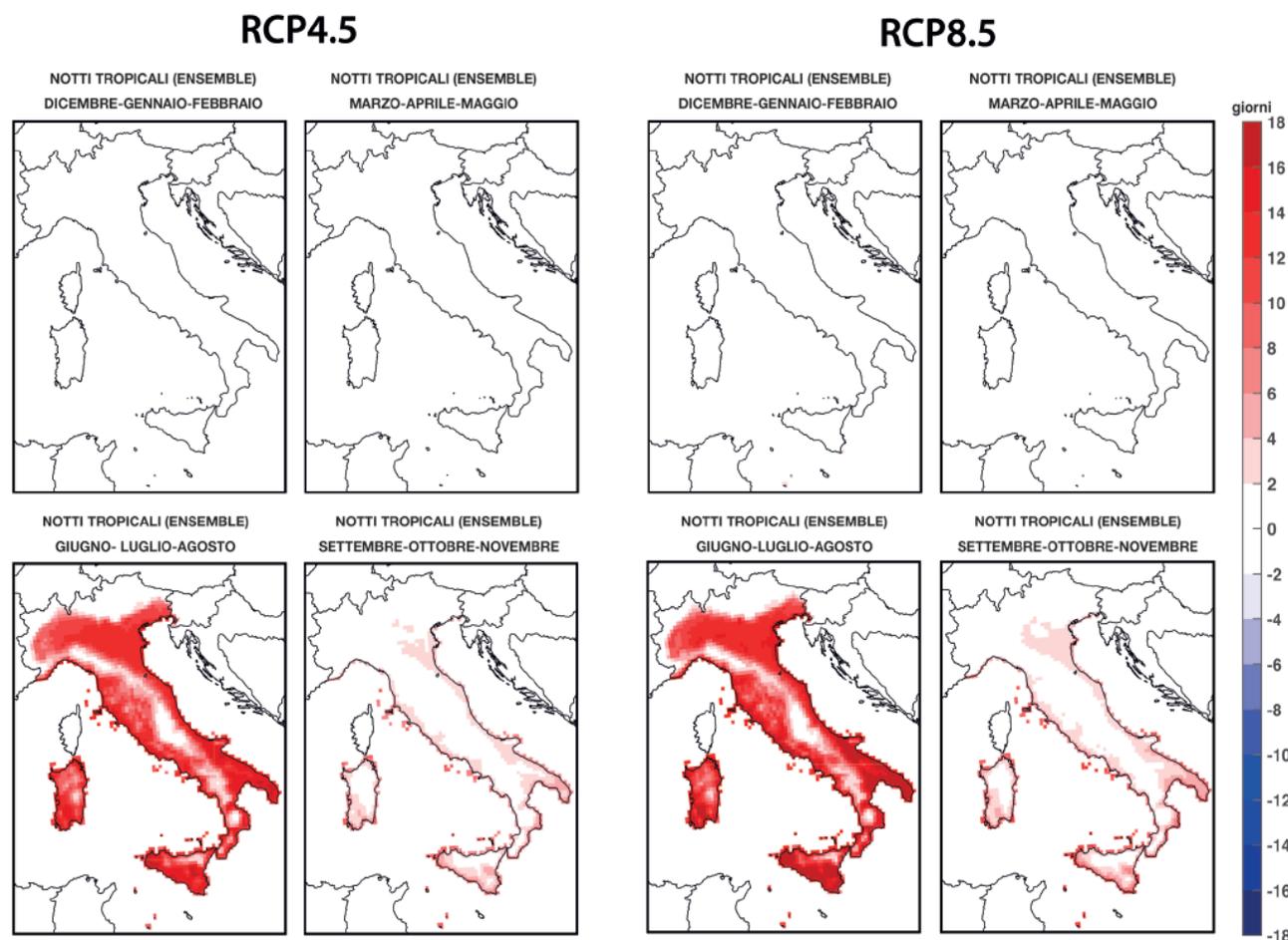
Si tratta di un indicatore molto significativo nell'analisi del rischio connesso ai cambiamenti climatici perché un aumento delle piogge intense e, in generale, del regime delle piogge, può determinare degli importanti effetti al suolo come, ad esempio, un aggravamento del rischio idrologico e idraulico.

**Variazione della precipitazione su base stagionale nel periodo: 2021-2050 vs 1981-2010**



# Dati di proiezioni sull'Italia: le notti tropicali

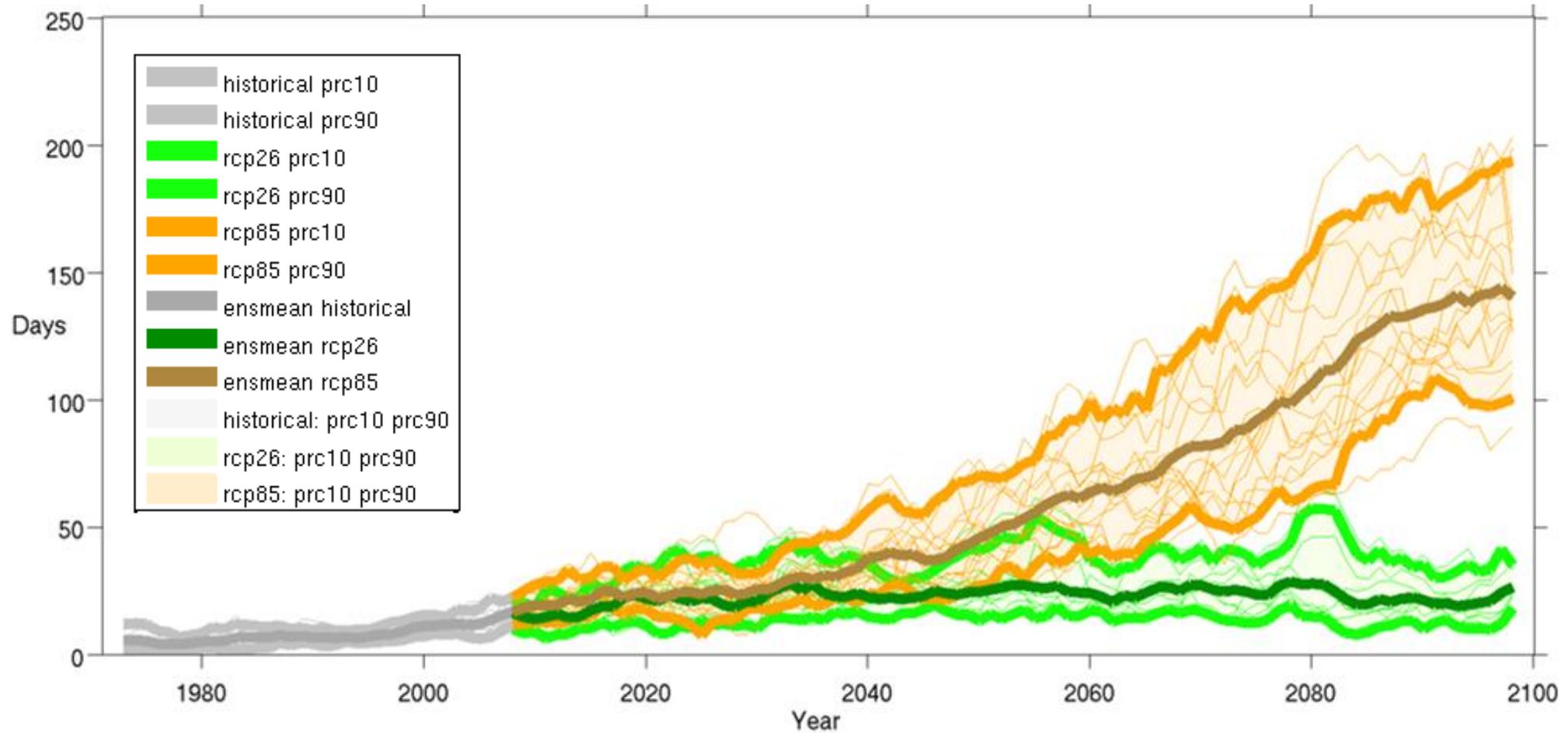
Questo indicatore (numero di giorni con temperatura minima maggiore di 20°C) oltre ad essere correlato al benessere fisico esso ha anche un potenziale impatto sul settore energetico: infatti, temperature più elevate potrebbero determinare un maggior utilizzo dell'area condizionata influenzando così la domanda e i consumi di energia elettrica.



**Variazione delle notti tropicali su base stagionale nel periodo: 2021-2050 vs 1981-2010**



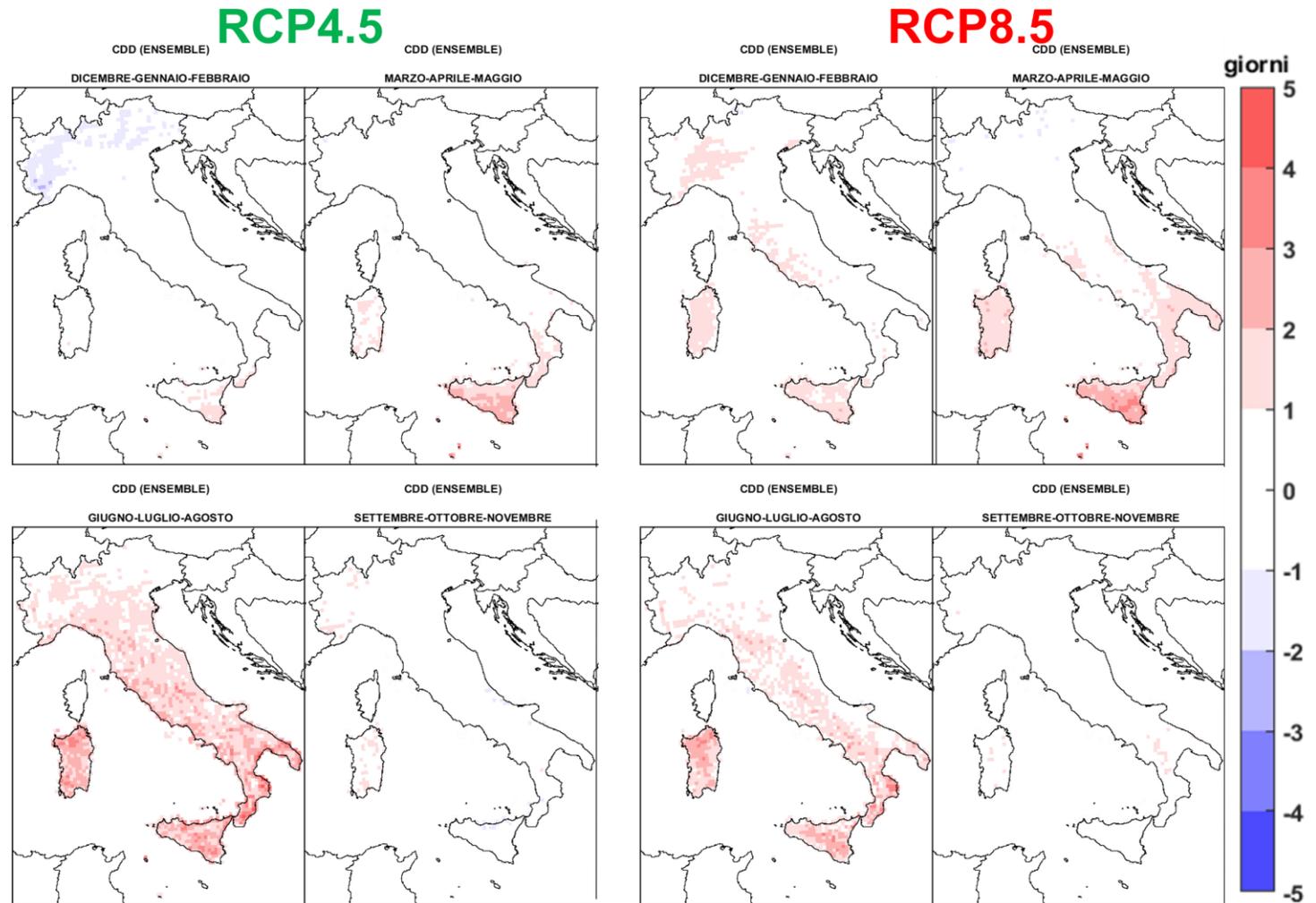
# Dati di proiezioni sull'Italia: Ondate di calore in Italia (Warm Spell Duration Index)



# Dati di proiezioni sull'Italia: numero di giorni consecutivi senza pioggia

Il prolungarsi di giorni senza pioggia è significativo per analizzare gli impatti dei cambiamenti climatici su alcuni settori produttivi, primo fra tutti l'agricoltura. Dall'altra parte, si tratta di un indicatore che aiuta a capire la tendenza di eventi pericolosi come gli incendi.

**Variazione di giorni consecutivi senza pioggia su base stagionale nel periodo: 2021-2050 vs 1981-2010**



# Scenari climatici sull'Italia



<https://www.cmcc.it/it/analisi-del-rischio-i-cambiamenti-climatici-in-italia>

**Temperatura in aumento.** I diversi modelli climatici sono concordi nel valutare un aumento della temperatura fino a 2°C nel periodo 2021-2050 (rispetto a 1981-2010). Variazioni maggiori in zona alpina e stagione estiva sono attese nello scenario con cambiamenti climatici più intensi, per il quale l'innalzamento della temperatura può raggiungere i 5°C a fine secolo.

**Meno piogge ma più intense.** Tra i principali risultati evidenziati dalle analisi degli scenari climatici vi è una diminuzione delle precipitazioni nel periodo estivo (più lieve in primavera) per il Sud e per il Centro Italia, aumentano le precipitazioni nel periodo invernale nel Nord Italia. Associato a questi segnali vi è un aumento sul territorio della massima precipitazione giornaliera per la stagione estiva ed autunnale, più marcata per lo scenario ad elevate emissioni di gas serra.

**Più giorni caldi e secchi.** Sia per lo scenario ad emissioni contenute che per quello ad emissioni elevate emerge un consistente aumento di giorni con temperatura minima superiore a 20°C in estate e, nella stessa stagione, un aumento della durata dei periodi senza pioggia.

**Come cambia il mare.** I cambiamenti climatici stanno interessando in modo crescente l'ambiente marino (costiero e mare aperto) determinando un aumento delle temperature superficiali e del livello del mare, dell'acidificazione delle acque marine e dell'erosione costiera. Tali cambiamenti necessitano di una particolare attenzione data l'importanza strategica, ambientale, economica e sociale delle nostre coste.

**Un mare di beni e servizi.** Le conseguenze indotte dai cambiamenti climatici potranno avere un impatto su "beni e servizi ecosistemici" costieri che sostengono sistemi socioeconomici attraverso la fornitura di cibo e servizi di regolazione del clima (quali assorbimento/rilascio e redistribuzione del calore e dei gas atmosferici, sequestro e rilascio di CO<sub>2</sub> in atmosfera).

**Il valore aggiunto della ricerca avanzata.** I modelli climatici ad alta risoluzione risultano particolarmente importanti per comprendere l'evoluzione attesa (in termini di variazione in frequenza ed intensità) per alcuni impatti, quali ad esempio alluvioni, frane meteo-indotte, siccità e ondate di calore, ma anche per fornire indicazioni utili a studi e pianificazione di adattamento a diverse scale, da quella nazionale a quella locale.

# I modelli regionali a scala urbana

Molto spesso i fenomeni caratterizzati da elevata risoluzione nello spazio e nel tempo sono quelli che determinano i maggiori impatti al suolo.

I modelli regionali sono utilizzati per fornire dati per analisi di impatto, ovvero per studiare come si modificheranno le caratteristiche degli impatti per effetto dei cambiamenti climatici.

I modelli climatici a scala urbana rappresentano i modelli di prossima generazione; essi sono in grado di studiare anche i fenomeni atmosferici su scala urbana (es. isola di calore)

*Modello regionale*

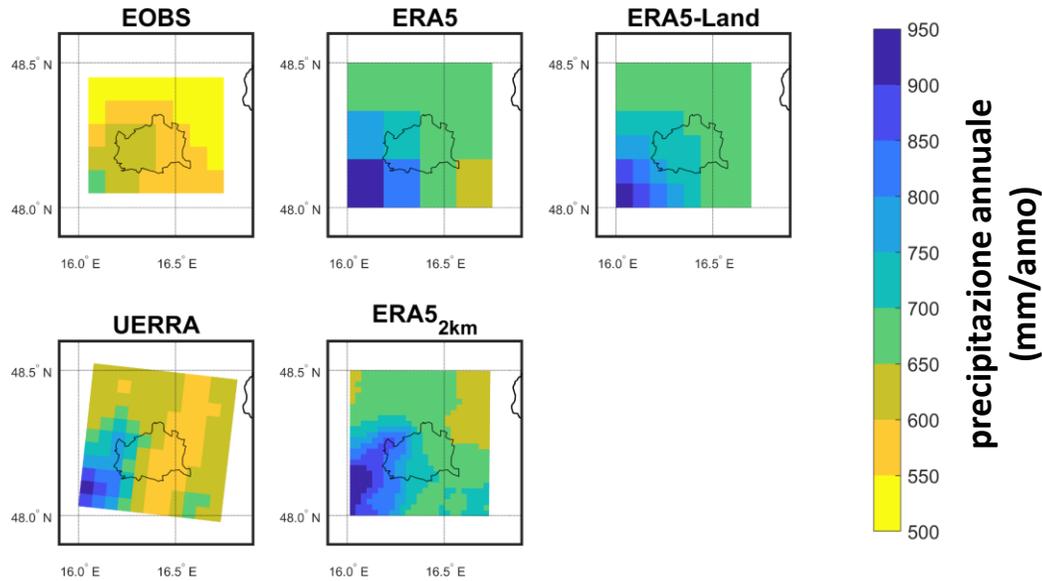


*Modello climatico a scala urbana*



# Potenzialità di un modello urbano a 2 km di risoluzione

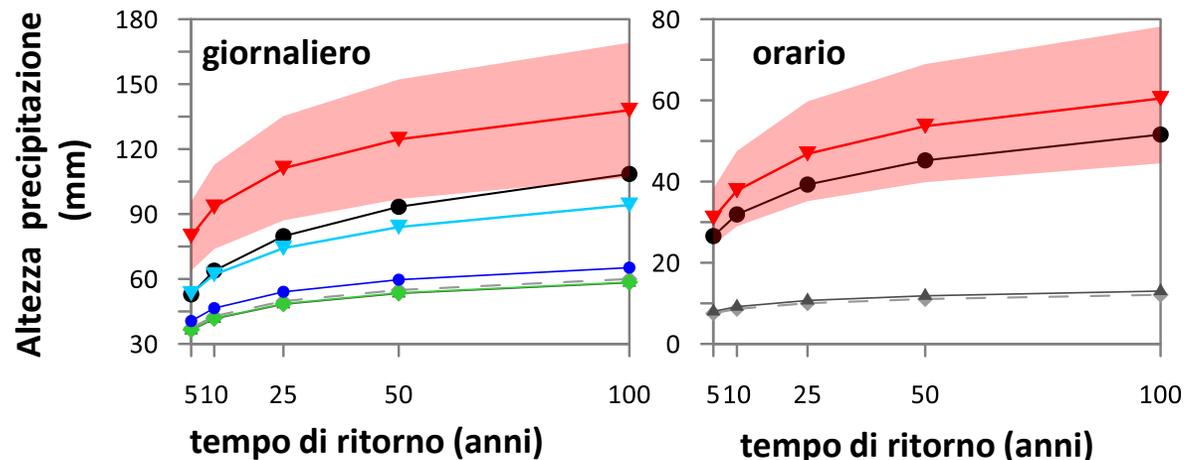
Ricostruzione  
clima passato



**Vienna:** andamento spaziale della pioggia media cumulata su scala annuale sul periodo (1989-2018)

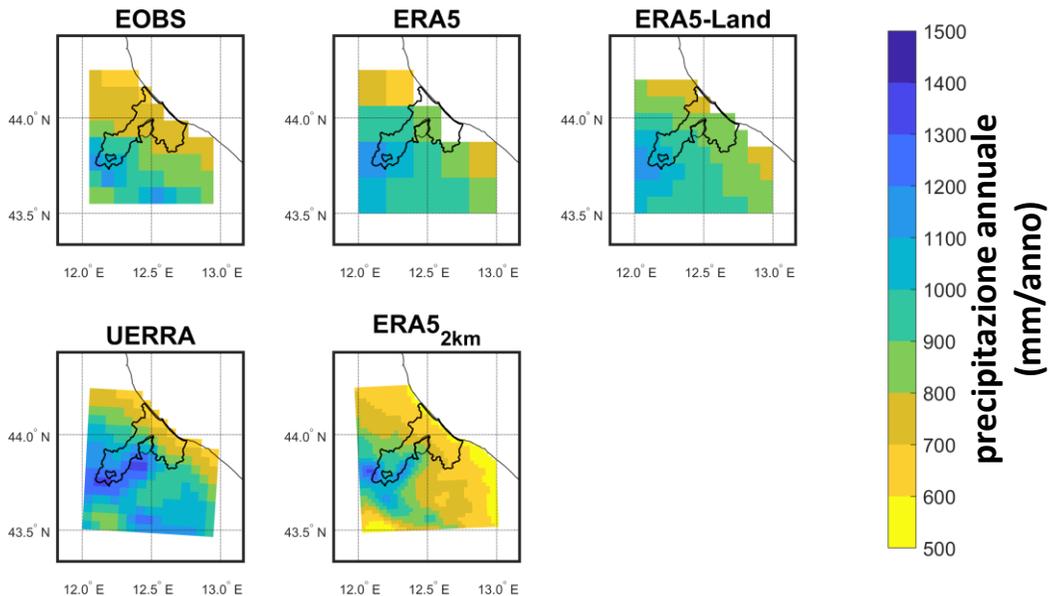
**Vienna:** calcolo delle curve di intensità-durata-frequenza per la valutazione degli impatti su scala urbana delle piogge intense

ERA5   E-OBS   UERRA   ERA5@2km   ECA&D   Curva di progetto



# Potenzialità di modello urbano a 2 km

Ricostruzione  
clima passato

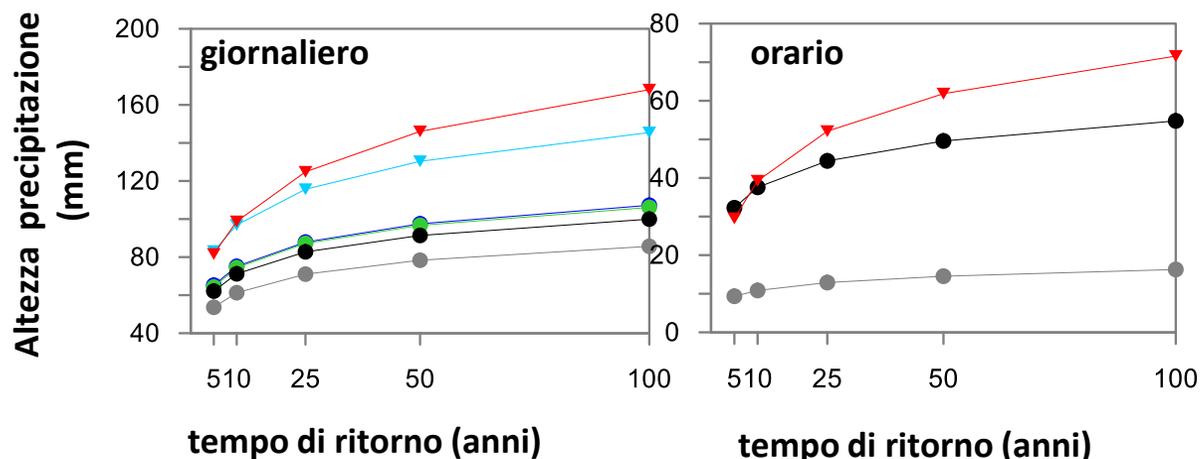


**Rimini:** andamento spaziale della pioggia media cumulata su scala annuale sul periodo (1989-2018)

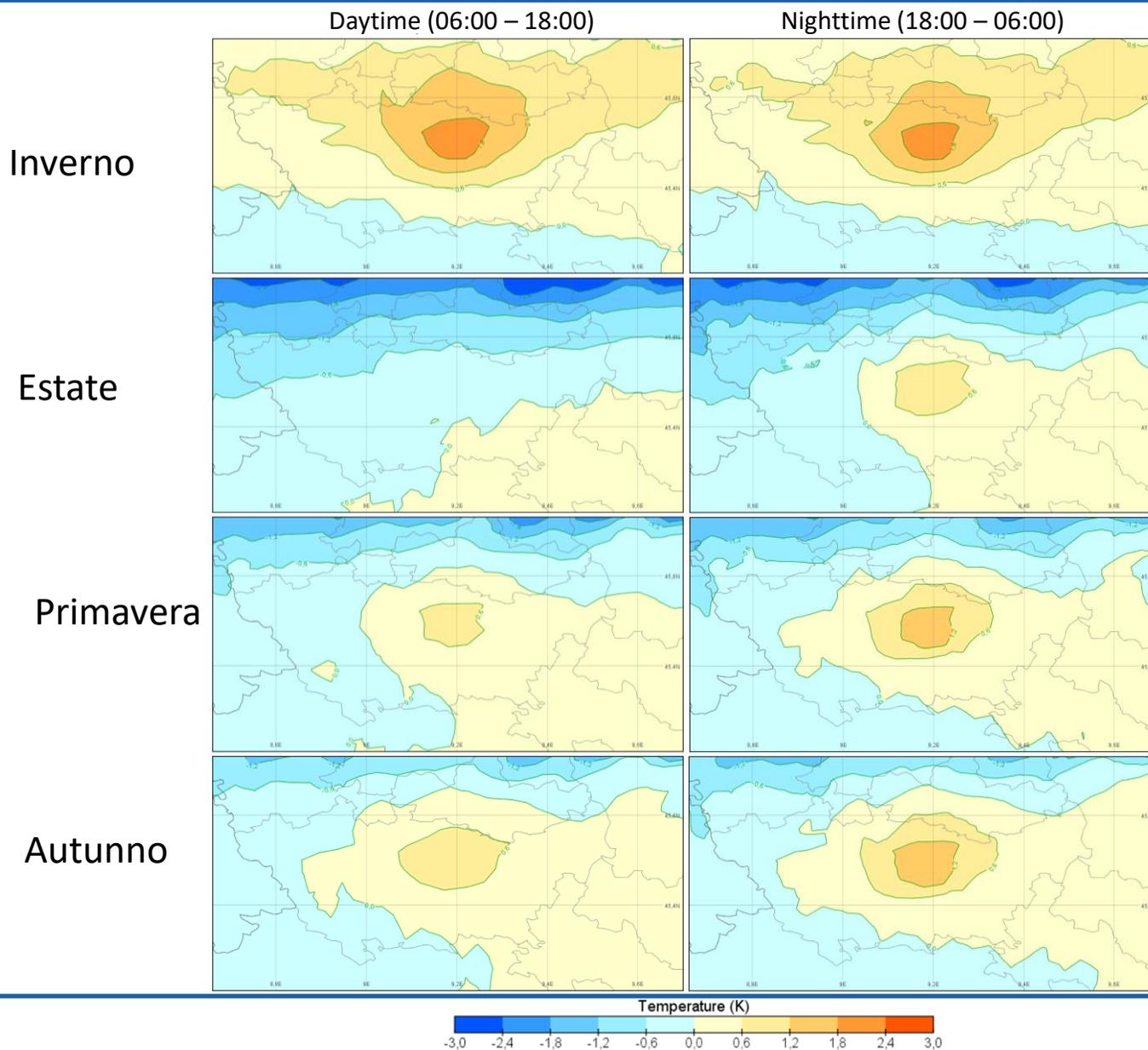
Tali analisi sono fattibili su tutti i contesti urbani a scala globale

ERA5 E-OBS UERRA ERA5@2km ECA&D Curva di progetto ADBPo

**Rimini:** calcolo delle curve di intensità-durata-frequenza per la valutazione degli impatti su scala urbana delle piogge intense



# L'isola di calore urbano (Milano)



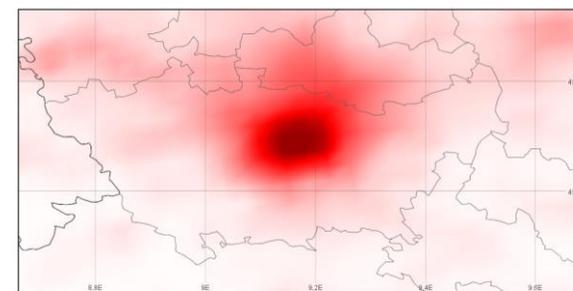
## Intensità dell'isola di calore urbano

$$UHI = \Delta T_{U-R} = T_U - T_R$$

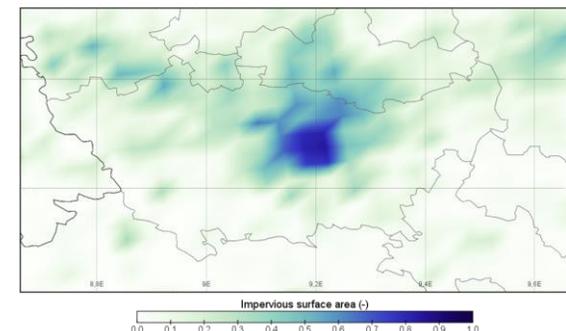
T. R. Oke, G. Mills, A. Christen, J. A. Voogt (2017). *Urban Climates*. Cambridge Press University. ISBN: 9781107429536

Le simulazioni consentono di valutare l'andamento dell'UHI sulla base del flusso di calore antropico e dei dataset della superficie impermeabile. Vengono mappate le isoterme dell'intensità UHI.

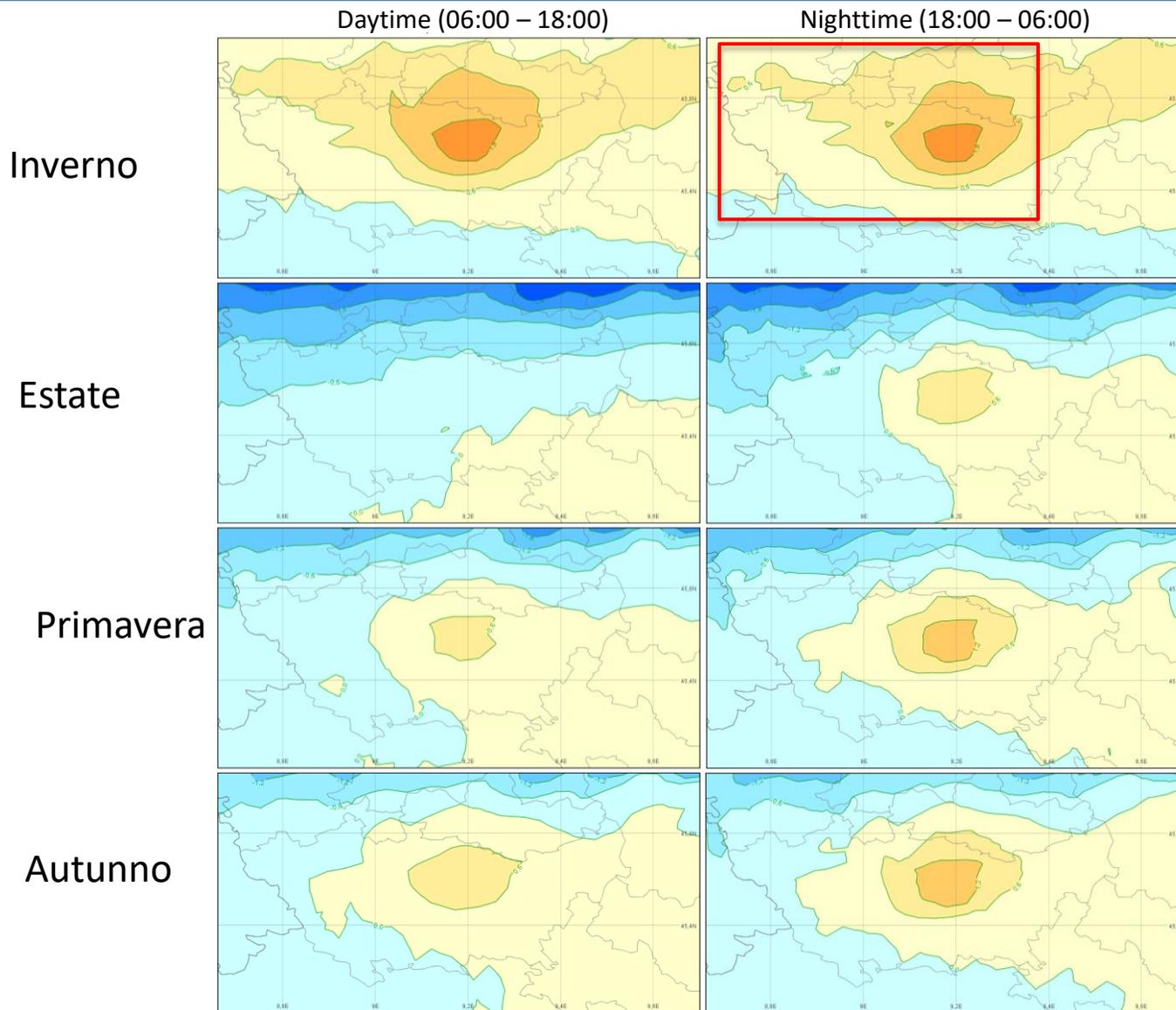
## Annual mean anthropogenic heat flux (AHF)



## Impervious surface area (ISA)

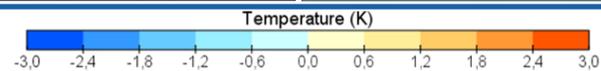
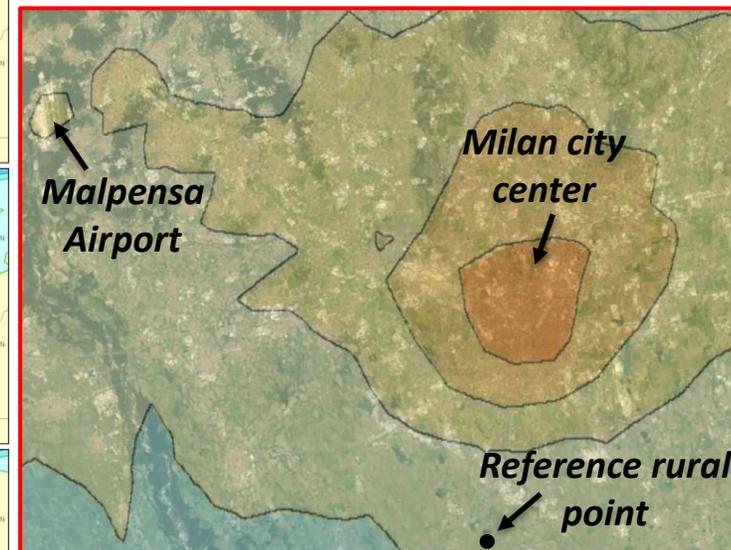


# L'isola di calore urbano (Milano)



*Intensità dell'isola di calore urbano*

$$UHI = \Delta T_{U-R} = T_U - T_R$$



# Scenari climatici sulle città

Analisi del Rischio. I cambiamenti climatici in sei città italiane.

BOLOGNA / MILANO / NAPOLI / ROMA / TORINO / VENEZIA



## Roma e il Clima: passato e futuro

Analisi del clima della città con simulazioni ad altissima risoluzione (2km) per il periodo 1989-2020 e proiezioni climatiche per metà e fine del secolo.

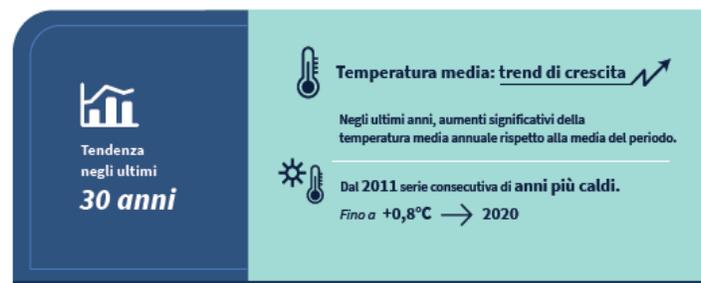
Per un quadro più dettagliato di metodologie, contenuti, riferimenti bibliografici e indicazioni sull'incertezza associata ai risultati dei modelli:  
<https://www.cmcc.it/analisi-del-rischio-2021>



<https://www.cmcc.it/it/articolo/il-clima-delle-citta-come-cambia-come-si-affrontano-i-rischi>

### Il clima: com'è e come sta cambiando

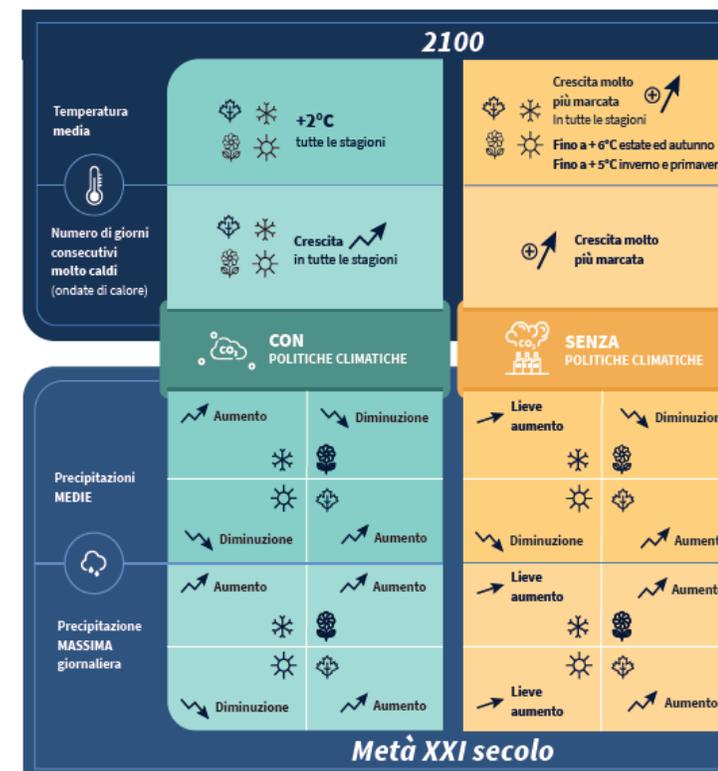
Evoluzione del clima: 1989-2020



LE CARATTERISTICHE SPECIFICHE DEL CLIMA		
INDICATORI	TENDENZA	SETTORI MAGGIORMENTE COLPITI
Notti calde (Temp. mai sotto i 20°C)	Crescita significativa	Salute Energia
Precipitazioni massime giornaliere	Crescita	Rischio idrogeologico

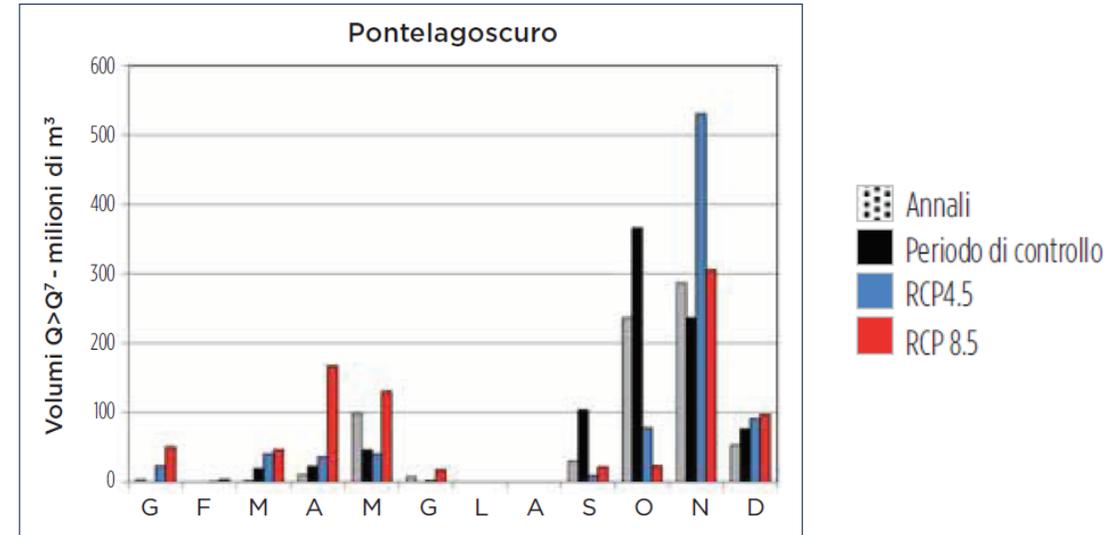
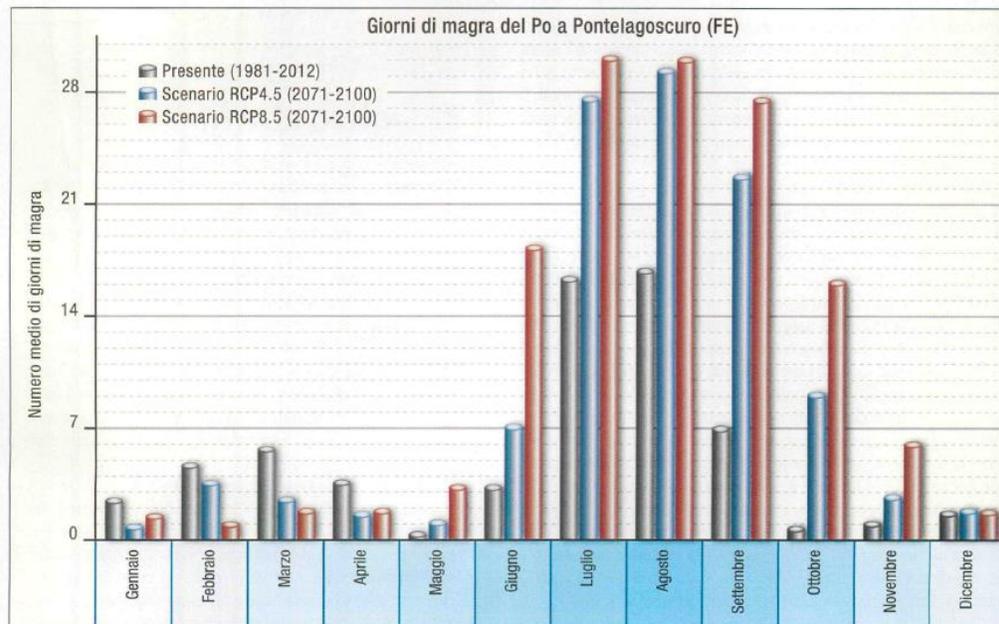
### Scenari Futuri su base stagionale

Autunno Inverno Primavera Estate



# I servizi climatici per il settore idrico (1/2)

## Valutazione della futura disponibilità idrica del fiume Po



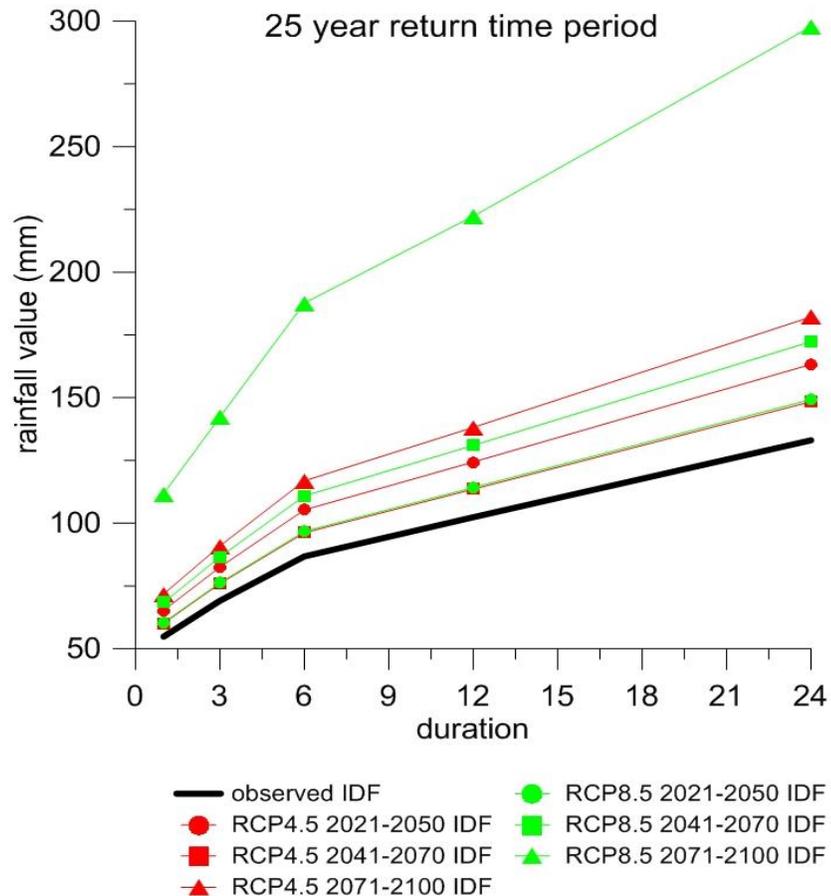
- Rcp4.5: aumento delle portate medie da novembre a gennaio.
- Rcp8.5: aumento delle portate medie da novembre a gennaio.
- Entrambe gli scenari vedono un forte aumento dei giorni di magra da giugno a ottobre



# I servizi climatici per il settore idrico (2/2)

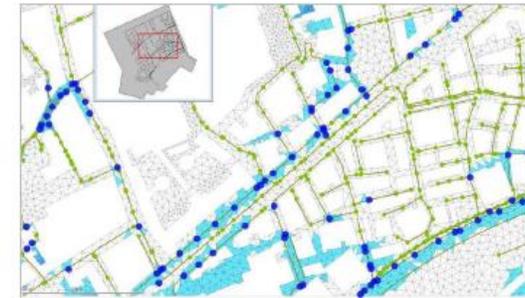
## Stima della variazione dei massimi di precipitazione alla scala urbana per effetto dei Cambiamenti Climatici

Le curve di probabilità pluviometrica (CPP) esprimono la relazione fra le altezze di precipitazione e la loro durata  $t$ , per un assegnato valore del periodo di ritorno  $T$ .  
**Tali curve rappresentano lo strumento con cui si dimensionano le reti di drenaggio urbano.**



**Le proiezioni future di tali curve possono essere utilizzate per migliorare la fase di progettazione di opere idrauliche e pianificazione delle aree urbane.**

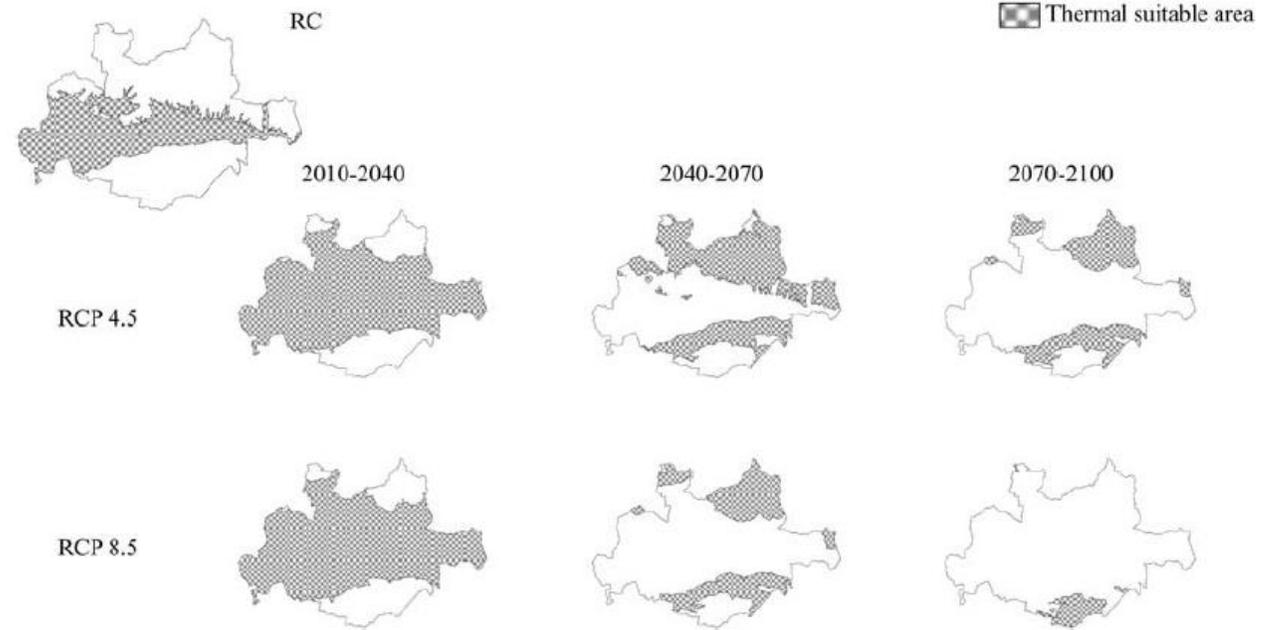
Analisi condotta su una stazione urbana Napoli sul periodo 1971-2000



RCP8.5 2071-2100 IDF 5-year return period



# Analisi climatiche a supporto dell'agricoltura



Valutare l'effetto dei cambiamenti climatici sui vigneti campani utilizzati per la produzione dei Aglianico di qualità superiore per permettere di:

- Valutare la capacità del terreno di adattarsi o meno alle condizioni climatiche future
- Valutare l'evoluzione attesa della qualità del vino prodotto da questi terreni;

Definire adeguate strategie di adattamento

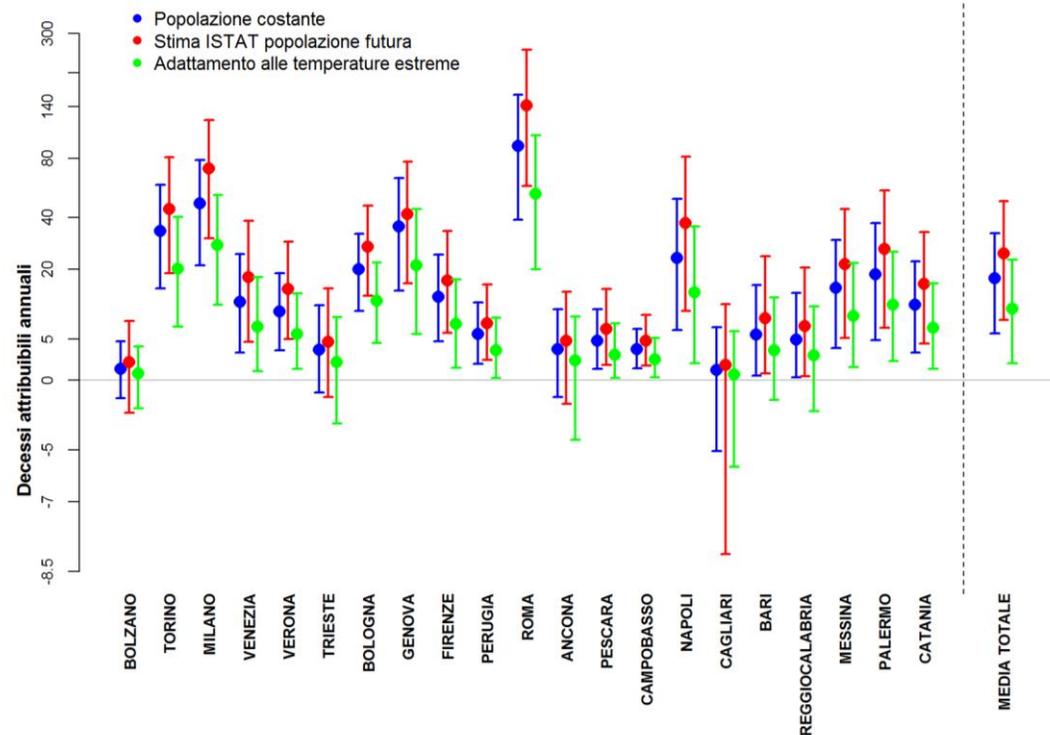


# ONDATE DI CALORE ED EFFETTI SULLA SALUTE. IMPATTI FUTURI SECONDO GLI SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO IN ITALIA.

Francesca de' Donato<sup>1</sup>, Matteo Scortichini<sup>1</sup>, V. Villani<sup>2</sup>, P. Mercogliano<sup>2</sup>, Manuela De Sario<sup>1</sup>, M. Davoli<sup>1</sup>, Paola Michelozzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Epidemiologia ASL Roma 1 – SSR Regione Lazio.

<sup>2</sup> Fondazione CMCC – Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Regional Models and geo-Hydrological Impacts Division (REMHI)

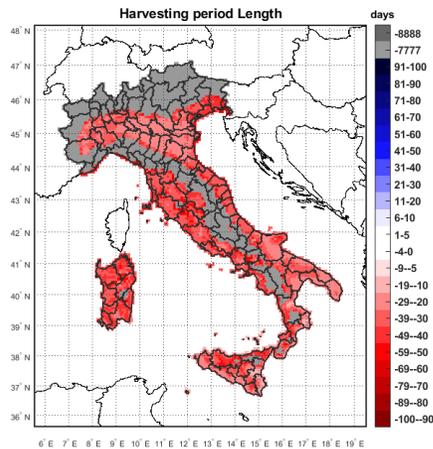


**Decessi medi annui in estate attribuibili alle ondate di calore per il periodo 2021-2050** secondo lo scenario RCP4.5 ipotizzando nessuna variazione nella popolazione anziana (blu), l'invecchiamento della popolazione (rosso) e l'adattamento alle ondate di calore (verde).

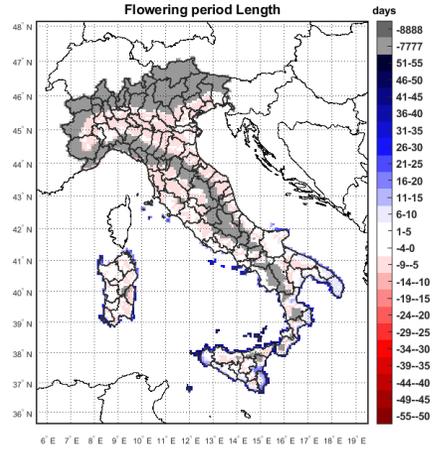


# I servizi climatici per l'agricoltura

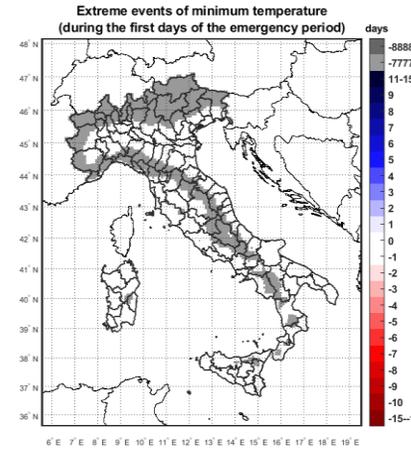
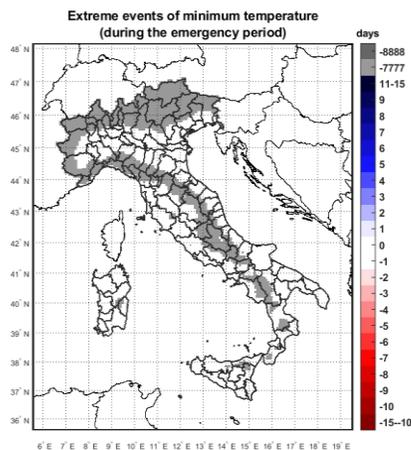
### Variazione del periodo di raccolta



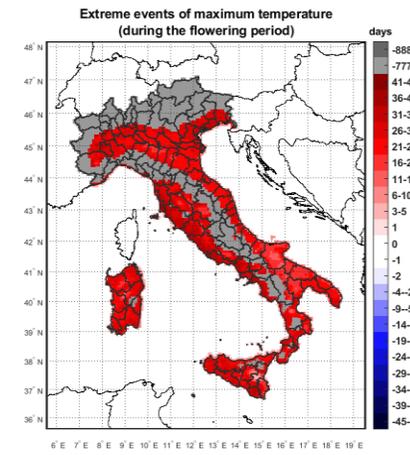
### Variazione del periodo di fioritura



### Variazione degli eventi estremi provocati dalla temperatura minima



### Variazione degli eventi estremi provocati dalla temperatura massima



15 indicatori per una ventina di colture

Mais

Mappe di anomalia



# I servizi climatici per il settore assicurativo

Nell'ultimo anno abbiamo avviato 3 contratti con primarie società assicurative che hanno richiesto prodotti climatici **per adeguare il pricing delle polizze in alcuni settori (infrastrutture, agricoltura)** e per la copertura a garanzia delle polizze (soprattutto per quanto riguarda gli eventi meteorologici ad elevato impatto) utilizzando:

- **Dati storici**
- **Reanalisi**
- **Previsioni meteorologiche**
- **Previsioni Stagionali**



per stimare impatti sugli asset assicurativi (infrastrutture, agricoltura, etc.) derivati da fenomeni indotti da eventi meteorologici quali ad esempio alluvioni, grandine, vento, etc.



grazie

