



## Co-benefici di salute ed equità a supporto dei piani di risposta ai cambiamenti climatici in Italia

**Kick-off meeting** Roma, 14-15 marzo 2023

I cambiamenti climatici in Italia e gli  
scenari futuri

*Paola Mercogliano – Fondazione CMCC*

- Scenari di proiezione climatica a supporto della conoscenza delle caratteristiche del cambiamento a scala locale
- L'evoluzione dei modelli climatici
- Valutazione dell'impatto del cambiamento climatico a scala locale
- Definizione di misure di adattamento
- Valutazione del rischio climatico (incluso valutazioni di vulnerabilità e di esposizione)
- Supporto alla definizione di misure e strategie di adattamento sulla base del contest locale

# Gli impatti del cambiamento climatico sull' Italia

## Obiettivo dell'analisi

Descrivere l'evoluzione spazio temporale delle specifiche caratteristiche del clima (**pericolo climatico**) che risultano rilevanti per **la valutazione degli impatti** che possono determinare danni e rischi sulle infrastrutture.

La conoscenza dell' evoluzione (diminuzione, aumento o stazionarietà) di questi pericoli (es. ondate di calore, siccità, precipitazioni intense), in termini di caratteristiche rilevanti quali intensità, frequenza e persistenza, **è fondamentale per la valutazione dei relativi impatti e successive valutazioni in termini di danni e rischi sulle infrastrutture di interesse.**

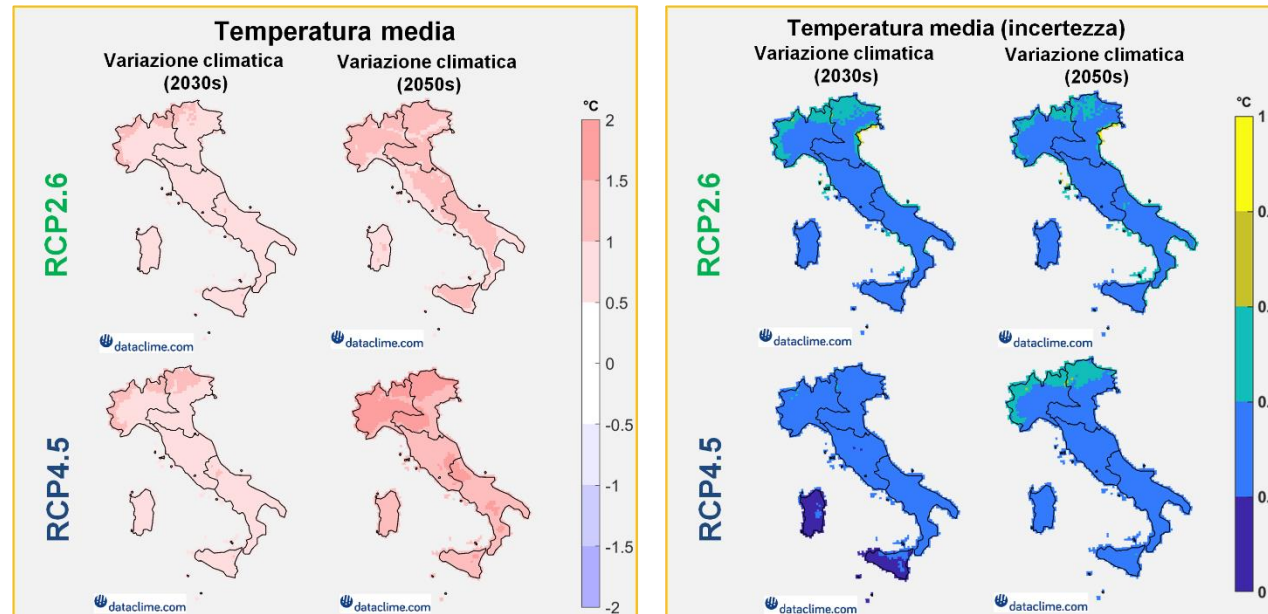
[https://www.mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/notizia/2022-02/Rapporto\\_Carraro\\_Mims.pdf](https://www.mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/notizia/2022-02/Rapporto_Carraro_Mims.pdf)



**Cambiamenti climatici,  
infrastrutture e mobilità**



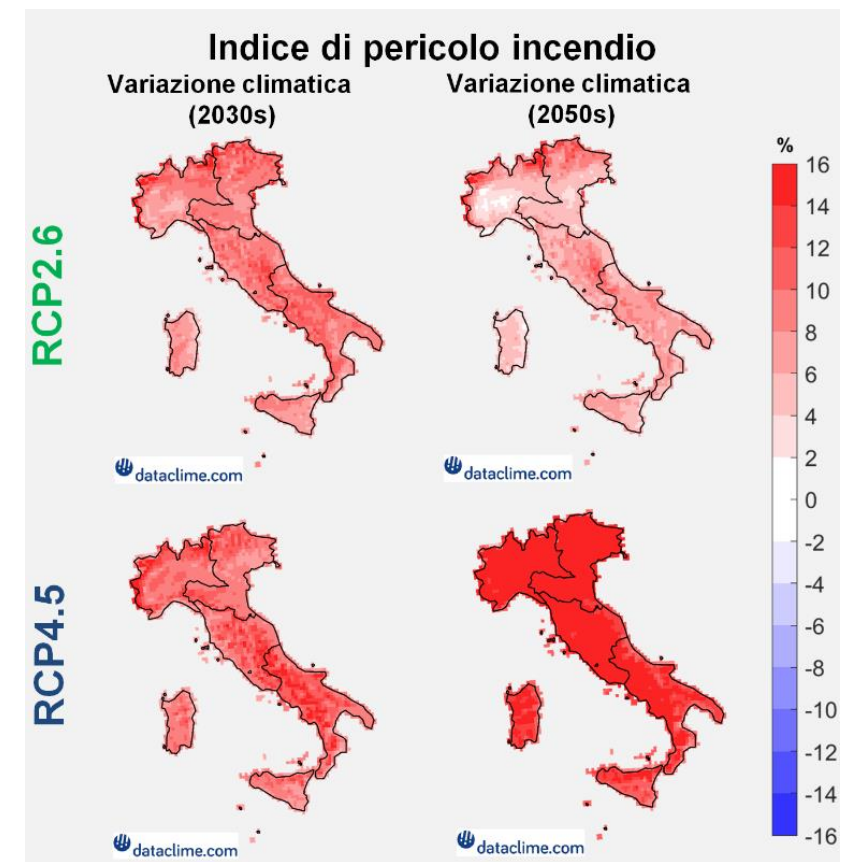
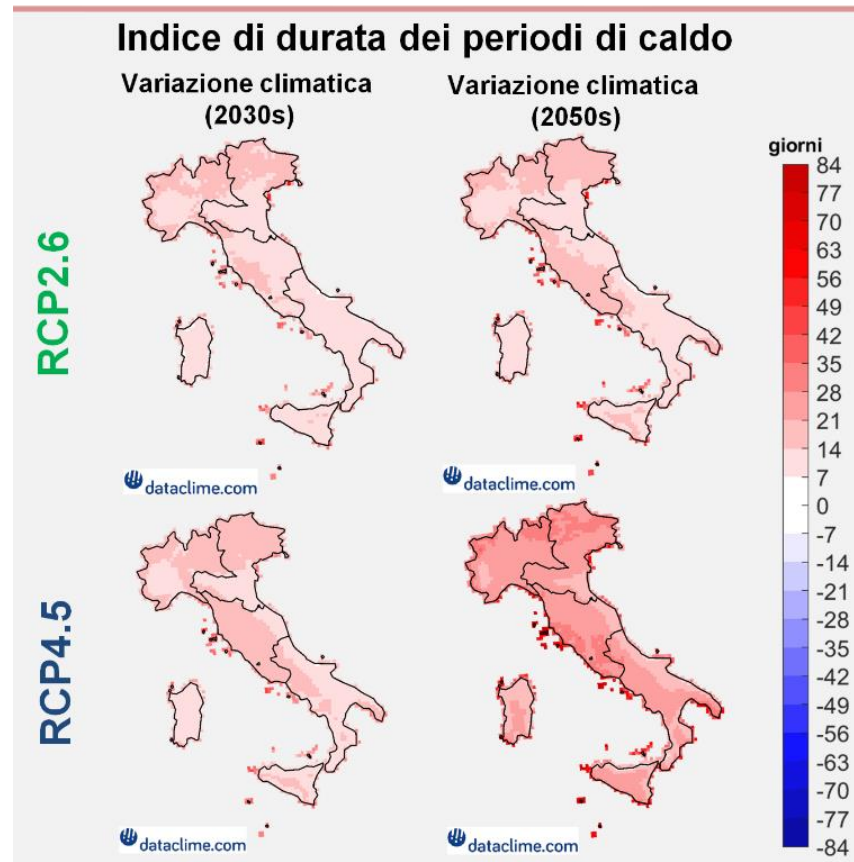
# Valutazione del pericolo climatico atteso per le infrastrutture



- Analisi prodotte su 2 periodi: una finestra temporale centrata intorno al **2030** e una sul **2050**
- Valutata la variazione attesa (**valore medio ed incertezza associata**) dei pericoli climatici tramite 2 scenari climatici:
  - **RCP2.6:** scenario obiettivo, che permetterebbe di contenere l'incremento di temperatura entro la soglia di 1.5°C
  - **RCP4.5:** È lo scenario che rappresenta l'evoluzione tendenziale sulla base delle politiche adottate negli ultimi anni in molti paesi. L'incremento di temperatura atteso con tale scenario a fine secolo è di circa 3°C.
- Diversi modelli climatici utilizzati (programma EURO-CORDEX) **alla massima risoluzione disponibile di circa 12 km**

# Risultati (1)

L'analisi degli impatti fisici evidenzia come siano da attendersi rilevanti impatti del cambiamento climatico sull'Italia già nel prossimo decennio, specie quelli associati all'aumento di temperatura (ondate di calore, incendi e siccità).  
**Le regioni sud-occidentali riportano incrementi maggiori per quanto attiene le ondate di calore e la siccità.**



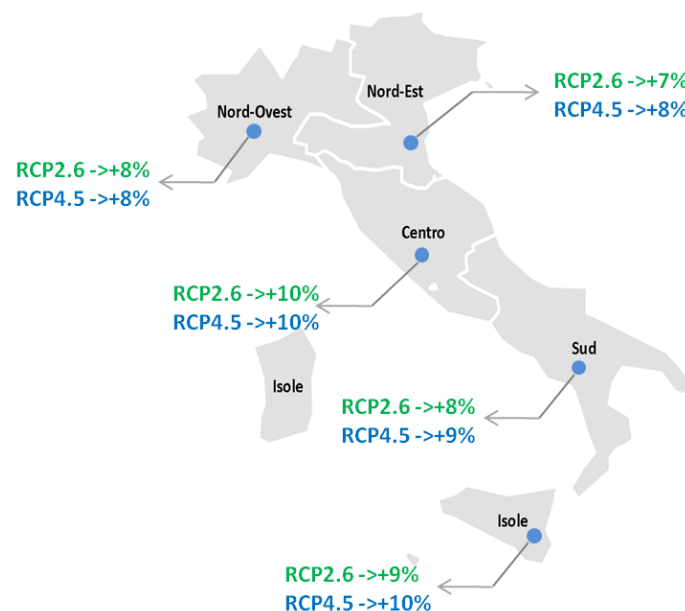
## Risultati (2)

Su tutta l'Italia è atteso un sostanziale aumento in frequenza ed intensità degli eventi climatici estremi, in particolare:

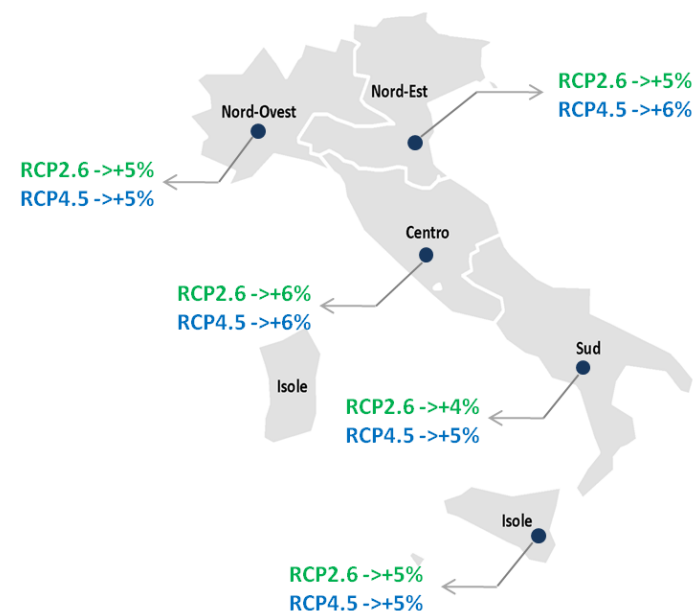
- per le tempeste di vento vi è un lieve aumento (segnale è affetto da notevole incertezza necessita di approfondimenti con modelli a maggior risoluzione spazio temporale);
- **per le precipitazioni intense è atteso un generale incremento sia sui valori giornalieri sia dell'intensità e frequenza degli eventi estremi di precipitazione in particolar per il centro-nord nella stagione invernale;**
- per le mareggiate più estreme è atteso un incremento specie nell'alto adriatico, mar ligure ed alto tirreno.

## VARIAZIONI NEGLI ESTREMI CLIMATICI Periodo 2050s (rispetto al periodo 1981-2010)

Tempo di ritorno a 100 anni per la precipitazione



Massima precipitazione in 1-giorno

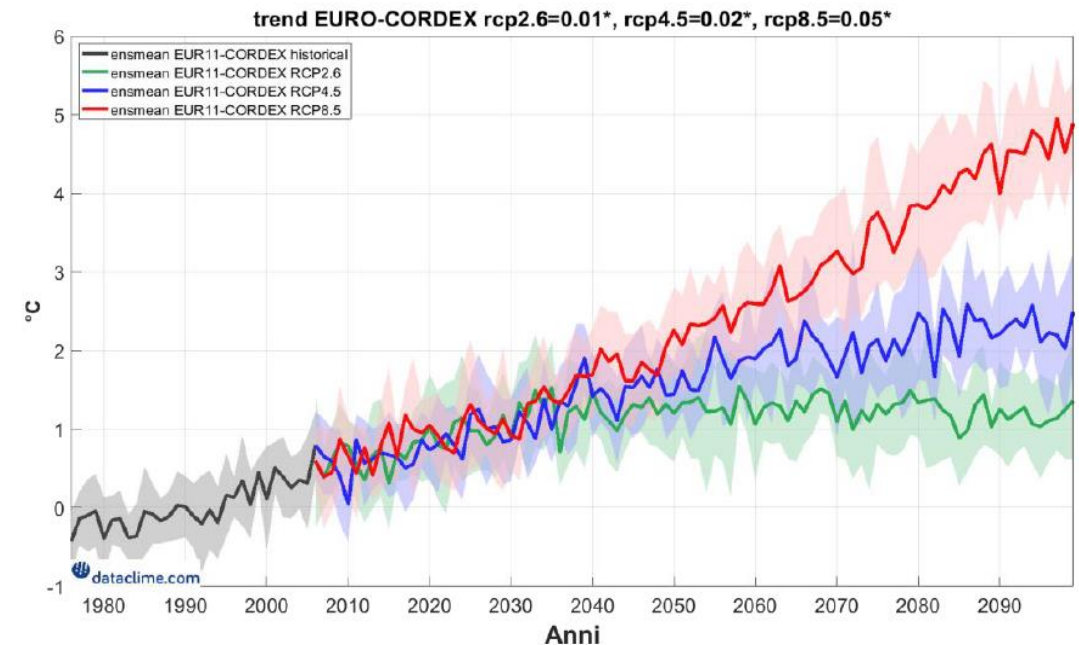


# Quadro climatico nazionale (PNACC 2022 in fase di consultazione)

Il quadro climatico nazionale riporta l'analisi del clima sul periodo di riferimento 1981-2010 e le variazioni climatiche attese sul trentennio centrato sull'**anno 2050** (2036-2065), rispetto allo stesso periodo 1981-2010, considerando i tre scenari IPCC: RCP8.5 "Nessuna mitigazione" (crescita delle emissioni ai ritmi attuali) , RCP4.5 "Forte mitigazione", RCP2.6 "Mitigazione aggressiva".

La valutazione dei **27 indicatori climatici considerati** (due dei quali relativi all'area marino-costiera) rappresenta un **primo passo per individuare priorità e strategie di intervento a livello di aree geografiche nazionali**

*un generale aumento delle temperature per tutti gli scenari considerati (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP8.5), più pronunciato considerando lo scenario RCP 8.5, con incrementi superiori ai 2°C già intorno al 2040*



*Figura 3: Anomalie annuali di temperatura media (°C) su scala nazionale ottenute a partire dai modelli EURO-CORDEX, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP8.5 (in rosso), RCP4.5 (in blu) e RCP2.6 (in verde). Le anomalie annuali sono calcolate rispetto al valore medio del periodo*

[https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/PNACC\\_versione\\_dicembre2022.pdf](https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/PNACC_versione_dicembre2022.pdf)

# Quadro climatico nazionale (PNACC 2022 in fase di consultazione)

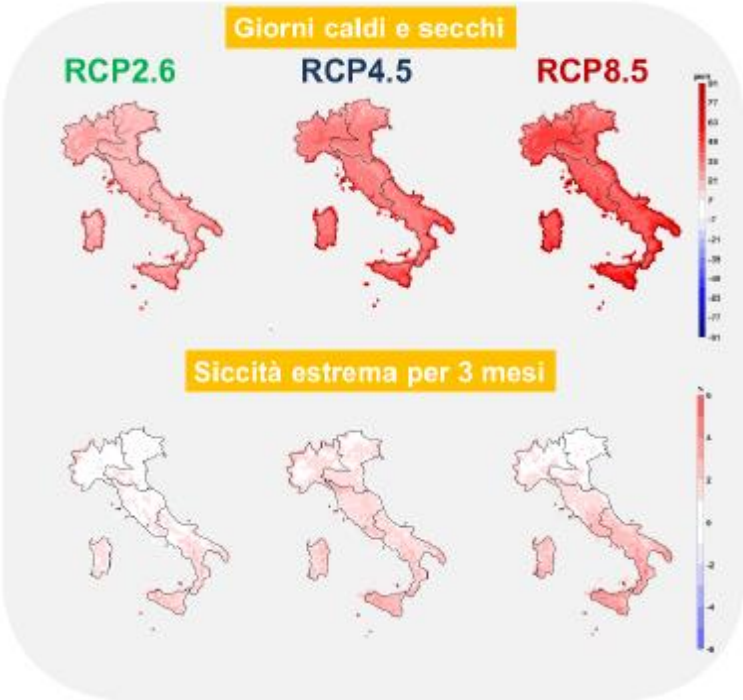


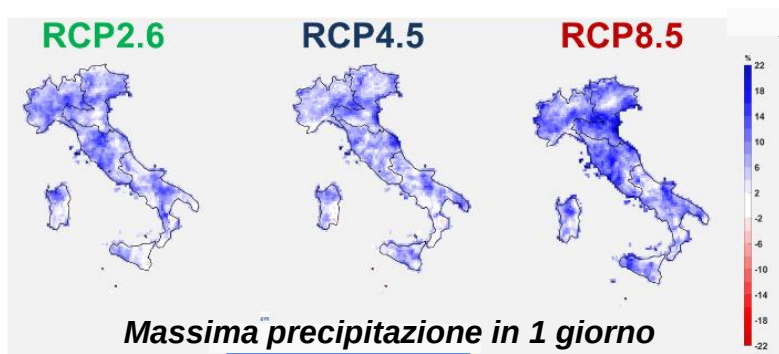
Tabella XX – Indicatori di riferimento per il Quadro Climatico del PNACC

| Acronimo, definizione indicatore climatico                                                                                                                                                                                                     | Variabili fondamentali | Unità di misura dell'indicatore | Unità di misura della variazione climatica (scenario) | Scala temporale     | Reference                                                                                                                                                                                                                                                   | Pericolo climatico/Proxy                                                   | Settore                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Temperatura media (TD): media della temperatura media giornaliera.                                                                                                                                                                             | T                      | °C                              | + - °C                                                | stagionale/ annuale |                                                                                                                                                                                                                                                             | Aumento delle temperature                                                  |                                                                                   |
| WD: Giorni caldi - secchi - Numero di giorni con temperatura media giornaliera maggiore del 75° percentile della temperatura media giornaliera e con precipitazione giornaliera minore del 25° percentile della precipitazione giornaliera.    | T - Prec               | giorni                          | + - giorni                                            | annuale             | ECAD-EU, Beniston 2009                                                                                                                                                                                                                                      | Esempi di impatti attesi dei quali l'indicatore può rappresentare un proxy | Salute, agricoltura                                                               |
| WW: Giorni caldi - piovosi - Numero di giorni con temperatura media giornaliera maggiore del 75° percentile della temperatura media giornaliera e con precipitazione giornaliera maggiore del 75° percentile della precipitazione giornaliera. | T - Prec               | giorni                          | + - giorni                                            | annuale             |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                            |                                                                                   |
| HDDs: Gradi giorni di riscaldamento - Somma di 18°C meno la temperatura media giornaliera se la temperatura media giornaliera è minore di 15°C.                                                                                                | T                      | GG                              | GG o %                                                | annuale             | <a href="https://www.isprambiente.gov.it/files/2018/publicazioni/rapporti/R_277_17_Allegati_Relazioni_dell'ottogruppoHDD_CD.pdf">https://www.isprambiente.gov.it/files/2018/publicazioni/rapporti/R_277_17_Allegati_Relazioni_dell'ottogruppoHDD_CD.pdf</a> | Impatti sulla domanda di energia per riscaldamento e raffreddamento        | Energia                                                                           |
| CDDs: Gradi giorni di raffreddamento - somma della temperatura media giornaliera meno 21°C se la temperatura media giornaliera è maggiore di 24°C.                                                                                             | T                      | GG                              | GG o %                                                | annuale             |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                            |                                                                                   |
| PRCPTOT: Precipitazione cumulata nei giorni piovosi (mm) - Cumulata (somma) della precipitazione per i giorni con precipitazione maggiore/uguale a 1 mm.                                                                                       | Prec                   | mm                              | %                                                     | stagionale/ annuale | ETCCDI                                                                                                                                                                                                                                                      | Dissesto geo-idrologico                                                    | NOTA: si è ritenuto opportuno non assegnare al dissesto geo-idrologico un settore |

E' da attendersi un aumento generalizzato del pericolo legato alle ondate di caldo mentre vi è na generale riduzione dei fenomeni di ondata di freddo sull'intero territorio nazionale soprattutto nello scenario RCP 8.5. Per lo stesso scenario è inoltre atteso un significativo aumento del pericolo incendi, fino al 20% in particolare sugli Appennini e sulle Alpi. E' da attendersi un incremento del numero di episodi di siccità, in particolare per lo scenario RCP8.5 nel sud Italia (incluso le isole).

# Quadro climatico nazionale (PNACC 2022 in fase di consultazione)

si evince un generale incremento sia dei cumuli giornalieri sia dell'intensità e della frequenza degli eventi estremi di precipitazione, specie per lo scenario RCP 8.5, ed in particolar modo per le aree del centro-nord.



Per quanto attiene la precipitazione annuale le proiezioni indicano per il sud Italia, in particolare per lo scenario RCP8.5, una diminuzione delle precipitazioni complessive annue (fino al 20% nel 2050) e un aumento nelle aree geografiche Nord-Ovest e Nord-Est

di Adattamento ai Cambiamenti Climatici

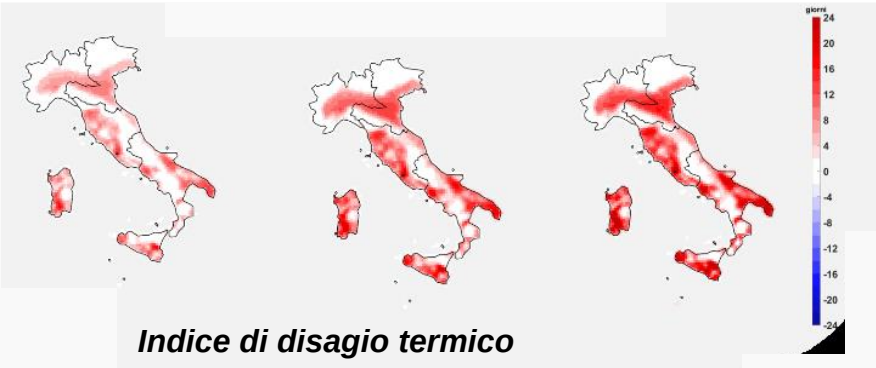
ver. dicembre 2022

| Acronimo, definizione indicatore climatico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Unità di misura   |                 |                      |                    | Reference                                 | Pericolo climatico/Proxy                     | Settore                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | fondamentali      | dell'indicatore | climatica (scenario) | temporale          |                                           |                                              |                                             |
| CSDI: <i>Indice di durata dei periodi di freddo</i> - Numero totale di giorni in cui la temperatura minima giornaliera è inferiore al 10° percentile* della temperatura minima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi.                                                                                                                                                                               | T                 | giorni          | + - giorni           | annuale            | ETCCDI                                    | Ondate di freddo                             | Salute, Energia                             |
| FD: Giorni con gelo - Numero di giorni con temperatura minima giornaliera inferiore a 0°C.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | T                 | giorni          | + - giorni           | annuale            | ETCCDI                                    |                                              |                                             |
| WSDI: <i>Indice di durata dei periodi di caldo</i> - Numero totale di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile* della temperatura massima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi.                                                                                                                                                                              | T                 | giorni          | + - giorni           | annuale            | ETCCDI                                    | Ondate di caldo                              | Salute, Energia                             |
| FWI: <i>Indice di pericolo incendio</i> (basato su velocità massima del vento, umidità relativa, precipitazione cumulata, temperatura). Tale indice prevede il calcolo di 5 sottoindici: tre sottoindici primari (FFMC, DMC, DC) che rappresentano l'umidità del combustibile; due sottoindici intermedi (ISI, BUI) che rappresentano il tasso di dispersione ed il consumo del combustibile disponibile. | T - Prec - UR - V | -               | %                    | annuale            | Van Wagner, 1987                          | Incendi                                      | Foreste, Ecosistemi terrestri, Insediamenti |
| EWS: 98° percentile della velocità massima giornaliera del vento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | V                 | m/s             | %                    | annuale/stagionale | EEA, 2017                                 | Tempeste di vento                            | Insediamenti, Foreste                       |
| SCD: <i>Durata del manto nevoso</i> - Numero di giorni nella stagione nivale (dal primo novembre di un dato anno al 31 marzo dell'anno successivo) con quantità di neve superficiale giornaliera superiore a 300 mm.                                                                                                                                                                                      | Hn                | giorni          | + - giorni           | novembre-marzo     | Durand et al. 2009, Marcolini et al. 2017 | diminuzione/assenza di precipitazione nevosa | Turismo invernale                           |

# Quadro climatico nazionale (PNACC 2022 in fase di consultazione)

ver. dicembre 2022

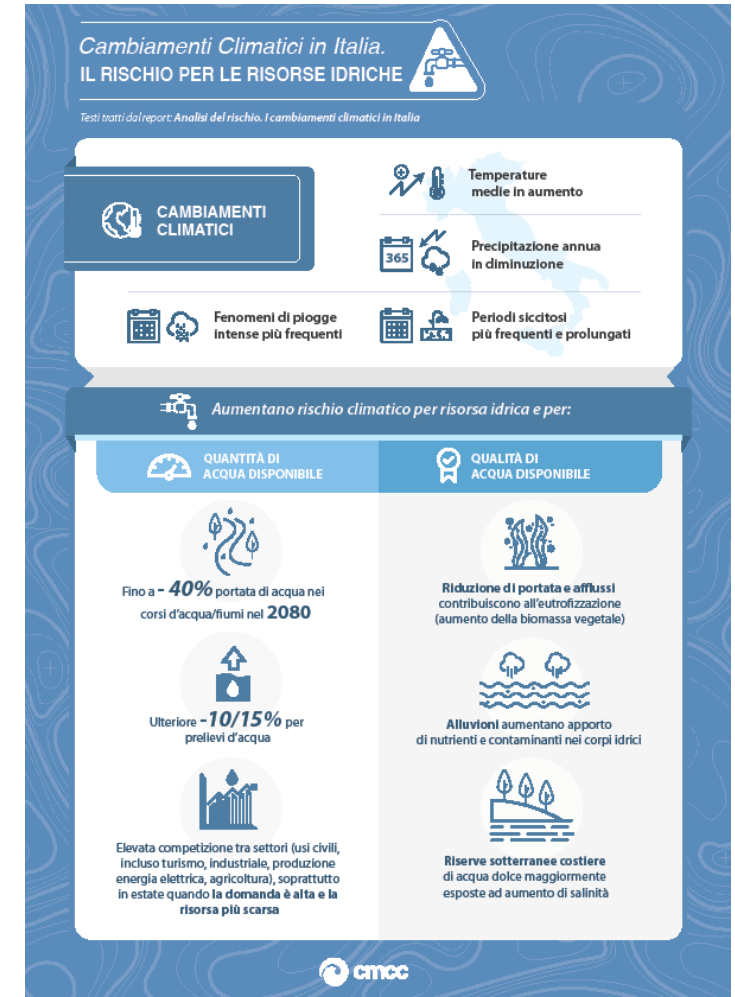
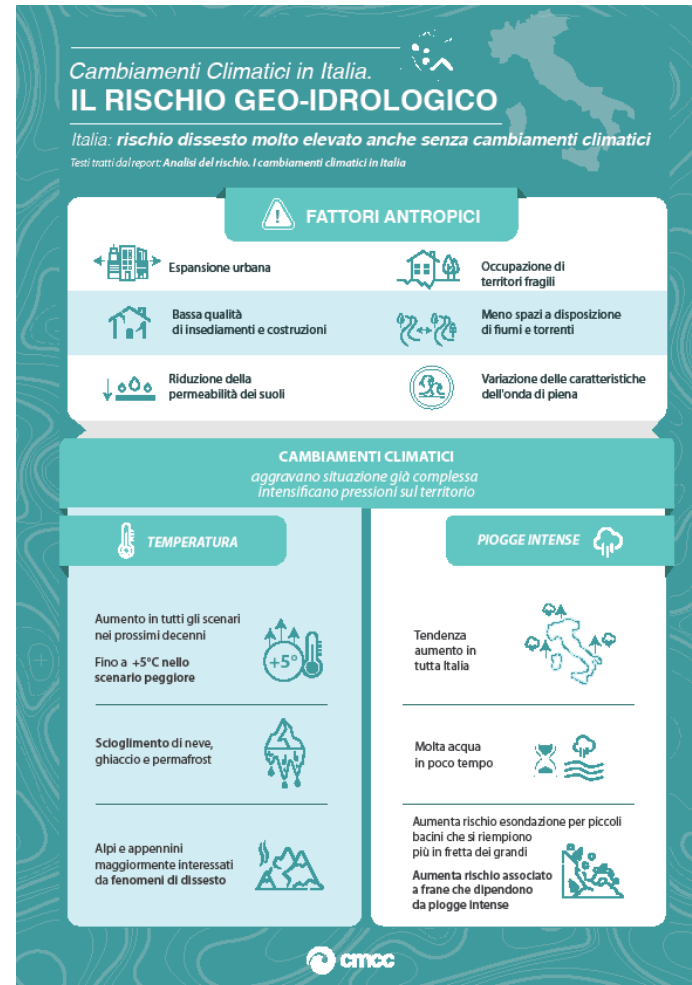
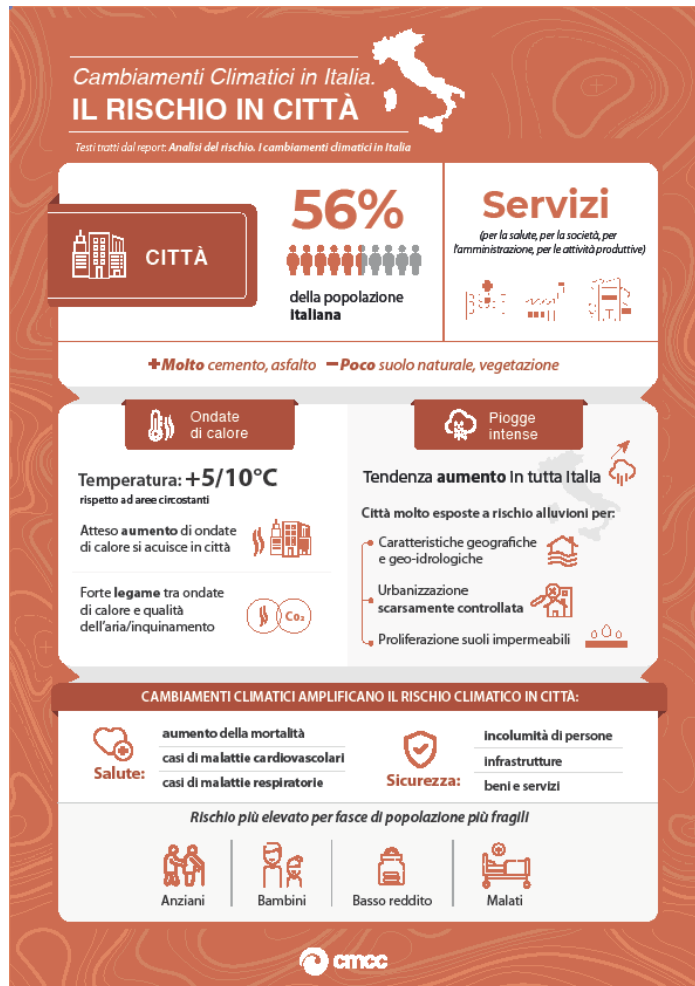
| Acronimo, definizione indicatore climatico                                                                                                                                                                                                           | Variabili fondamentali | Unità di misura dell'indicatore | Unità di misura della variazione climatica (scenario) | Scala temporale | Reference                     | Pericolo climatico/Proxy | Settore                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>Humidex5 (giorni):</b> <i>Indice di disagio termico</i> - Misura del calore percepito che risulta dall'effetto combinato dell'umidità e della temperatura - Categoria 5: numero di giorni per anno nel quale l'indice humidex è maggiore di 45°C. | T - UR                 | giorni                          | + - giorni                                            | annuale         | Masterson and Richardson 1979 | Disagio termico          | Salute                                                    |
| <b>SU95p:</b> <i>Giorni estivi</i> - Numeri di giorni con temperatura massima giornaliera maggiore di 29.2°C. Tale indicatore è stato definito per il territorio italiano (PNACC 2018).                                                              | T                      | giorni                          | + - giorni                                            | annuale         | PNACC 2018                    | Disagio termico          | Salute                                                    |
| <b>TR (giorni):</b> <i>Notti tropicali</i> - Numero di giorni con temperatura minima giornaliera superiore a 20°C.                                                                                                                                   | T                      | giorni                          | + - giorni                                            | annuale         | ETCCDI                        | Disagio termico          | Salute                                                    |
| SST: Temperatura superficiale dell'acqua                                                                                                                                                                                                             | T                      | °C                              | °C                                                    |                 |                               | Impatti sulle biocenosi  |                                                           |
| SSH: Livello del mare                                                                                                                                                                                                                                | W                      | m                               | m                                                     |                 |                               |                          | Ecosistemi marini, Turismo estivo, Infrastrutture (porti) |



Indice di disagio termico

# Il rischio in Italia

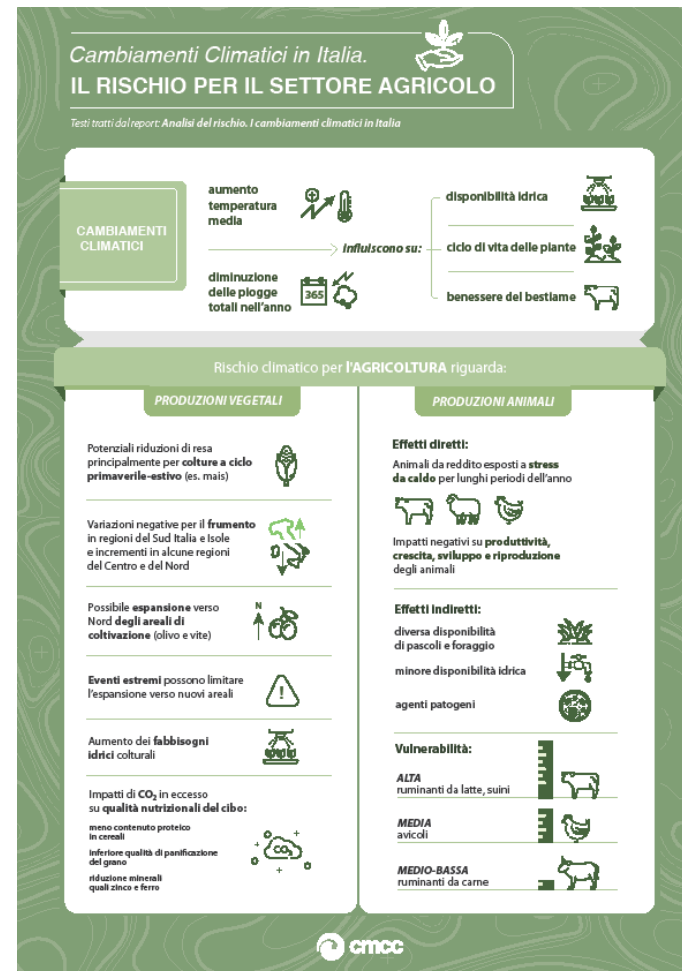
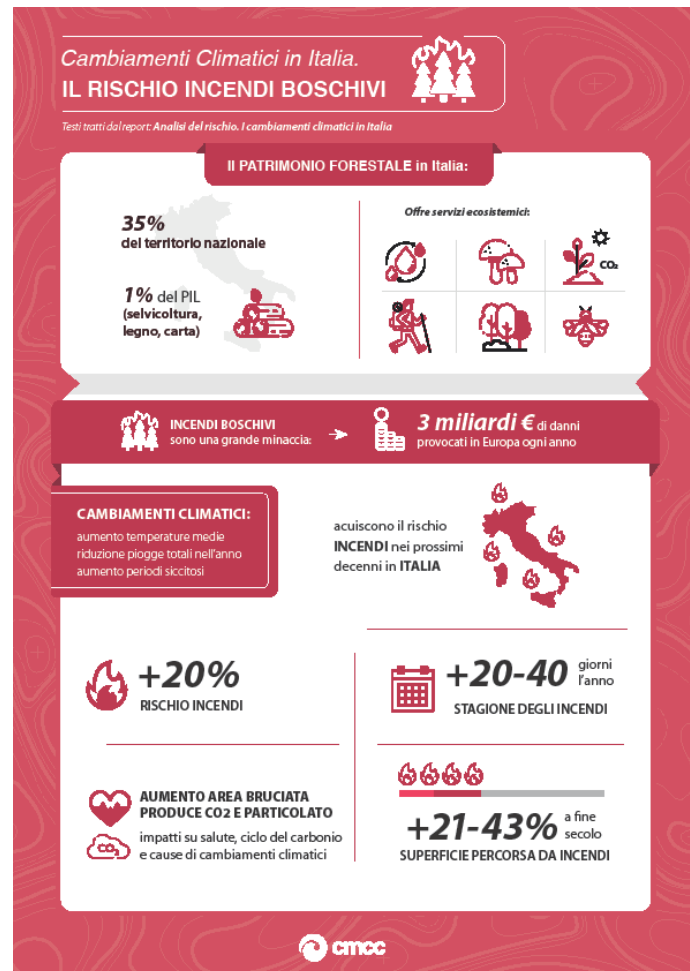
## Analisi del cambiamento climatico per 5 settori chiave (1/2)



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

# Il rischio in Italia

## Analisi del cambiamento climatico per 5 settori chiave (2/2)

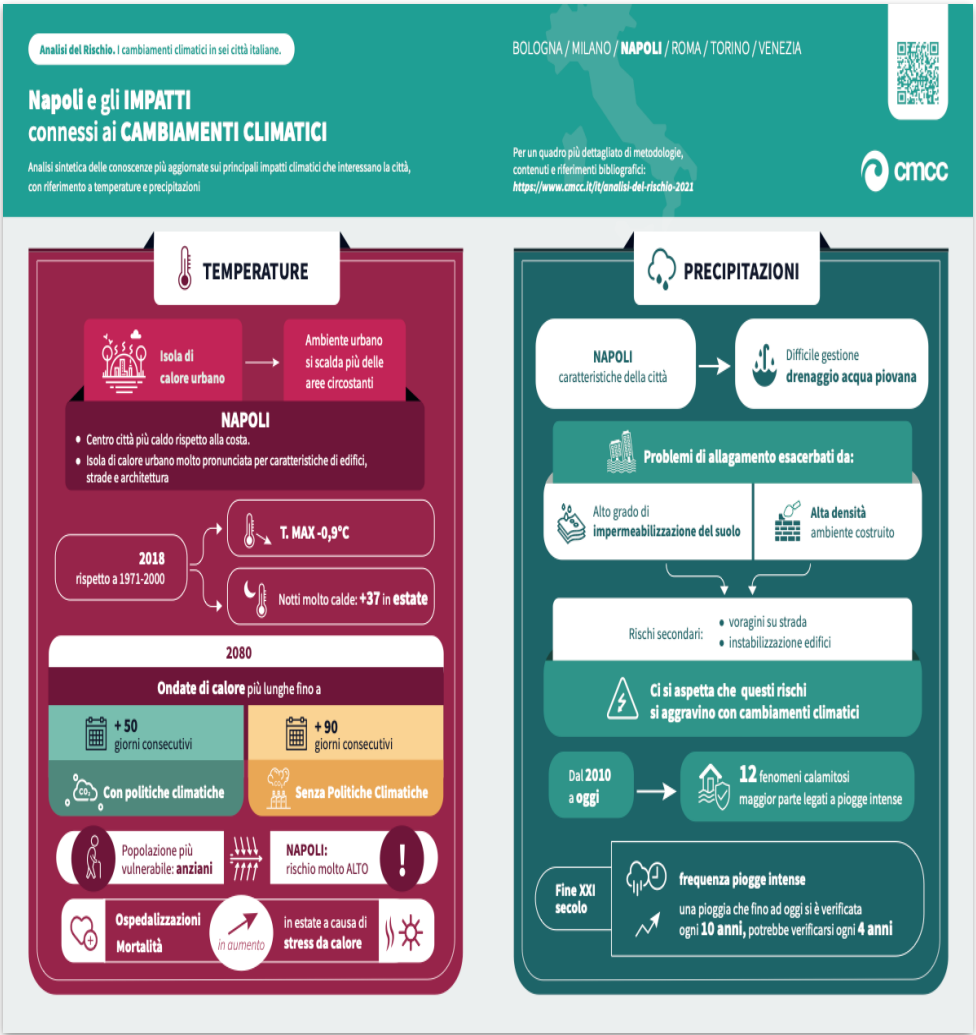
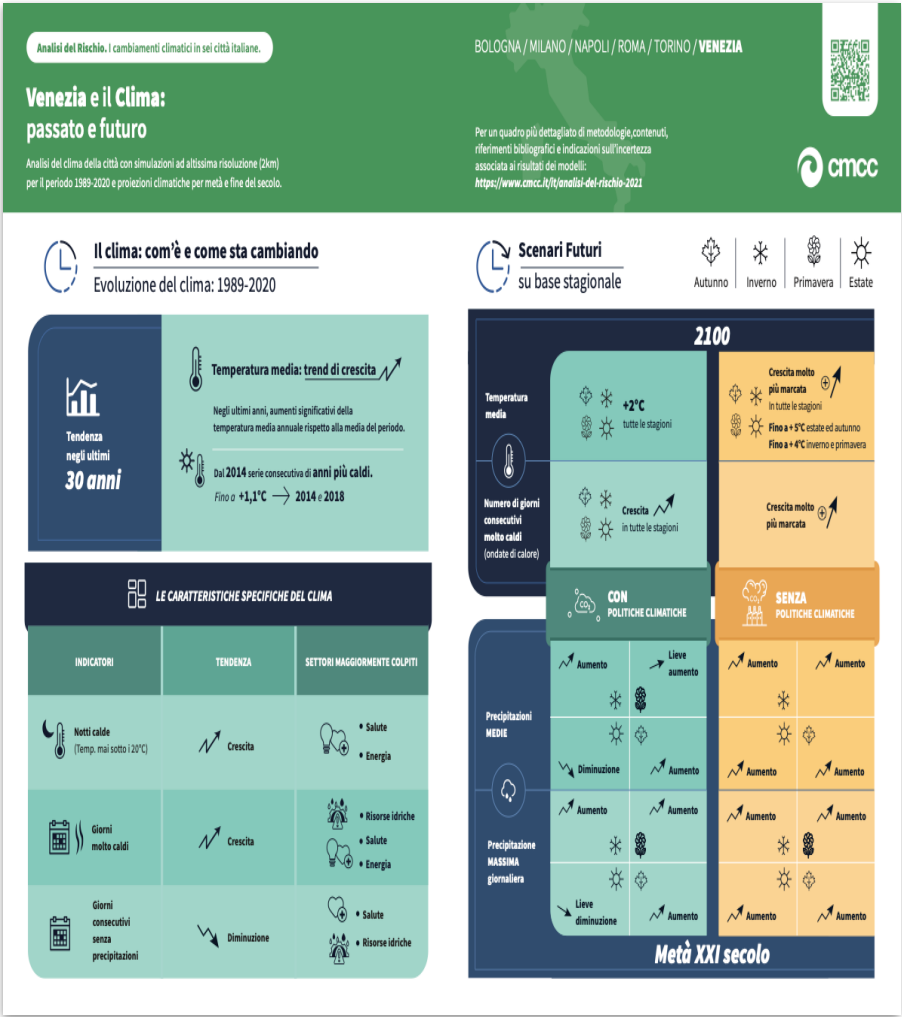


<https://www.cmcc.it/it/analisi-del-rischio-i-cambiamenti-climatici-in-italia#settori>

# Informazioni climatiche dalla scala nazionale a quella locale



I dati sono stati anche recentemente usati per produrre analisi climatiche per diverse città italiane



<https://www.cmcc.it/it/rischio-clima-citta-2021>

# Modelli climatici di nuova generazione

Gli attuali progressi nella potenza dei supercomputer hanno reso possibile l'esecuzione di modelli climatici ad altissima risoluzione con griglie su scala dell'ordine del chilometrica.

Tali modelli permettono di conoscere l'evoluzione del clima sulle scale orarie e hanno un valore aggiunto, rispetto ai modelli climatici attuali nella valutazione degli eventi estremi.



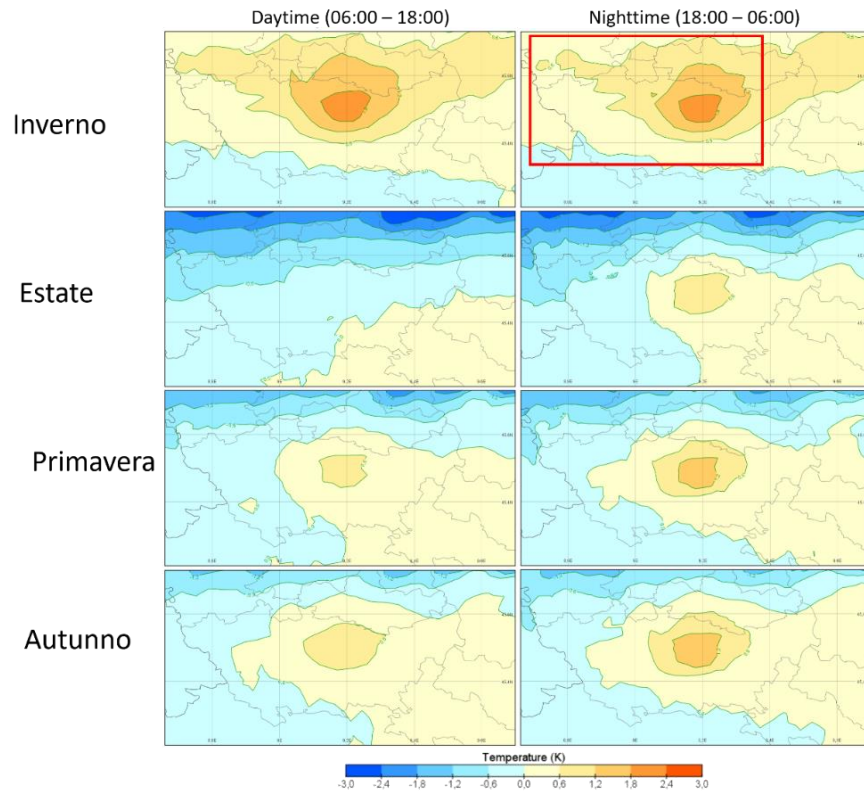
New CMCC HPC facilities : JUNO supercomputer



Monteforte – Italy 9<sup>th</sup> august 2022

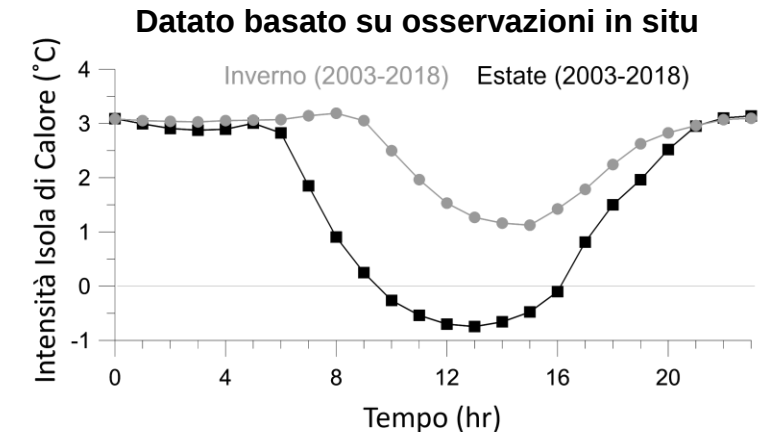
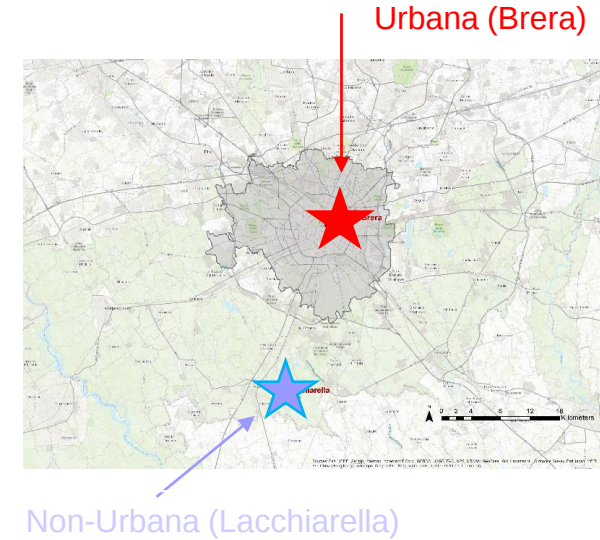
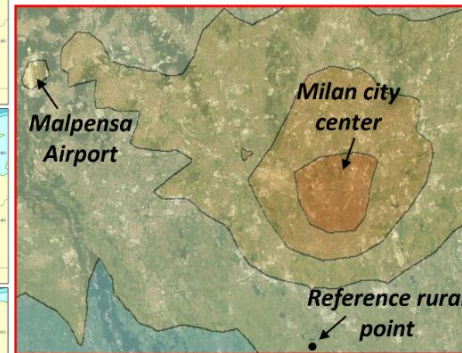


# I modelli ad alta risoluzione sono anche in grado di meglio descrivere fenomeni come l' ISOLA DI CALORE URBANA e la sua evoluzione



*Intensità dell'isola di calore urbano*

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

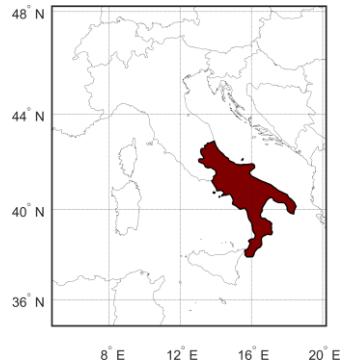


I modelli di nuova generazione riescono a descrivere l'evoluzione di dinamiche tipiche delle aree urbane come ondate di calore. Comprendere l'evoluzione di queste dinamiche può supportare una miglior comprensione degli impatti

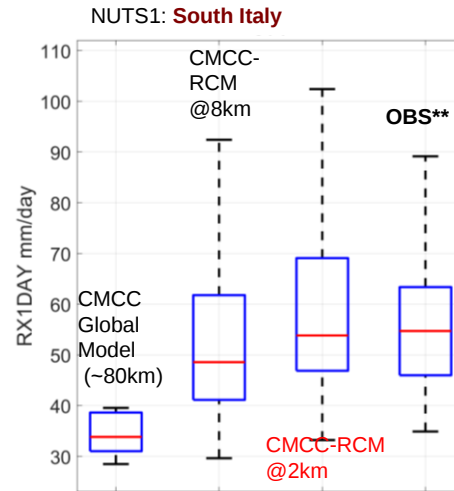
Intensità Isola di Calore = Temperatura in ambiente urbano – Temperatura in ambiente periurbano/rurale

# Confronto tra le performance di modelli climatici a diverse scale sulla scala locale

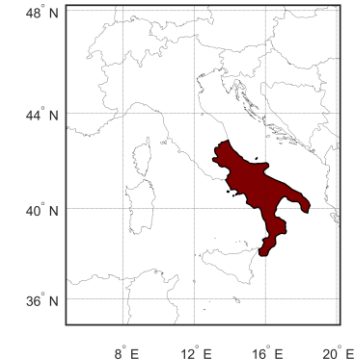
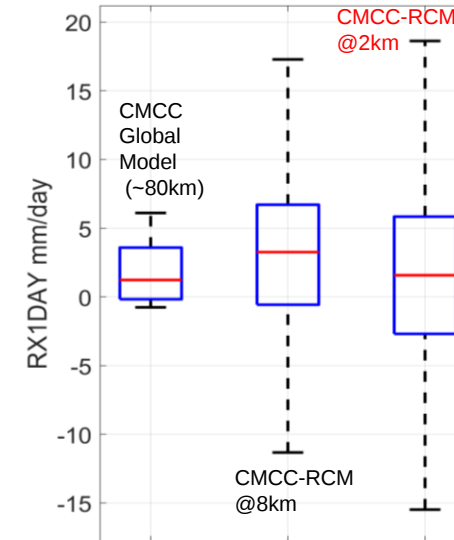
## Massima precipitazione giornaliera



### Confronto sul periodo storico di modelli climatici CMCC

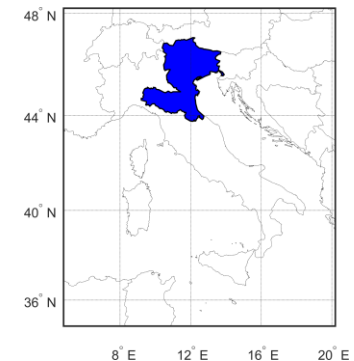
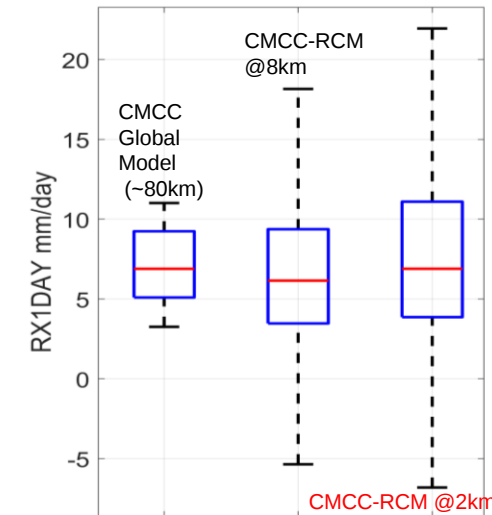
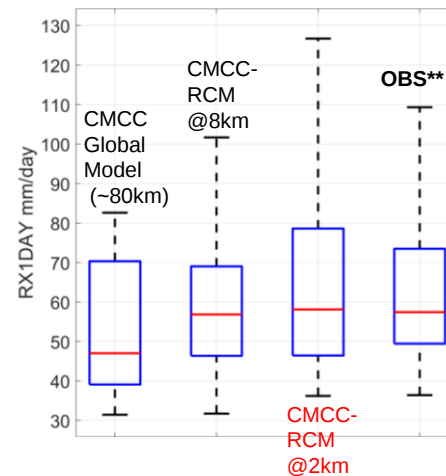


### Confronto tra le proiezioni climatiche tra diversi modelli CMCC



\*2041/2070 vs 1989/2018 RCP8.5

### Expected changes\*

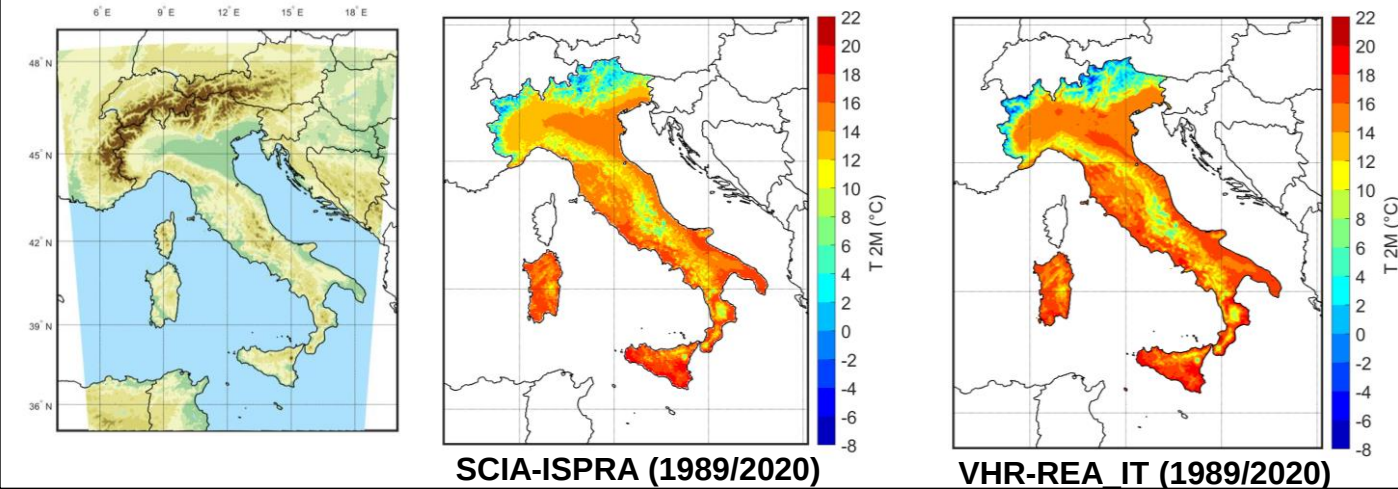


**\*\*Observational dataset**  
SCIA-ISPRA precipitation  
dataset at ~10km

# I dati climatici ad altissima risoluzione spaziale e temporale per l'Italia

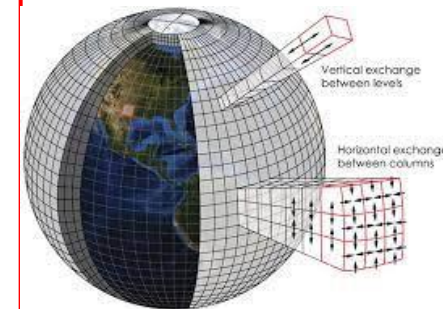
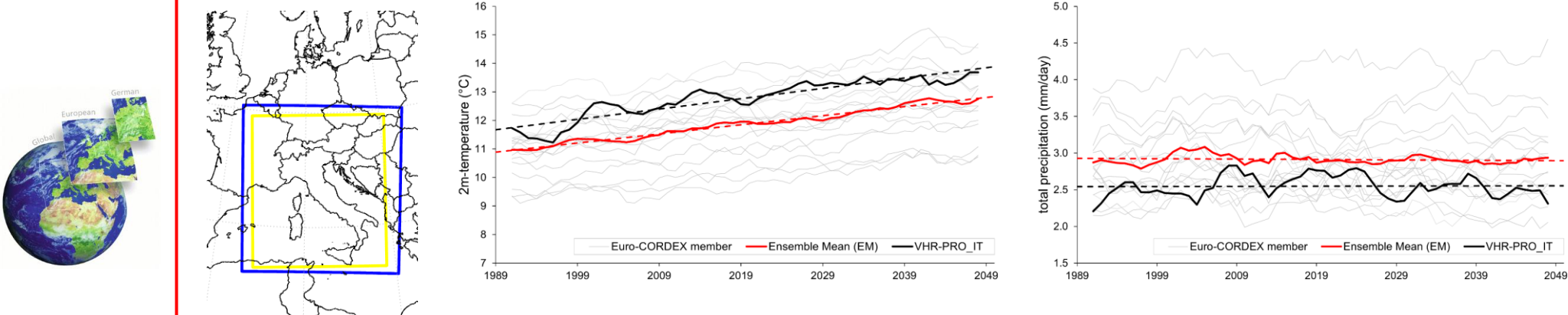
Riprodurre il clima passato

**VHR-REA\_IT: Very High-Resolution REAnalysis for Italy**

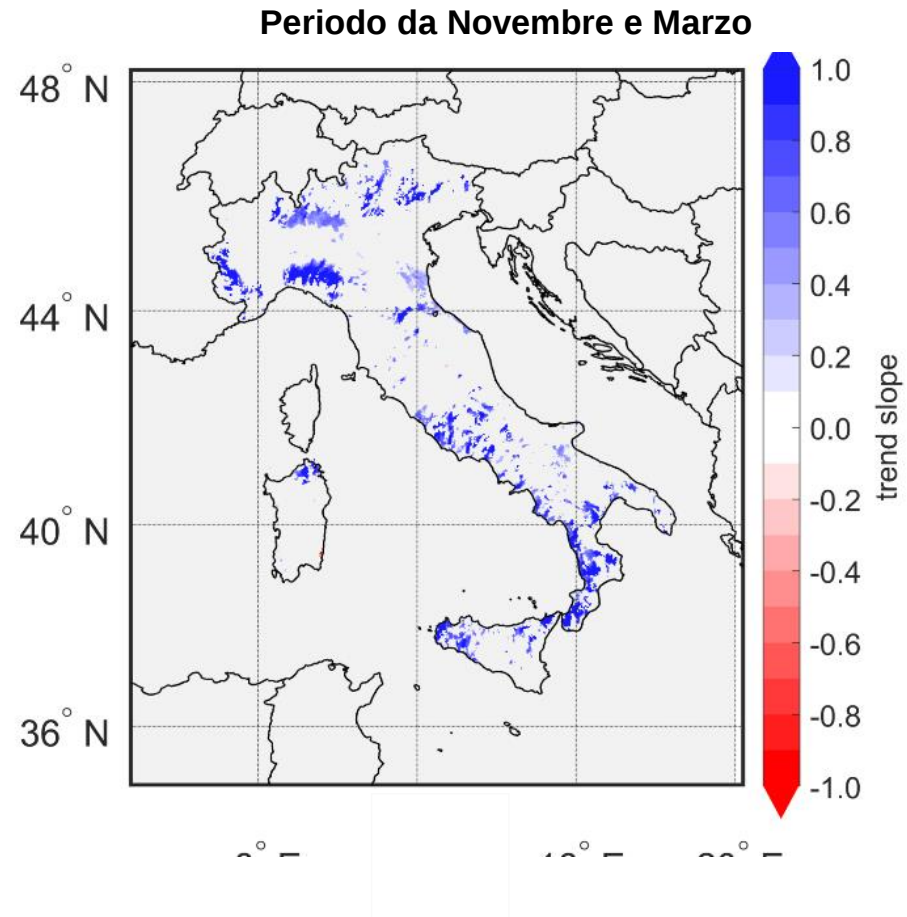


... per rappresentare il futuro

**VHR-PRO\_IT: Very High-Resolution PROjection for Italy (scenari RCP4.5 ed RCP8.5)**

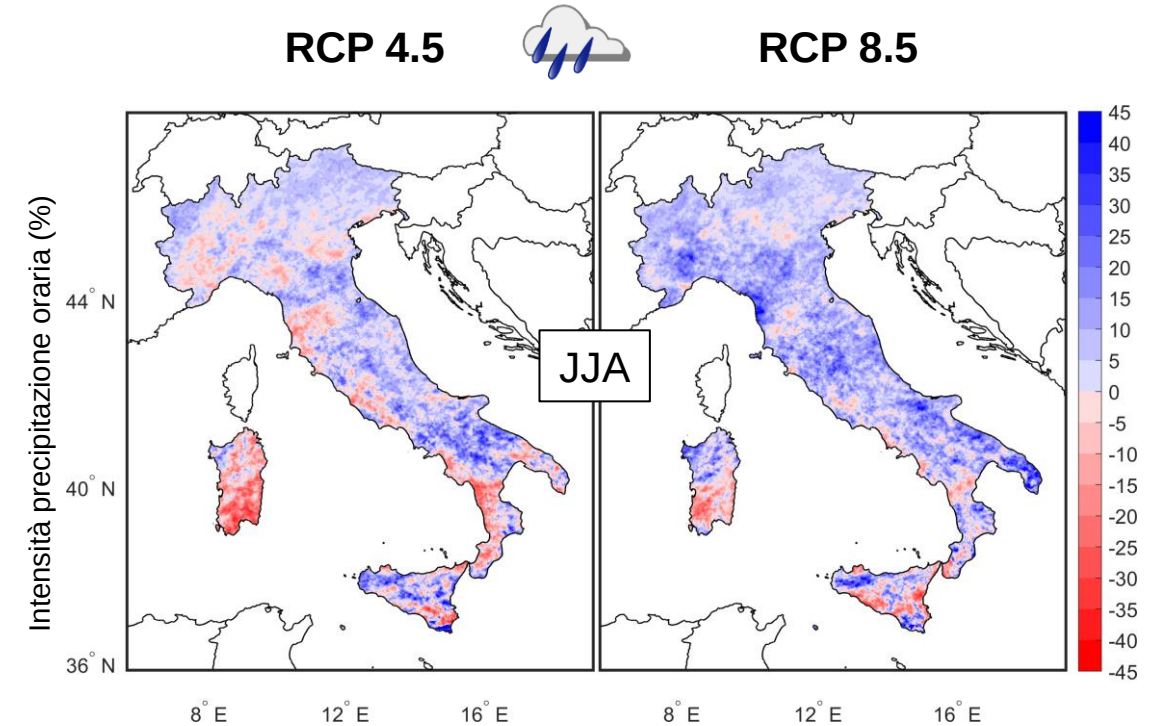
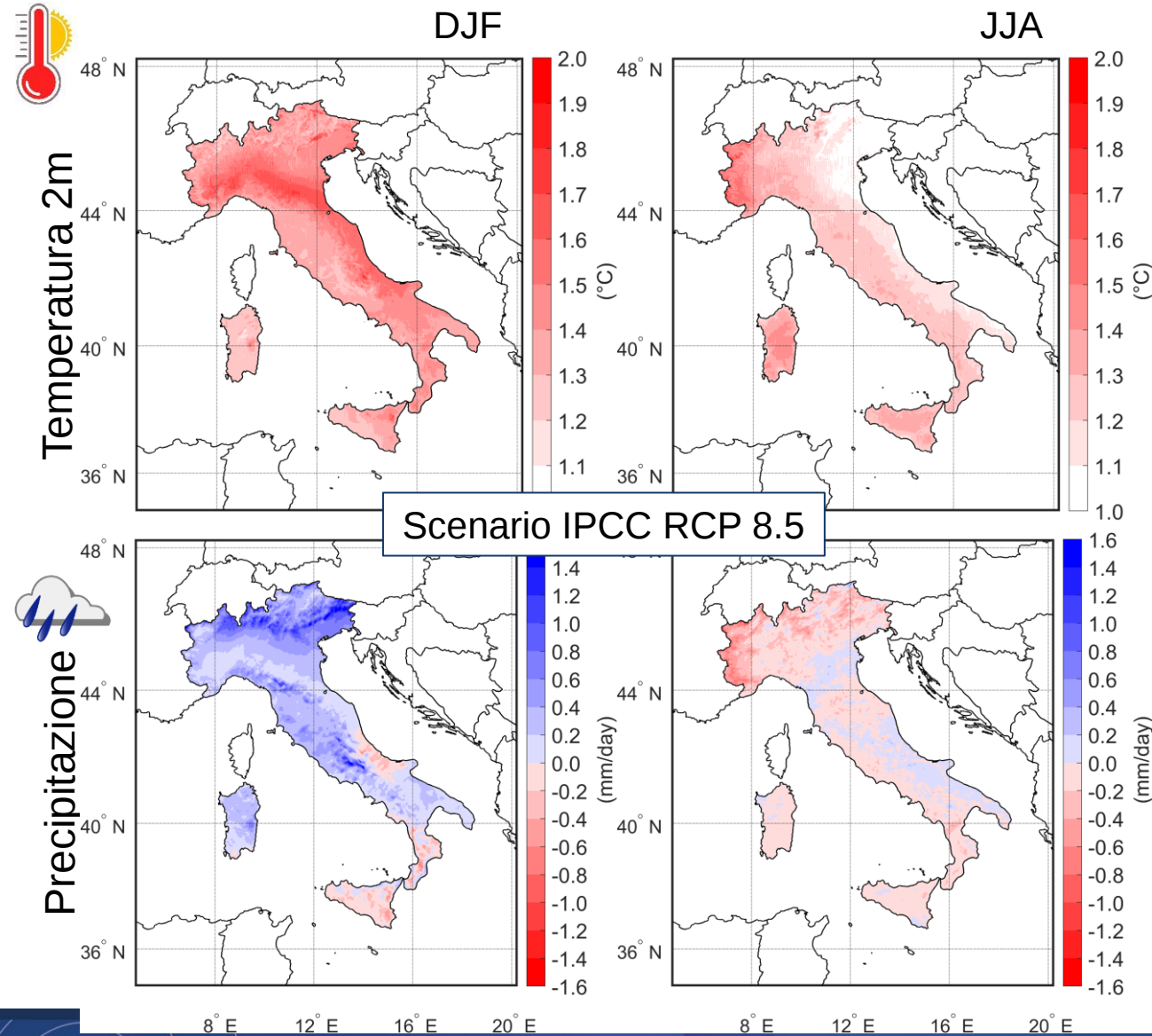


# Caratteristiche del cambiamento climatico in atto



**Nelle zone in (blue) la pioggia massima giornaliera esibisce già variazioni significative (periodo 1991-2020)**

# Scenari di cambiamento climatico: Anomalie di temperatura e precipitazione 2021/2050 vs 1989/2018



- Il valore aggiunto delle simulazioni climatiche ad altissima risoluzione sta principalmente nella capacità di riprodurre le cumulate di precipitazione sub-giornaliere.
- Al fine di supportare la definizione delle politiche di adattamento, questa caratteristica è particolarmente rilevante



[www.cmcc.it](http://www.cmcc.it)

