

# Il cambiamento climatico in Piemonte

S.Barbarino, N. Loglisci, R. Pelosini  
Arpa Piemonte, Dipartimento Rischi Naturali ed Ambientali - Torino  
(corresponding author: [s.barbarino@arpa.piemonte.it](mailto:s.barbarino@arpa.piemonte.it))

Il territorio piemontese, così complesso per la sua specificità orografica, che alterna zone pianeggianti a realtà collinari e montane passando per l'ambiente alpino, nonché per la fitta rete idrica che passa sul suo territorio, ne determina anche una complessità meteorologica e climatica.

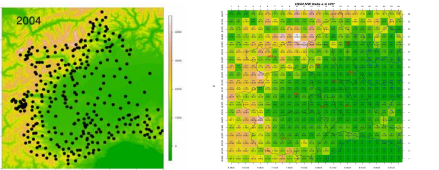
Lo studio di tale complessità legata al clima passato e a quello futuro è stata possibile attraverso le elaborazioni eseguite a partire dalla ricca rete di monitoraggio di ARPA Piemonte e dei recenti modelli ad alta risoluzione che descrivono gli scenari futuri secondo quanto indirizzato dall'IPCC.

Nel contesto generale del cambiamento climatico, il clima piemontese segue tendenze analoghe a quanto descritto a livello globale dal V rapporto sul clima dell'IPCC (trend positivo sulle temperature e sul numero di giorni secchi, un cambiamento nel regime pluviometrico a cui è connessa una maggiore frequenza di occorrenza di eventi estremi e ad una diminuzione di neve cumulata sul settore alpino nel periodo invernale), ma con specificità legate alla sua complessità fisica. Le proiezioni future sul Piemonte, elaborate a partire da una selezione dei modelli regionali del progetto EUROCORDEX per due scenari emissivi RCP4.5 e RCP8.5, confermano tali tendenze, seppure in modo più accentuato secondo lo scenario RCP8.5, come è lecito aspettarsi.

Oltre agli indicatori climatici standard sono state condotte alcune analisi finalizzate all'utilizzo dei risultati da parte della Regione Piemonte, con cui Arpa Piemonte collabora alla stesura del Piano di adattamento ai Cambiamenti Climatici. Sono stati calcolati alcuni indici per stimare gli impatti a livello regionale sul settore energetico e sul settore idrico nei prossimi decenni, in particolare stime di variazione dei regimi pluviometrici e, per quanto riguarda le aree urbane, stime di variazione dei giorni in ondata di calore nel periodo estivo.

Dal lavoro emergono i vantaggi di una collaborazione tra un ente tecnico e l'ente regionale per poter strutturare un Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici basato su indicatori specifici utili per poter sviluppare azioni mirate di pianificazione e adattamento calate sul territorio regionale.

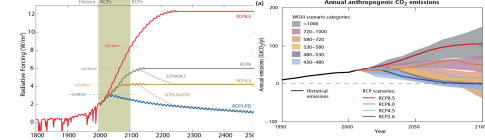
## Dati climatici - osservazioni



Per l'analisi storica è stato utilizzato un dataset di precipitazione e temperatura ottenuto con un sistema di analisi oggettiva (Optimal Interpolation [1]) su un grigliato regolare di risoluzione orizzontale di 14 km. Tale consente di utilizzare l'informazione climatica in modo indipendente dalla lunghezza e continuità delle serie storiche delle singole stazioni.

## Dati climatici - scenari

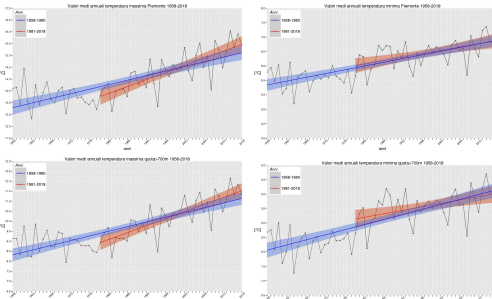
### Scenari RCP (Representative Concentration Pathways) IPCC



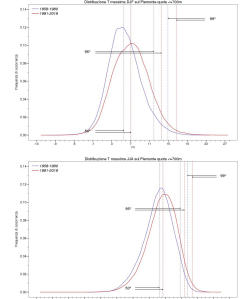
Modelli regionali climatici	Modelli climatici globali	Sorgente
COSMO-CLM (8 km)	CMCC-CM	CMCC
CCLM4-R17 (11 km)	CNRM-CMS	CLMcom
RCA4 (11 km)	CNRM-CMS	SMHI
RACMO22E (11 km)	EC-EARTH	KNMI
HIRHAM5 (11 km)	EC-EARTH	DMI
CCLM4-R17 (11 km)	EC-EARTH	CLMcom
RCA4 (11 km)	EC-EARTH	SMHI
CCLM4-R17 (11 km)	MPI-ESM-LR	CLMcom
REMO2009 (11 km)	MPI-ESM-LR	CSC
REMO2009 (11 km)	MPI-ESM-LR	CSC
RCA4 (11 km)	MPI-ESM-LR	SMHI
HIRHAM5 (11 km)	NorESM1-M	DMI

Gli scenari emissivi IPCC [2] (in alto) e i modelli regionali usati per l'analisi del clima futuro (EUROCORDEX [2] e COSMO-CLM [3]) (in basso). Per tale analisi le simulazioni sono state riportate sulla griglia dell'analisi oggettiva OI per la rimozione degli errori sistematici e per consentire un confronto omogeneo.

## Trend presente/passato in Piemonte

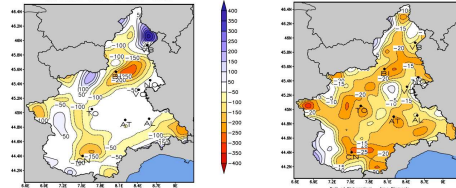


Andamento delle temperature massime (a sinistra) e minime (a destra) per zone di pianura (in alto) e di montagna (in basso). Trend in crescita statisticamente significativi (liv. conf. 95%, tecnica bootstrap), soprattutto sulle zone di montagna.



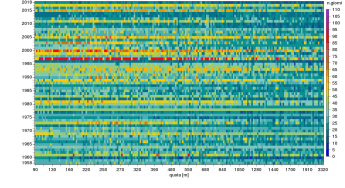
Distribuzione temperatura massima invernale (in alto) ed estiva (in basso) fino a quote collinari e per due periodi climatici differenti. Le distribuzioni si spostano verso destra (aumento dei valori estremi).

Anomalia di precipitazione (mm): differenza della cumulata media tra 2001-2018 e 1971-2000

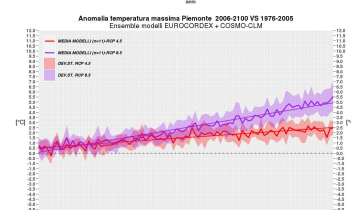
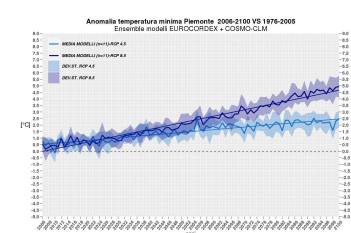


Anomalia della precipitazione cumulata media annuale a sinistra e differenza del numero medio annuale dei giorni piovosi a destra: 2001-2018 vs 1971-2000. Soltanto due aree circoscritte mostrano una variazione nella quantità di precipitazione, mentre diminuisce in modo uniforme il numero di giorni piovosi, a conferma di una maggiore concentrazione dei fenomeni.

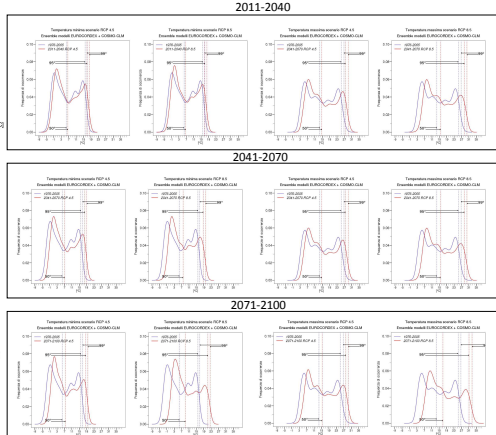
Numero massimo dei giorni consecutivi senza pioggia in Piemonte calcolato a diverse quote. Periodi secchi più prolungati nel passato più recente (aumento dei valori estremi).



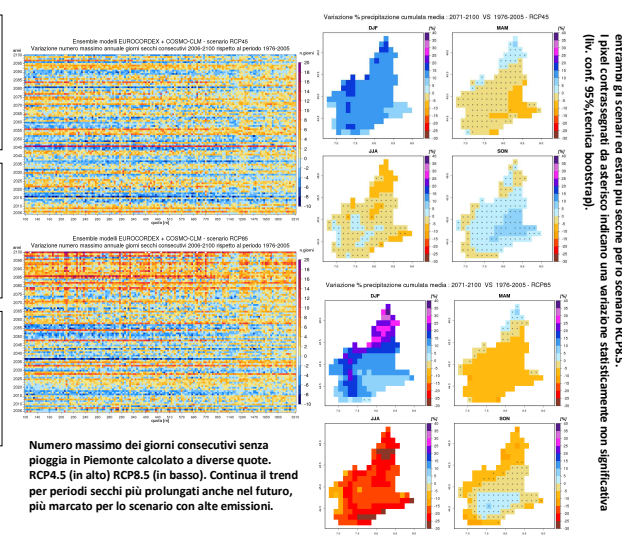
## Scenari futuri



Andamento anomalie (clima di riferimento 1976-2005) delle temperature minime (in alto) e maxime (in basso) secondo i due scenari RCP4.5 e RCP8.5. Le variazioni, positive, sono statisticamente significative (liv. conf. 95%, tecnica bootstrap).



Distribuzione delle temperature minime (a sinistra) e maxime (a destra) secondo i due scenari nei trentenni 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100. Le distribuzioni si spostano verso destra (aumento delle temperature e dei valori estremi). Variazioni statisticamente significative (liv. conf. 95%, tecnica bootstrap) per il 50°, 95° e 99° percentile nei trentenni 2041-2070 e 2071-2100. Nel trentennio 2011-2040 variazioni NON significative per il 50° percentile nello scenario RCP 4.5 (liv. conf. 95%, tecnica bootstrap).



Numero massimo dei giorni consecutivi senza pioggia in Piemonte calcolato a diverse quote. RCP4.5 (in alto) RCP8.5 (in basso). Continua il trend per periodi secchi più prolungati anche nel futuro, più marcato per lo scenario con alte emissioni.

Variazione percentuale delle precipitazioni per le quattro stagioni (estate e inverno) per il periodo 2071-2100. Cambiamenti nei regimi pluviometrico, con inverni più piovosi per entrambi gli scenari ed estati più secche per lo scenario RCP8.5. I dati ottenuti da stazioni meteorologiche non sono stati statisticamente significativi (liv. conf. 95%, tecnica bootstrap).

## Conclusioni

Sulla regione Piemonte si evidenzia un **trend positivo nelle temperature osservate**, in particolare nei valori massimi, significativo dal punto di vista statistico. Tale trend, che raggiunge i 2°C negli ultimi 60 anni, è in linea con quanto evidenziato dalla letteratura per l'area alpina. Più incerto il trend sulle precipitazioni intense, che però sembra essere in crescita. I giorni piovosi, considerando gli ultimi 18 anni, risultano in diminuzione pressoché su tutta la regione, mentre aumenta la lunghezza massima dei periodi secchi, in particolare sulle pianure. La pioggia annuale, nello stesso periodo, ha subito delle modificazioni, con un aumento in alcune zone (Verbano e basso Alessandrino) e una diminuzione in altre. Comparando i due indicatori si deduce un **aumento degli eventi intensi** laddove la pioggia annuale è aumentata. Anche gli **scenari futuri confermano le caratteristiche di hotspot climatico dell'area alpina**, con un incremento delle temperature superiore all'aumento della temperatura media globale. La distribuzione con la quota, dove gli incrementi sono attesi superiori, e nelle stagioni, con l'estate dove si raggiungeranno valori estremi più elevati con una maggiore frequenza, danno conto degli impatti potenziali sul territorio e sul sistema socio economico della regione. Le importanti modificazioni del clima delineate nello scenario emissivo RCP 8.5 rendono **necessarie azioni importanti di mitigazione per ridurre drasticamente e da subito le emissioni di gas serra**. La siccità estiva e autunnale, le precipitazioni intense nel periodo autunnale e la drastica diminuzione della quantità di neve, anche nello scenario RCP4.5, rendono **necessarie politiche di adattamento in tutti i campi**.

## References

- [1] Kalnay, E. (2003). Atmospheric modeling, data assimilation and predictability. Cambridge university press.
- [2] IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- [3] <https://www.euro-cordex.net/>
- [4] Buchignani, E., Montesarchio, M., Zollo, A. L., & Mercogliano, P. (2016). High - resolution climate simulations with COSMO - CLM over Italy: performance evaluation and climate projections for the 21st century. International Journal of Climatology, 36(2), 735-756.