

## Fattori climatici

Variazioni di temperatura su ampia scala e identificabili da una tendenza sul lungo periodo.

## Altri fattori

Miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, innovazioni nella tecnologia degli impianti, accessibilità alla fonte energetica dipendentemente dalle politiche del mercato energetico. Modifiche ai comportamenti individuali in relazione al comfort dell'ambiente di vita.

## Caratterizzazione impatto



Le variazioni di temperatura interannuali determinano direttamente un minor o un maggior utilizzo delle risorse energetiche, con particolare riferimento al settore residenziale. In questo settore, le modifiche ai consumi sono legate in gran parte alle necessità dei cittadini di raffrescare o riscaldare le proprie abitazioni.



Se consideriamo le necessità del settore residenziale e in parte quelle del terziario, le modifiche dei consumi energetici dipendono strettamente dalla necessità dell'utenza di raggiungere un livello di comfort all'interno degli edifici, in particolar modo nelle abitazioni. Impatto positivo: una minor richiesta di energia termica per il riscaldamento domestico nel periodo invernale, contrazione dei consumi; Impatto negativo: maggiore richiesta di raffrescamento nei mesi estivi, incremento dei consumi elettrici.

## Relazione causa-effetto



L'andamento delle temperature, giornaliere, mensili e stagionali, influenza talvolta sensibilmente il consumo delle risorse energetiche, per la necessità dell'utenza di raffrescare o riscaldare i propri edifici.



Photo by DongGeun Lee on Unsplash

## Scenario futuro



L'impatto è sensibile ai cambiamenti climatici in corso con risvolti sia positivi (diminuzione del fabbisogno) che negativi (aumento del fabbisogno) in considerazione del periodo dell'anno: è ragionevole aspettarsi un aumento del fabbisogno energetico nei mesi estivi, sia per l'aumento delle temperature medie, massime e minime, sia per una maggiore frequenza di eventi di ondate di calore. Allo stesso modo, è prevista una diminuzione del fabbisogno energetico finalizzato al riscaldamento abitativo durante i mesi invernali.

## Numeri e messaggi chiave

Rispetto al periodo storico l'indicatore mostra un progressivo aumento, più marcato nelle aree di pianura; questo implica che il fabbisogno energetico per il raffrescamento degli edifici è aumentato per effetto del cambiamento climatico. La tendenza è più evidente negli ultimi anni e i modelli climatologici indicano un'ulteriore diminuzione in futuro, più o meno marcata a seconda di quanto saranno efficaci gli sforzi di decarbonizzazione del settore. L'impatto sarà via via più significativo anche nelle aree di fondovalle e, in misura minore, in montagna.

### Descrizione

L'indicatore rappresenta l'esigenza di condizionamento estivo. Il dato è annuale e viene calcolato come sommatoria termica dello scarto di temperatura rispetto ad una temperatura di riferimento, nei giorni con temperatura media particolarmente elevata. Si tratta di un indicatore climatico che rappresenta bene una proxy dei consumi energetici nel periodo estivo.

### Scopo

Scopo principale dell'indicatore è quello di rappresentare la variazione annuale dei gradi giorno da raffrescamento nel periodo estivo.

### Frequenza rilevazione dati

Giornaliera

### Unità di misura

Gradi giorno GG (°C x giorno)

### Periodicità di aggiornamento

Annuale

### Copertura temporale

Per il clima osservato: due trentenni di riferimento 1991-2020 e 1976-2005.

Per il clima futuro: anomalie climatiche per il trentennio 2036-2065 per gli scenari IPCC RCP4.5 e RCP8.5

### Copertura spaziale

Territorio regionale

### Riferimenti/obiettivi fissati dalla normativa

Nessun riferimento/obiettivo fissato dalla normativa

### Metodologia di elaborazione

I gradi giorno di raffrescamento sono calcolati come somma delle differenze tra la temperatura media esterna e la temperatura di comfort climatico (non superiore ai 21°C); la differenza viene conteggiata solo se la temperatura media esterna supera i 24°C. I gradi giorno di raffrescamento sono calcolati nel periodo giugno-settembre.

## Criteri di selezione

### Rilevanza - utilità

- ▶ Portata nazionale/applicabile a temi ambientali a livello regionale di significato nazionale
- ▶ Descrive il trend in atto e l'evolversi della situazione ambientale
- ▶ Semplice e facile da interpretare
- ▶ Sensibile ai cambiamenti nell'ambiente/collegato alle attività antropiche
- ▶ Rappresentativo di condizioni ambientali, Pressioni sull'ambiente, risposte della società, obiettivi normativi
- ▶ Fornisce una base per confronti a livello internazionale
- ▶ Ha una soglia o un valore di riferimento con il quale poterlo confrontare, in modo che si possa valutare la sua significatività

### Misurabilità

- ▶ Documentato e di qualità nota (accessibilità)
- ▶ Aggiornato secondo fonti e procedure affidabili (tempestività e puntualità)
- ▶ Disponibile su un rapporto costi/benefici
- ▶ Buona copertura spaziale
- ▶ Copertura temporale > 10 anni

### Solidità scientifica

- ▶ Basato su standard nazionali/internazionali
- ▶ Ben fondato in termini tecnici e scientifici
- ▶ Correlato a modelli economici, Previsioni e sistemi di informazione
- ▶ Attendibile e affidabile Per metodi di misura e raccolta dati
- ▶ Comparabile nel tempo
- ▶ Comparabile nello spazio

## Fonte e accessibilità

Rete di monitoraggio idronivometeo.  
Elaborazioni su dati EURO-CORDEX e CMCC.

## Qualità dell'informazione

Robusta per le osservazioni, soggetta a incertezza per le proiezioni climatiche

## Limitazioni e possibili azioni

I dati delle proiezioni climatiche<sup>4</sup> derivano da elaborazioni su otto modelli RCM (ensemble) e sono stati sottoposti a downscaling statistico e bias-correction con i dati ERA5 riscalati<sup>3</sup>.

## Riferimenti bibliografici

1. <https://wmo.int/centennial-observing-stations>
2. Jacob, D., Teichmann, C., Sobolowski, S. et al. Regional climate downscaling over Europe: perspectives from the EURO-CORDEX community. Reg Environ Change 20, 51 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01606-9>
3. Raffa, M., Adinolfi, M., Reder, A. et al. Very High Resolution Projections over Italy under different CMIP5 IPCC scenarios. Sci Data 10, 238 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02144-9>
4. Mussin, M. Scenari Climatici Per La Lombardia (strategia Regionale Di Adattamento Ai Cambiamenti Climatici). 1.0, Zenodo, 2024, [doi:10.5281/zenodo.12513614](https://doi.org/10.5281/zenodo.12513614).

## Commento al trend

La serie centenaria di Milano Brera mostra un significativo aumento delle temperature medie, che si riflette in un marcato aumento dei gradi giorno di raffreddamento (Figura 1), valutabile in 45 ogni 10 anni: estati più calde e situazioni anticicloniche di origine africana ricorrenti rappresentano un fattore di maggiore consumo energetico degli edifici, necessario a raggiungere un sufficiente comfort. Un trend simile si osserva anche negli altri capoluoghi negli ultimi 20 anni (Figura 2), con alcune situazioni in cui il valore più elevato dei Gradi giorno di raffreddamento si rileva nel 2022. I valori assoluti sono inferiori nelle aree montuose, ma comunque in aumento.

Nella Tabella 1 sono riportati i valori numerici spazializzati (media areale nel punto di maglia) relativi media climatica del periodo di riferimento e del periodo futuro negli scenari RCP 4.5 e RCP 8.5.

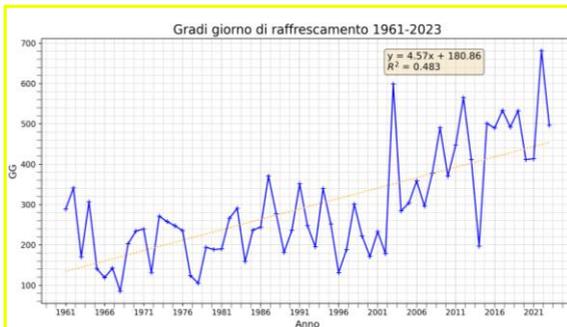


Figura 1: Stazione di Milano Brera: andamento dei gradi giorno di raffreddamento nel periodo 1961-2023. In arancione il trend lineare (x=0 è il 1961). La stazione di Brera è un «osservatorio centenario» secondo il WMO<sup>1</sup>.

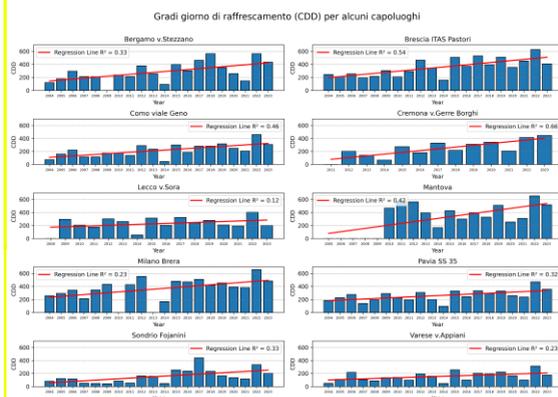


Figura 2: andamento dei gradi giorno di raffreddamento nel periodo 2000-2023. In rosso i trend

Tabella 1: valori dei gradi giorno di raffreddamento: media climatologica spazializzata nel periodo storico di riferimento e media climatologica nel periodo 2036-2065 per i due scenari emissivi RCP 4.5 e RCP 8.5 nei capoluoghi

località	Gradi Giorno raffr.	GG. raffr 2036 - 2065	
	1991-2020	RCP 4.5	RCP 8.5
Bergamo	480	675	695
Brescia	610	825	845
Como	325	510	530
Cremona	675	900	930
Lecco	160	300	315
Mantova	635	850	870
Milano	690	920	950
Pavia	630	860	885
Sondrio	85	180	200
Varese	365	555	575

## Referente:

Mauro Mussin – ARPA Lombardia  
E-mail: [m.mussin@arpalombardia.it](mailto:m.mussin@arpalombardia.it)  
Matteo Zanetti – ARPA Lombardia  
E-mail: [ma.zanetti@arpalombardia.it](mailto:ma.zanetti@arpalombardia.it)

## MAPPA STORICA

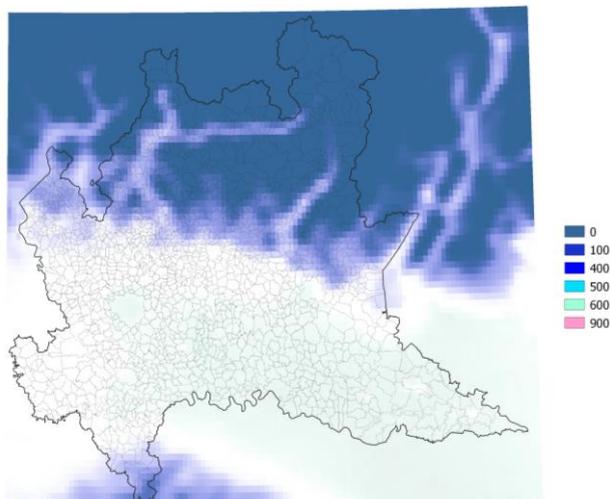


Figura 3: Gradi giorno raffreddamento: rappresentazione spaziale del dato modellistico storico per il periodo 1991-2020

## MAPPE FUTURE

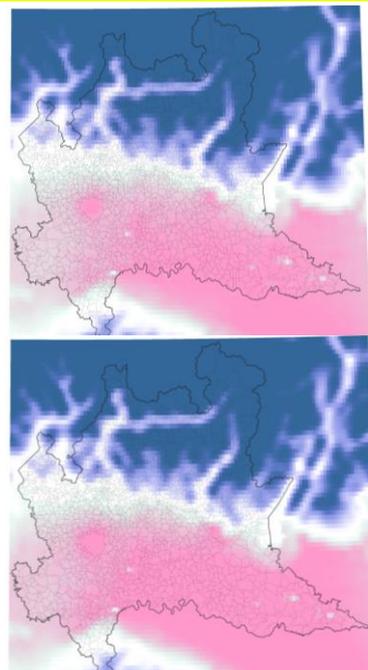


Figura 4: Gradi giorno raffreddamento: rappresentazione spaziale del dato modellistico (ensemble) per il periodo 2036-2065 scenario RCP 4.5 (a) e RCP 8.5 (b)

## Commento al trend

Le elaborazioni sui dati EURO-CORDEX delle proiezioni climatiche mostrano il progressivo aumento dei Gradi giorno di raffreddamento rispetto al periodo storico di riferimento (Figura 3), con una netta distinzione tra aree di pianura e di montagna. Le aree di pianura mostrano una certa omogeneità rispetto alle aree prealpine, mentre i fondovalle assumono un aspetto differente.

Lo scenario RCP 4.5 (Figura 4a) mostra un'intensificazione dell'area più calda con una marcata distinzione dalle aree collinari che osservano l'intensificazione del fenomeno, lasciando prevedere che anche in queste quote sarà necessario utilizzare sistemi di climatizzazione. Le aree più in quota (indicativamente oltre 1000-1300 m) sembrano più omogenee rispetto ai valori storici. Lo scenario RCP 8.5 (Figura 4b) mostra incrementi simili a quello a minori emissioni, almeno per la climatologia 2036-2065.

Le anomalie rivelano deboli differenze tra i due scenari emissivi, evidenziando che tutta l'area di pianura ed anche le aree sotto i 300m subiscono un significativo aumento delle esigenze di raffreddamento (Figura 5).

## ANOMALIA (futuro-storico)

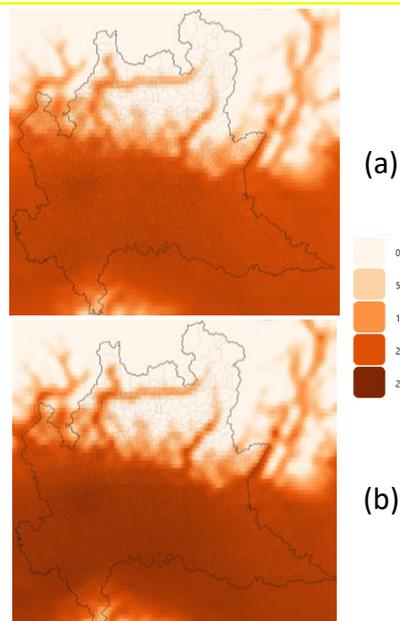


Figura 5: rappresentazione spaziale dell'anomalia rispetto al periodo storico 1991-2020 del periodo futuro 2036-2065 per gli scenari RCP 4.5 (a) e RCP 8.5 (b)