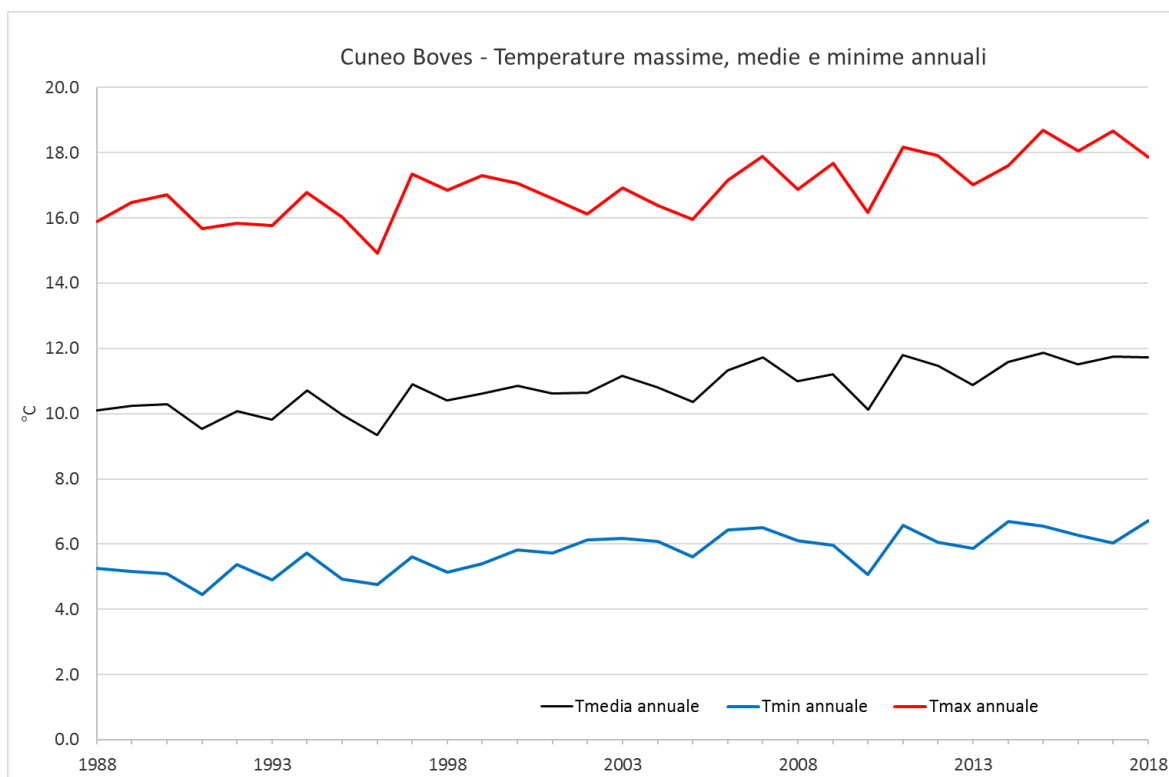


Assessment climatico della Provincia di Cuneo

Realizzato nell'ambito del progetto "CClimaTT - Cambiamenti Climatici nel Territorio Transfrontaliero", programma Interreg VA Italia-Francia Alcotra 2014-2020



Struttura Meteorologia, Clima e Qualità dell'Aria
Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali
Arpa Piemonte

Febbraio 2019

1	PREMESSA.....	4
2	INTRODUZIONE AL DOCUMENTO	6
3	IL CLIMA DELLA PROVINCIA DI CUNEO.....	7
3.1	Introduzione.....	8
3.2	Temperature.....	8
3.2.1	Andamenti annuali.....	8
3.2.2	Andamenti stagionali e mensili.....	12
3.2.3	Temperature estreme	17
3.2.4	Notti tropicali.....	20
3.2.5	Giorni tropicali.....	21
3.2.6	Giorni di gelo	22
3.3	Precipitazioni	23
3.3.1	Precipitazioni annuali.....	23
3.3.2	Precipitazioni stagionali	26
3.3.3	Numero di giorni piovosi	28
3.3.4	Precipitazioni intense.....	29
3.3.5	Siccità – massima lunghezza dei periodi secchi	31
3.4	Neve.....	33
3.4.1	Neve fresca	35
3.4.2	Neve al suolo.....	41
4	IL CLIMA DI CUNEO	53
4.1	Temperature.....	53
4.1.1	Andamenti annuali.....	53
4.1.2	Andamenti stagionali e mensili.....	56
4.1.3	Ciclo diurno.....	60
4.1.4	Notti tropicali.....	64
4.1.5	Giorni di gelo	65
4.2	Precipitazioni	66
4.2.1	Precipitazioni annuali.....	66
4.2.2	Precipitazioni stagionali	67
4.2.3	Numero di giorni piovosi	70
4.2.4	Precipitazioni intense.....	72
4.3	Vento.....	77

ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

Via Pio VII, 9 – 10135 Torino – Tel. 011 19681350 – fax 011 19681341 –

dip.rischi.naturali.ambientali@arpa.piemonte.it - rischi.naturali@pec.arpa.piemonte.it - www.arpa.piemonte.it

4.3.1	Vento medio	77
4.3.2	Massima raffica	78
5	IL CLIMA A CUNEO – GLI EFFETTI.....	81
5.1	Gradi giorno.....	81
5.2	Ondate di caldo	83
5.2.1	Definizione di ondate di caldo	83
5.2.2	Ondate di caldo e mortalità	89
5.2.3	Siccità.....	90

ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

Via Pio VII, 9 – 10135 Torino – Tel. 011 19681350 – fax 011 19681341 –

dip.rischi.naturali.ambientali@arpa.piemonte.it - rischi.naturali@pec.arpa.piemonte.it - www.arpa.piemonte.it



1 Premessa

Il rapporto di sintesi “Climate Change 2014”, pubblicato nel 2015 dal Panel Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici¹, e nel quale sono richiamate le conclusioni dei tre Gruppi di lavoro che hanno concorso a redigerlo, sancisce in modo inequivocabile il riscaldamento globale e gli impatti sulle altre componenti del sistema climatico, evidenziando come **il fattore umano sia ritenuto la causa dominante del riscaldamento globale** dal 95% della comunità scientifica internazionale. Il rapporto infatti asserisce, con un livello di probabilità superiore al 95%, che le attività antropiche sono responsabili di più del 50% dell'aumento di temperatura registrato fra 1951 e 2010.

Le concentrazioni di gas ad effetto serra sono cresciute a partire dall'era preindustriale raggiungendo livelli che non hanno precedenti nella storia dell'umanità. La concentrazione di anidride carbonica, metano e protossido di azoto è aumentata dal 1750 ad oggi del 40%, 150% e 20%, raggiungendo i valori più elevati degli ultimi 800.000 anni e sta continuando ad aumentare: il 2016 è stato l'anno in cui la concentrazione di CO₂ è stata al di sopra dei 400 p.p.m. in modo costante; nel 2017 diversi mesi hanno registrato il record di concentrazione nella storia dell'umanità.

Un nuovo record per le emissioni globali di CO₂ è stato superato nel 2018, raggiungendo il loro massimo storico. Lo rileva il rapporto del Global Carbon Project (GCP), secondo il quale le emissioni generate dall'uso dei combustibili fossili sono cresciute del 2,7% raggiungendo i 37,1 miliardi di tonnellate. Un aumento che si verifica per il secondo anno consecutivo, dopo il periodo in cui erano rimaste stabili, tra 2014 e 2016. Anche le concentrazioni in atmosfera sono in aumento intorno ai 3 p.p.m dal 2017 al 2018.

Sempre secondo il V Rapporto, la temperatura media globale è aumentata di 0,85°C dal 1880 ad oggi, con un aumento di **0.12°C/decennio** nel periodo 1951–2012, la temperatura superficiale dell'oceano è aumentata (dal 1971 al 2010 l'aumento supera **0.11°C/decennio** nei primi 75m), il livello globale medio del mare dal 1901 al 2010 è cresciuto di **0.19 m**. L'estensione ed il volume dei ghiacci si sono ridotti, la copertura nevosa nell'emisfero nord è diminuita e il permafrost è in generale degradazione. Diversi anni dal 2000 hanno superato il record di temperatura più elevata da quando sono cominciate le misurazioni strumentali della temperatura.

L'ultimo rapporto dell'IPCC “Riscaldamento globale di 1.5°C”, uscito nell'ottobre 2018, aggrava la situazione, affermando che la temperatura media globale è aumentata di circa 1°C dal periodo preindustriale e che il riscaldamento dovuto al contributo antropogenico è attualmente di circa 0,2°C per decade.

I cambiamenti climatici osservati dal 1950 ad oggi, compresi gli eventi estremi, hanno determinato impatti diffusi sui sistemi naturali e antropici, dimostrando l'elevata suscettibilità dei sistemi naturali e della società umana al clima e alla sua evoluzione.

¹ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf

Continuare ad emettere gas climalteranti in atmosfera produrrà un ulteriore riscaldamento e cambiamenti di lunga durata di tutte le componenti del sistema clima aumentando la probabilità di impatti severi, pervasivi e irreversibili per le persone e i sistemi naturali e antropici.

Sono infatti le emissioni cumulative di anidride carbonica che concorrono a determinare il riscaldamento della superficie terrestre nella seconda parte del 21° secolo e oltre. Le proiezioni sulle emissioni future di gas climalteranti variano in un range molto ampio di valori che dipendono dallo sviluppo socio economico e dalle politiche sul clima. In tutti gli scenari ipotizzati, le proiezioni indicano un aumento della temperatura media superficiale nel corso del secolo, almeno di 1.5°C oltre il livello preindustriale. Senza misure significative di mitigazione, ossia di riduzione sostanziale e prolungata nel tempo delle emissioni di gas serra, la temperatura potrebbe crescere nel range di 2°C-4°C e più.

È molto probabile che il riscaldamento globale determini un **aumento della frequenza e intensità delle ondate di calore** e dei periodi di **siccità**. Nello stesso tempo anche gli **eventi di precipitazione intensa** saranno più frequenti in molte regioni. Gli oceani continueranno a riscaldarsi e acidificarsi e il livello medio dei mari a crescere.

Al fine di evitare che il riscaldamento globale possa raggiungere livelli pericolosi per la vita sul nostro pianeta il rapporto sollecita sostanziali riduzioni delle emissioni in atmosfera di gas ad effetto serra.

Il cambiamento climatico infatti amplificherà gli attuali rischi e ne determinerà di nuovi per le persone e i sistemi naturali e antropici. I rischi saranno distribuiti in modo non uniforme e saranno generalmente più grandi per le popolazioni e le comunità svantaggiate dei paesi ad ogni livello di sviluppo. Non è da sottovalutare che la possibilità di improvvisi e irreversibili cambiamenti del clima aumenti con il crescere del riscaldamento. Molti aspetti del cambiamento climatico e degli impatti ad essi associati continueranno per secoli anche se le emissioni antropiche di gas serra saranno azzerate. In particolare, rimanere sotto 1,5°C di aumento della temperatura globale è determinante per riuscire a gestire i rischi derivanti dal cambiamento climatico conseguente; un aumento superiore potrebbe portare a impatti molto gravosi e irreversibili.

Adattamento e mitigazione sono quindi strategie complementari per ridurre e gestire i rischi del cambiamento climatico. Sostanziali riduzioni nelle emissioni nelle prossime decadi possono ridurre il rischio climatico nel 21° secolo e oltre, aumentare la probabilità di un efficace adattamento, ridurre i costi e le sfide della mitigazione nel lungo termine e contribuire ad uno sviluppo sostenibile e resiliente ai cambiamenti del clima. Efficaci decisioni per limitare il cambiamento climatico e i suoi effetti negativi devono essere basate su un ampio spettro di approcci analitici per valutare rischi e benefici attesi, anche in termini economici, ma nello stesso tempo includere strumenti di *governance* innovativa, tenere conto della dimensione etica, dell'equità, dei valori e delle diverse percezioni e risposte al rischio e alle incertezze.

Al fine di realizzare la strategia regionale di contrasto al cambiamento climatico, che contempli sia mitigazione sia adattamento, è necessario conoscere le caratteristiche climatiche della regione e la loro possibile evoluzione futura. Questo assessment dedicato alla Provincia di Cuneo, rappresenta uno dei tasselli di conoscenza indispensabile per definire e favorire l'adozione di misure di adattamento, la revisione della pianificazione settoriale e del governo del territorio che tenga conto dei nuovi o più gravosi impatti dovuti al cambiamento climatico e, insieme, disegnare le iniziative che migliorino le caratteristiche ambientali e l'attrattività del territorio, nonché la qualità della vita dei suoi abitanti.

2 Introduzione al documento

Il presente documento descrive, sulla base dei dati disponibili, il clima e le tendenze climatiche più recenti sul territorio di interesse del progetto "CCLimaTT - Cambiamenti Climatici nel Territorio Transfrontaliero", programma Interreg VA Italia-Francia Alcotra 2014-2020, nell'ambito del quale è finanziata l'analisi (WP 3 "Conoscere il cambiamento climatico nelle Alpi del Mediterraneo", attività 3.1 Analisi di dettaglio degli studi esistenti e definizione di una sintesi scientifica e divulgativa).

L'assessment climatico si basa sulla valutazione di indicatori climatici e proxy di impatto a partire da serie storiche di dati osservati disponibili ed è complementare all'atlante climatico. Quest'ultimo rappresenta infatti la "fotografia" del clima attuale dell'area, mentre l'assessment contiene la descrizione delle tendenze climatiche. Mentre per l'atlante sono stati forniti da parte dei partner francesi alcuni shapefile con una selezione di indicatori che hanno consentito la realizzazione di mappe transfrontaliere, nel caso della valutazione delle tendenze invece, l'indisponibilità di serie storiche di dati puntuali non ha reso possibile l'assessment sull'intera area interessata dal progetto, per cui il focus considerato è l'area della Provincia di Cuneo. Alcune valutazioni sono state effettuate sulla città di Cuneo, in quanto connesse a impatti climatici più urbani, e nell'ottica di fornire un supporto tecnico utile allo sviluppo di un eventuale piano di adattamento della città al cambiamento climatico.

3 Il Clima della provincia di Cuneo

Nell'intera regione Piemonte si osservano dei cambiamenti nel clima locale: un'**aumentata variabilità**, con frequenti eventi "fuori stagione" e **una rapida alternanza degli estremi**, l'intensificazione degli eventi intensi; una mutata condizione della montagna in particolare alle **quote alte**, che determinano una serie di impatti indotti sull'attività agro-silvo-pastorale, sul turismo, sui rischi naturali. Un **aumento delle temperature**, in particolare della massima estiva e delle temperature autunnali, che causano un aumento delle condizioni favorevoli allo sviluppo e alla propagazione degli **incendi boschivi** e minacciano le **riserve idriche** più durature, rappresentate dai ghiacciai, dalla neve e dal permafrost.

Le aree urbane soffrono, in particolare, degli effetti delle ondate di calore sulla salute, che si traducono in un aumento della mortalità e della morbilità, in un prolungato e anticipato periodo di pollinazione con l'insorgenza di nuovi casi di allergopatie e con la diffusione di malattie trasmesse da vettori favoriti dal riscaldamento dell'atmosfera. Ma le ondate di calore determinano impatti anche sulla gestione del verde urbano e sulla disponibilità idrica, aumentando lo stress a cui sono sottoposti i processi industriali.

Un'attenta analisi dei dati osservati consente di evidenziare alcuni cambiamenti nelle variabili meteorologiche, sia sui trend di più lungo periodo sia sulla variabilità interannuale e sugli eventi estremi.

Il lavoro qui presentato fa il punto su come il cambiamento climatico è stato "misurato" nell'intera provincia di Cuneo e nella città di Cuneo, in modo da costituire una base di partenza per evidenziare quali azioni, in quali settori e con quale urgenza, è necessario intraprendere per limitare gli impatti negativi.

La scelta è stata quella di utilizzare i dati osservati dalla metà del secolo scorso, sia per l'affidabilità del dataset, che non risente pesantemente di modifiche della strumentazione e della localizzazione, sia soprattutto per evidenziare i cambiamenti che risultano evidenti "a memoria d'uomo" e dare così evidenza della rapidità con cui la gli eventi meteorologici stanno rispondendo al riscaldamento globale.

Per alcune elaborazioni specifiche, i cui indicatori necessitano di variabili diverse alla sola temperatura e precipitazione, le serie temporali considerate sono più ridotte nel tempo.

3.1 Introduzione

L'analisi del clima passato necessita di lunghe serie storiche di dati, non sempre reperibili sul territorio e spesso non omogenee. La provincia di Cuneo, sebbene ricca di dati, non presenta una continuità ed un monitoraggio uniforme delle principali variabili meteorologiche sul suo vasto territorio del monitoraggio.

Per questo motivo l'analisi che segue è basata su elaborazioni fisico-statistiche del dipartimento Rischi Naturali ed Ambientali di Arpa Piemonte e si riferisce al periodo trentennale di riferimento 1981-2010. In particolare, le analisi sui trend, nonché le mappe riportate in seguito, hanno, come base di dati, le informazioni delle centraline meteo di Arpa Piemonte, opportunamente spazializzate su grigliato regolare mediante la metodologia statistica "Optimal Interpolation" (Kalnay, 2003; Uboldi et al. 2008; Ciccarelli et al. 2008).

3.2 Temperature

3.2.1 *Andamenti annuali*

Analizzando le temperature rilevate sull'intera provincia di Cuneo dal 1951 al 2018, opportunamente trattate dal punto di vista statistico, si osserva una tendenza all'aumento sia nelle temperature massime sia nelle temperature minime, anche se di più modesta entità (Figura 1). Tutte le tendenze sono significative dal punto di vista statistico (intervallo di confidenza del 95%), ad eccezione di quella della temperatura minima sul periodo più breve analizzato.

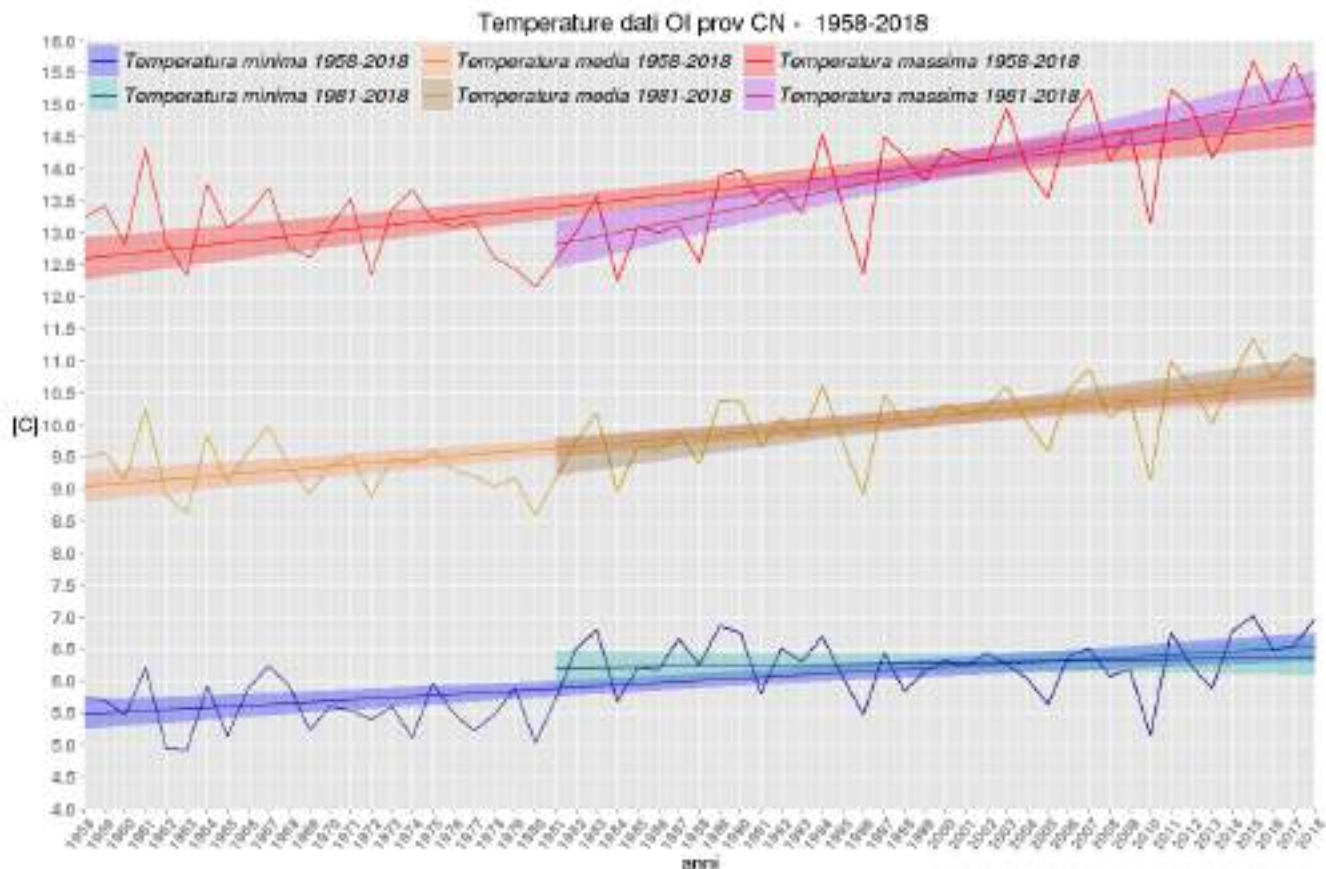


Figura 1 Tendenza delle temperature massime (in rosso), medie (in ocra) e minime (in blu) annuali sulla Provincia di Cuneo dal 1958 al 2018 e linee di tendenza sull'intero periodo considerato e nel periodo 1981-2018. Ombreggiate le bande di confidenza del fit lineare.

In particolare le **temperature massime** mostrano un trend significativo pari a circa 0,35°C ogni 10 anni sull'intero periodo e a 0,64°C ogni 10 anni nell'ultimo periodo, confermando che gli ultimi 30 anni sono quelli che hanno maggiormente contribuito al riscaldamento.

La **temperatura media** è aumentata di circa 0,26°C ogni 10 anni (0,34°C ogni 10 anni nell'ultimo periodo), mentre la **temperatura minima** mostra una tendenza al riscaldamento solo se consideriamo l'intera serie, pari a 0,18°C ogni 10 anni e una sostanziale stazionarietà negli ultimi anni.

Se analizziamo le tendenze nelle sole zone di pianura (considerando solo i punti a quota inferiore ai 700 m), (Figura 2), si osserva che i trend sono leggermente minori e la differenza fra gli ultimi anni e la serie completa risulta meno accentuata.

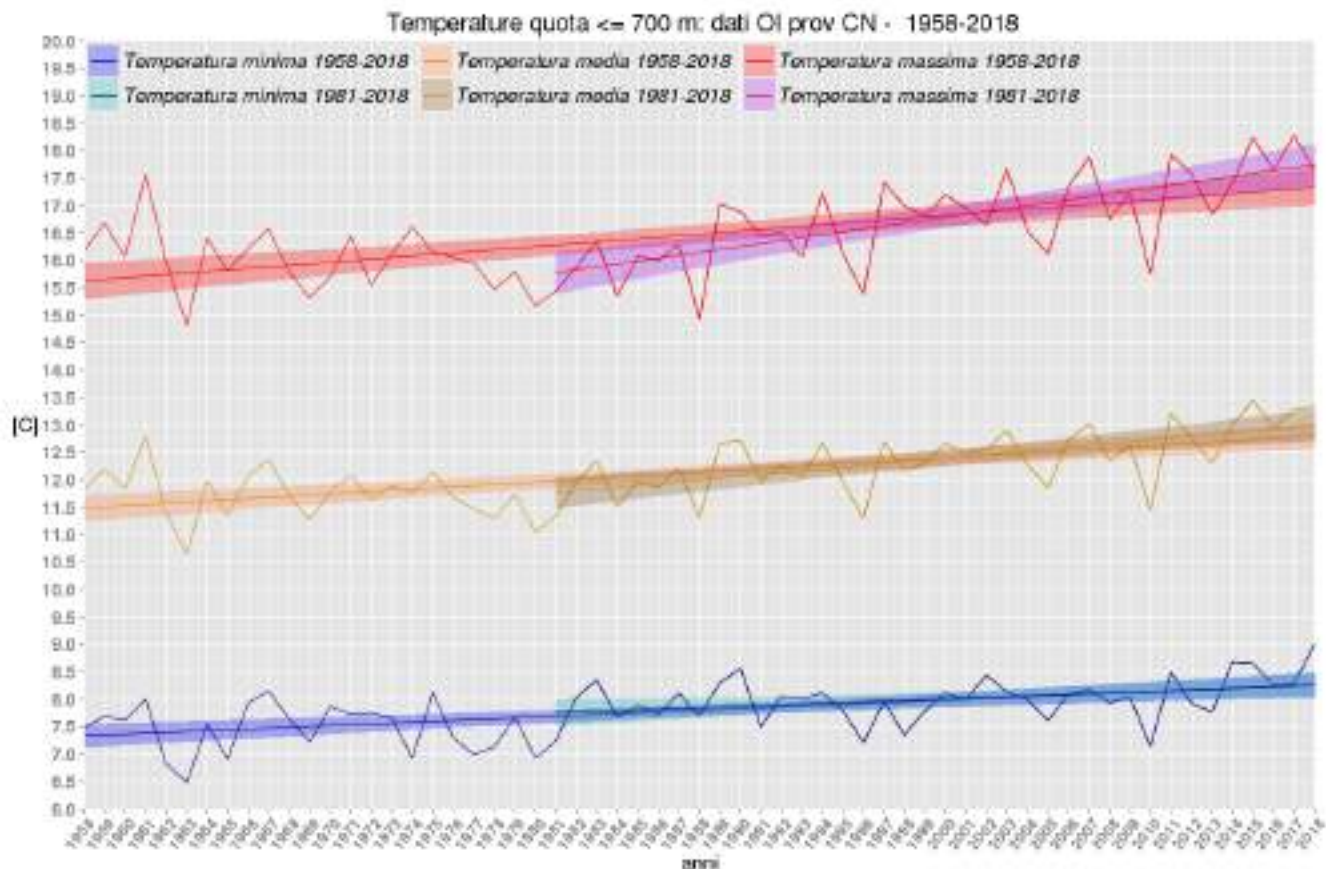


Figura 2 Tendenza delle temperature massime (in rosso), medie (in ocra) e minime (in blu) annuali sulla Provincia di Cuneo dal 1958 al 2018 per le sole zone di pianura (inferiori ai 700 m di quota) e linee di tendenza sull'intero periodo considerato e nel periodo 1981-2018. Ombreggiate le bande di confidenza del fit lineare.

Al contrario, se analizziamo le tendenze nelle sole zone di montagna (considerando solo i punti a quota superiore ai 700 m), (Figura 3), si osserva che il trend è superiore per la temperatura massima (pari a 0.73°C ogni 10 anni nell'ultimo periodo) e la differenza fra gli ultimi anni e la serie completa risulta più accentuata.

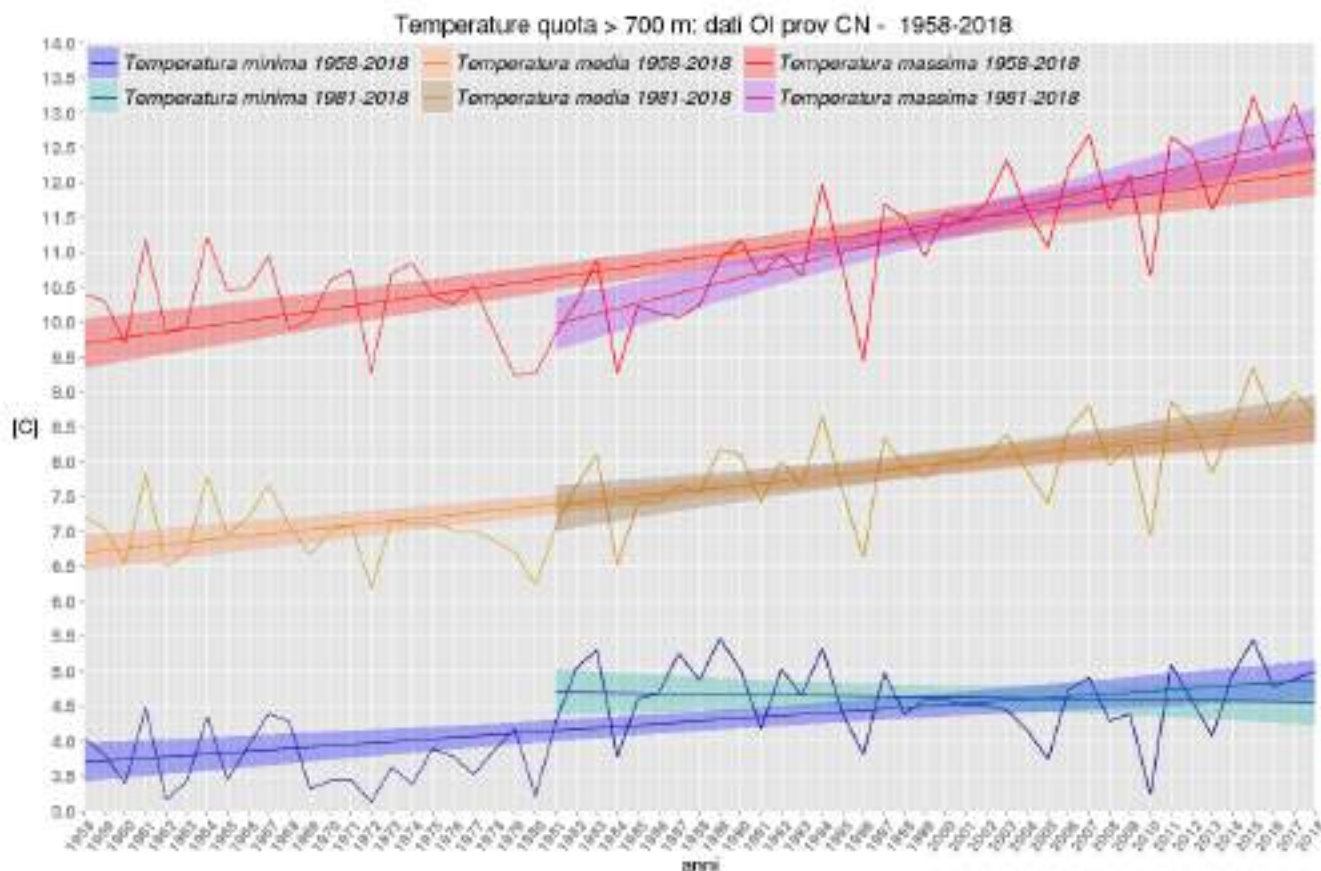


Figura 3 Tendenza delle temperature massime (in rosso), medie (in oca) e minime (in blu) annuali sulla Provincia di Cuneo dal 1955 al 2018 per le sole zone di montagna (superiori ai 700 m di quota) e linee di tendenza sull'intero periodo considerato e nel periodo 1981-2018. Ombreggiate le bande di confidenza del fit lineare.

La variabilità inter-annuale è elevata e spesso omogenea, in pianura, per la temperatura minima e la temperatura massima.

Considerando l'intero periodo di 61 anni, si può affermare che, sull'intera provincia, dal 1958 al 2018, la temperatura massima è aumentata di poco più di 2°C, la temperatura media di circa 1,5°C e la temperatura minima di circa 1°C.

Da notare come gli anni 1996 e 2010 risultino i più freddi dell'ultimo periodo considerato, mentre il 2015 e, per quanto riguarda la temperatura massima anche il 2017, i più caldi.

Considerando le **anomalie della temperatura massima**, calcolate rispetto al periodo 1981-2010, si evince che risultano quasi sempre positive a partire dal 1988 (ad eccezione del 1996 e del 2010) e mostrano una decisa tendenza all'aumento (Figura 4). Questo andamento negli anni più recenti dà conto di un'aumentata variabilità meteorologica, con temperature minime stazionarie o relativamente più basse e massime mediamente più alte.

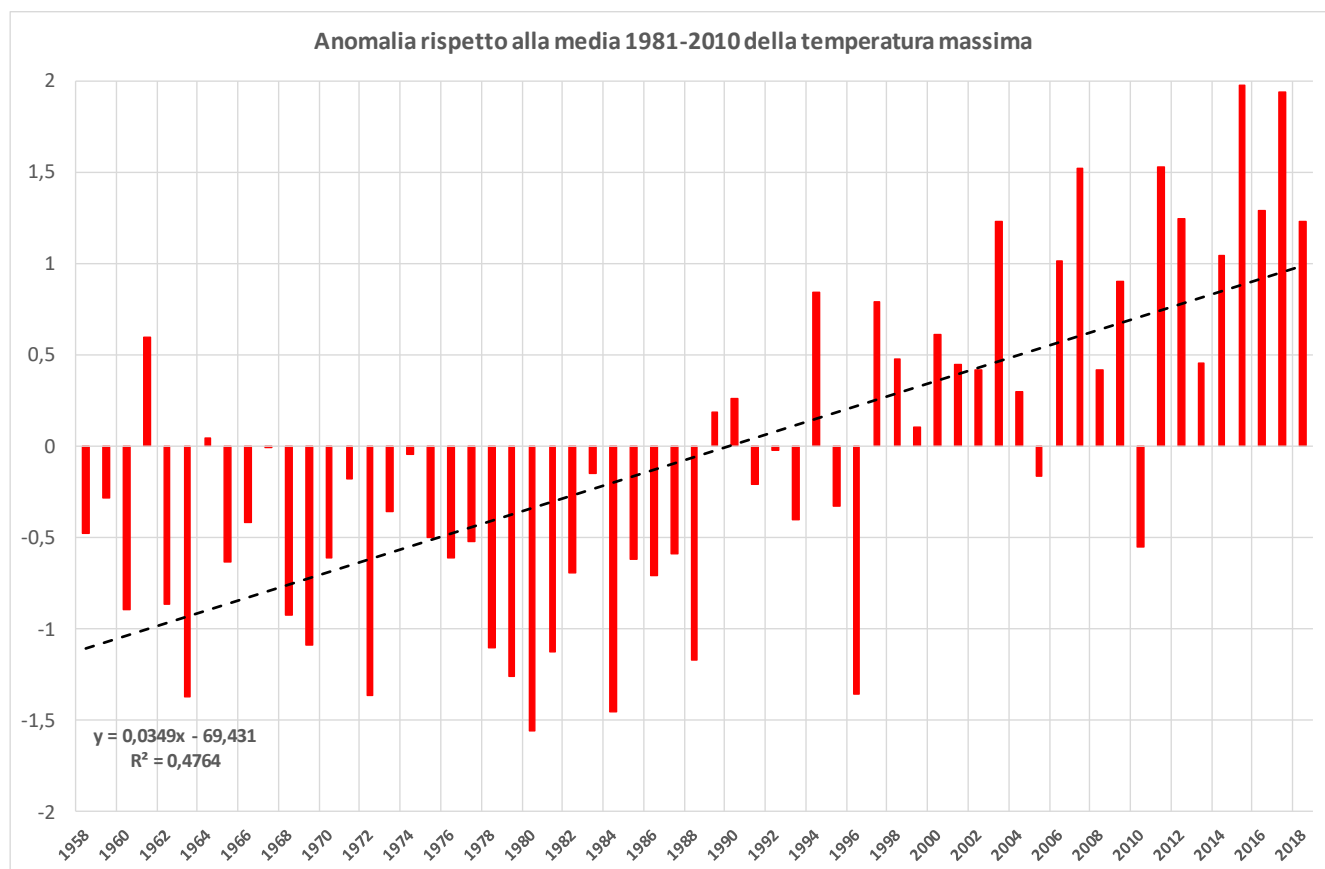


Figura 4 Anomalia della temperatura massima (in rosso) annuale dal 1951 al 2018 nella Provincia di Cuneo rispetto al periodo di riferimento 1981-2010. In nero la linea di tendenza lineare.

3.2.2 Andamenti stagionali e mensili

Per capire come le tendenze si distribuiscono nelle stagioni, la medesima analisi è stata effettuata per le stagioni meteorologiche: dicembre-gennaio-febbraio DJF, marzo-aprile-maggio MAM, giugno-luglio-agosto JJA e settembre-ottobre-novembre SON.

Considerando la **stagione invernale** (mesi di dicembre, gennaio e febbraio), emergono l'inverno 1961-1962 e 2009-2010 come i più freddi della serie e gli inverni 1988-1989 e 2006-2007 come i più caldi (Figura 5). La tendenza delle temperature massime risulta positiva e si può distinguere un comportamento diverso degli ultimi 30 anni circa rispetto ai 30 precedenti. Le temperature minime risultano invece pressoché stazionarie, con una lieve diminuzione nell'ultimo periodo. Le tendenze sul periodo lungo sono statisticamente significative per tutte le variabili, sul breve periodo solo per la temperatura massima.

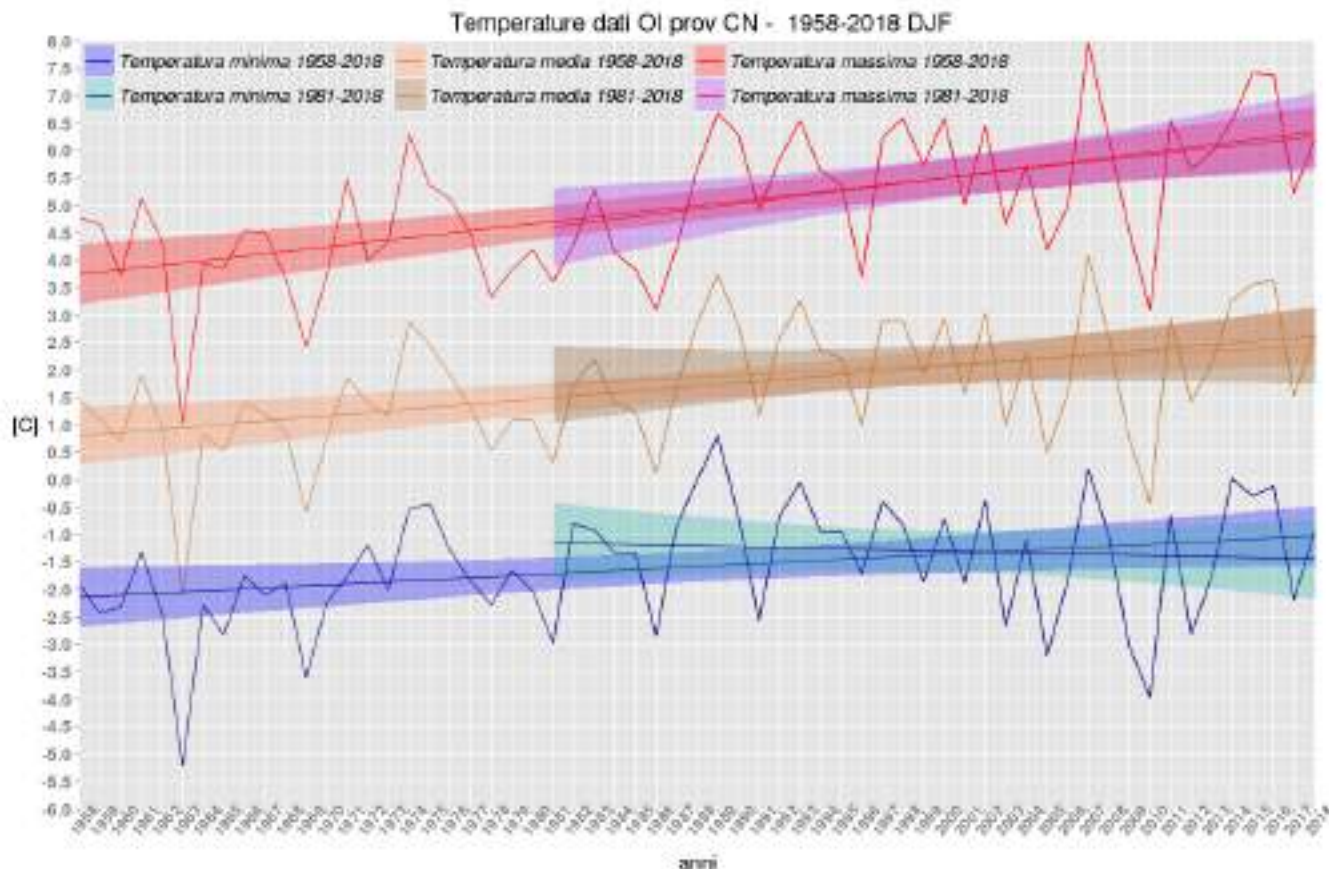


Figura 5 Tendenza delle temperature massime (in rosso), medie (in ocra) e minime (in blu) del periodo DJF sulla Provincia di Cuneo dal 1955 al 2018 e linee di tendenza sull'intero periodo considerato e nel periodo 1981-2018. Ombreggiate le bande di confidenza del fit lineare.

Considerando il **periodo primaverile**, si osserva una tendenza positiva delle temperature massime e medie superiore a quella invernale, in particolare le massime dal 1981 al 2018 mostrano una forte tendenza all'aumento (0.86°C in 10 anni); le temperature minime mostrano una lieve tendenza all'aumento con un trend confrontabile nei due periodi (Figura 6). Le tendenze sul periodo lungo sono statisticamente significative per tutte le variabili, sul breve periodo solo per la temperatura media e massima.

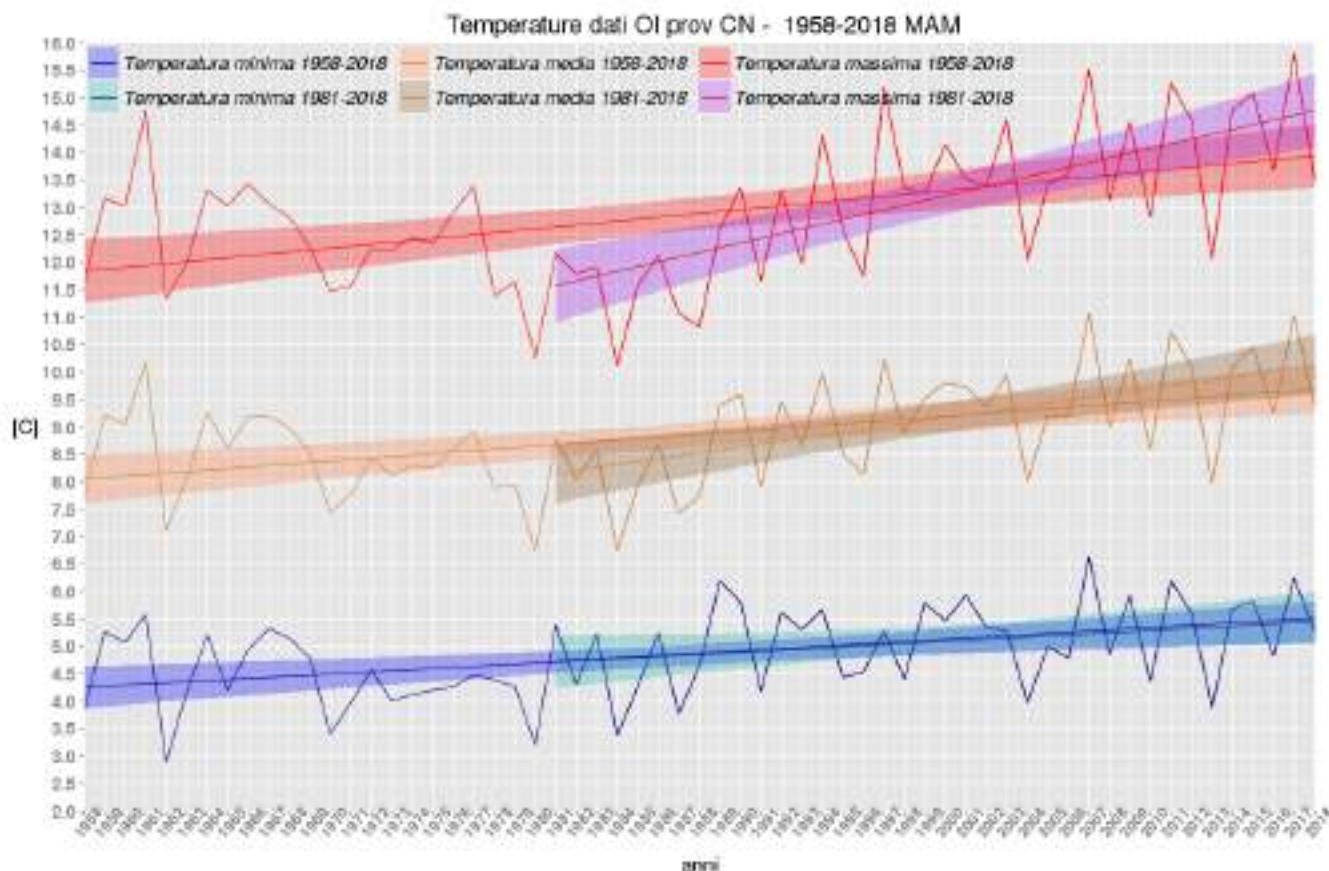


Figura 6 Tendenza delle temperature massime (in rosso), medie (in ocra) e minime (in blu) del periodo MAM sulla Provincia di Cuneo dal 1955 al 2018 e linee di tendenza sull'intero periodo considerato e nel periodo 1981-2018. Ombreggiate le bande di confidenza del fit lineare.

Anche il **periodo estivo** evidenzia un aumento delle temperature massime e medie più marcato soprattutto nell'ultimo periodo. Le temperature minime, pur seguendo la variabilità inter-annuale, risultano stazionarie, in particolare negli ultimi 30 anni (0.74°C in 10 anni). mostrano una lieve tendenza alla diminuzione. Da notare il picco dell'estate 2003, seguito da quello del 2015 (Figura 7). Le tendenze sul periodo lungo sono statisticamente significative per tutte le variabili, sul breve periodo solo per la temperatura massima.

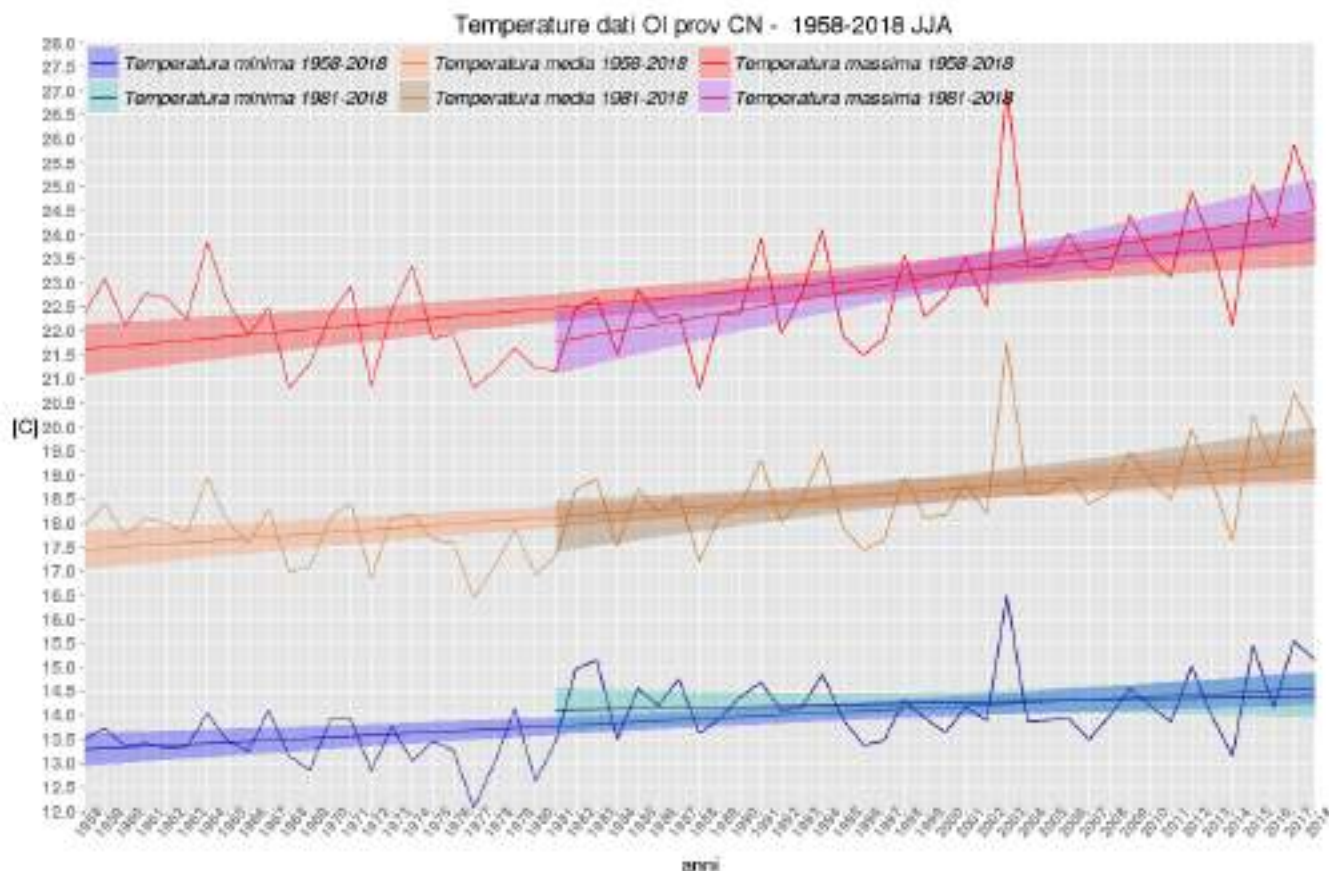


Figura 7 Tendenza delle temperature massime (in rosso), medie (in ocra) e minime (in blu) del periodo JJA sulla Provincia di Cuneo dal 1955 al 2018 e linee di tendenza sull'intero periodo considerato e nel periodo 1981-2018. Ombreggiate le bande di confidenza del fit lineare.

Nel **periodo autunnale** le temperature massime mostrano ancora una tendenza positiva; meno marcata è la crescita delle medie, le minime sono pressoché stazionarie (Figura 8). Le tendenze sul periodo lungo sono statisticamente significative per la massima e la media, sul breve periodo solo per la temperatura massima.

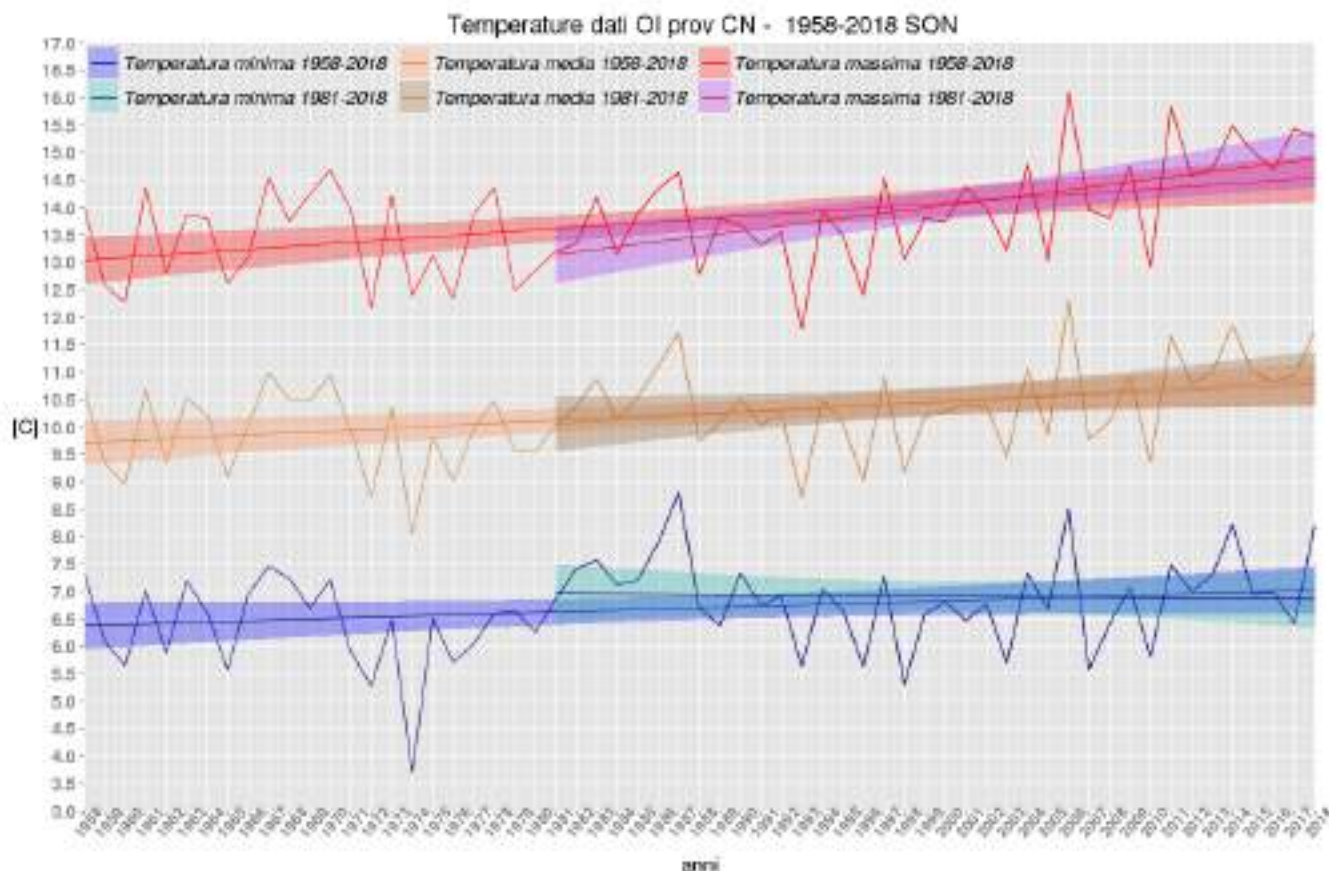


Figura 8 Tendenza delle temperature massime (in rosso), medie (in ocra) e minime (in blu) del periodo SON sulla Provincia di Cuneo dal 1955 al 2018 e linee di tendenza sull'intero periodo considerato e nel periodo 1981-2018. Ombreggiate le bande di confidenza del fit lineare.

Negli ultimi 38 anni la tendenza, in particolare della temperatura massima, è ampiamente positiva, con incrementi considerevoli nelle stagioni estive e autunnali, come si evince dalla tabella sottostante.

Tendenza delle temperature massime 1981-2018		
DJF	0.47°C	0.35°C
MAM	0.35°C	
JJA	0.74°C	
SON	0.47°C	

Tabella 1 Tendenza della temperatura massima in °C ogni 10 anni per il periodo dal 1981 al 2018 per le diverse stagioni e, a destra, per tutto l'anno.

Anche gli andamenti delle **temperature massime, medie e minime mensili** confermano la tendenza al riscaldamento. Per evidenziare il cambiamento più recente, sono stati considerati gli ultimi 37 anni rispetto al periodo precedente 1951-1980. Le temperature risultano più elevate nei mesi di dicembre e gennaio e nei mesi estivi luglio e agosto. Le minime mostrano una variazione minore rispetto alle massime (Figura 9).

L'aumento delle temperature massime è distribuito nel corso dell'intero anno, con un valore superiore nel periodo estivo.

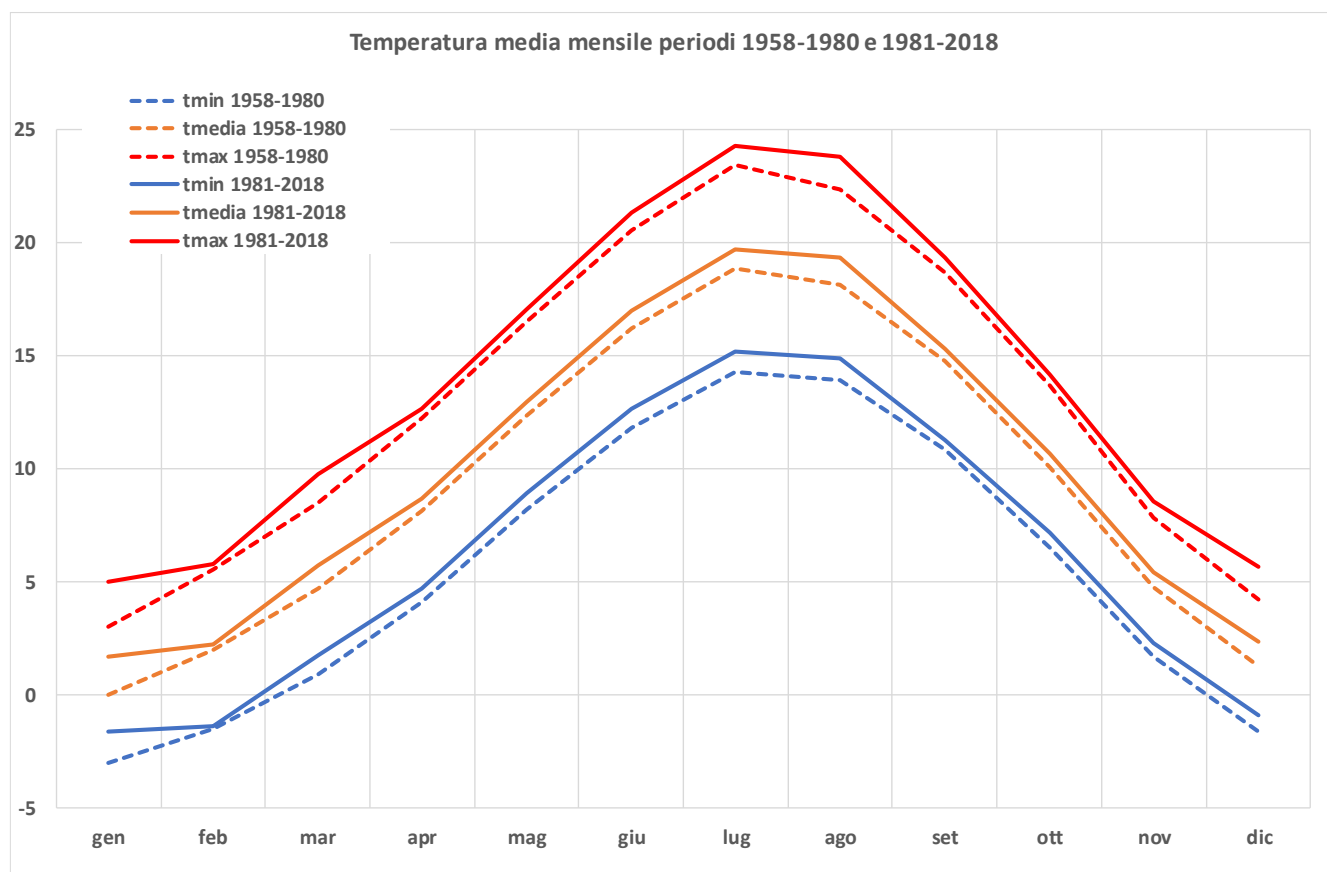


Figura 9 Andamento della temperatura media (in nero), minima (in blu) e massima (in rosso) mensile mediata sul periodo 1951-2000 e della temperatura media (in nero tratteggiato), minima (in blu tratteggiato) e massima (in rosso tratteggiato) mensile mediata sul periodo 2001-2016.

3.2.3 Temperature estreme

Interessante è osservare come l'effetto del riscaldamento si riflette anche sulla forma della distribuzione in frequenza della temperatura stessa, modificandone così non solo il valore medio ma anche gli estremi. Preliminarmente si può osservare che, rispetto ad altre aree territoriali, la distribuzione sia delle temperature massime sia delle minime si scosta dalla forma gaussiana. Il valore della moda (valore con maggior frequenza) si discosta significativamente dalla mediana e risulta

inferiore di alcuni gradi. Questo significa che i valori relativamente più freddi si concentrano maggiormente intorno a un valore di picco, mentre quelli relativamente più caldi sono distribuiti su un range di valori più ampio.

Confrontando la **distribuzione della temperatura massima giornaliera** del periodo 1981-2018 con quella del periodo 1958-1980 si evidenzia un lieve spostamento verso destra della distribuzione, con aumento della mediana e di tutti i percentili più elevati: il 95° percentile aumenta di poco più di 1°C e il 99° percentile di circa 1.3°C (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

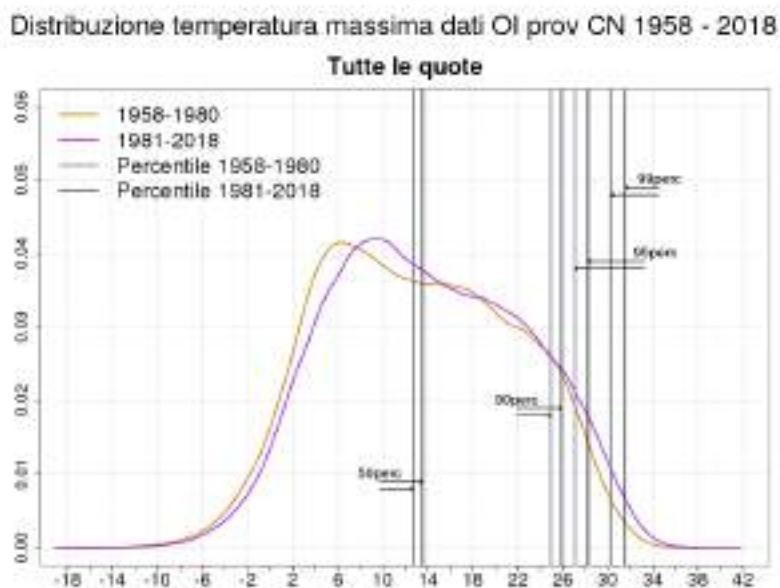


Figura 10 Distribuzione dei valori della temperatura massima annuale sulla provincia di Cuneo nel periodo 1958-1980 (in rosso) e 1981-2018 (in blu). Le righe verticali rappresentano il 50°, 95° e 99° percentile della distribuzione nei due periodi considerati.

Se consideriamo in modo separato le zone di montagna (con quota superiore ai 700m) e quelle di pianura (con quota inferiore ai 700m) vediamo che le variazioni sia della mediana sono maggiori in montagna, mentre per i percentili più elevati le differenze sono più elevate quasi sempre in pianura.

temperatura massima			
	tutte le quote	pianura	montagna
50°	0,81	0,61	1,05
90°	0,97	1,13	0,89
95°	1,17	1,25	0,93
99°	1,27	1,21	1,31

Tabella 2 Variazioni in °C del valore dei percentili relativi alla distribuzione della temperatura massima, per tutte le quote considerate insieme, per le zone di montagna (superiori ai 700m di quota) e per quelle di pianura (inferiori ai 700m di quota).

Se consideriamo i percentili più elevati del periodo precedente (1958-1980), ad esempio il 95°, vediamo che nel periodo più recente (1981-2018) diventa il 90° per le zone di pianura, ciò significa

che i valori estremi superiori che si presentavano nel 5% dei giorni, nell'ultimo periodo si presentano il 10% dei giorni.

Anche confrontando la **distribuzione della temperatura minima giornaliera** del periodo 1981-2018 con quella del periodo 1958-1980 si evidenzia un spostamento verso destra della distribuzione ma decisamente meno rilevante. I percentili aumentano di circa 0,5°C.

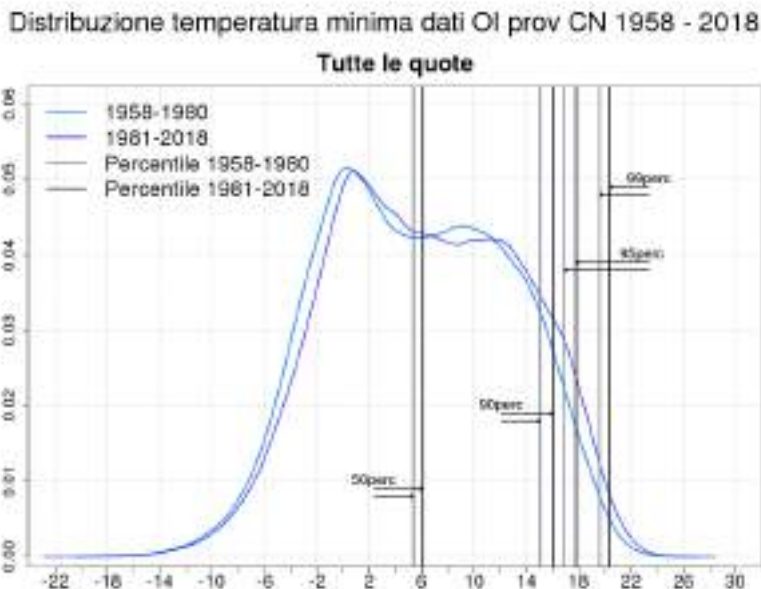


Figura 11 Distribuzione dei valori della temperatura minima annuale sulla provincia di Cuneo nel periodo 1958-1980 (in azzurro) e 1981-2018 (in blu). Le righe verticali rappresentano il 50°, 95° e 99° percentile della distribuzione nei due periodi considerati.

Se consideriamo in modo separato le zone di montagna (con quota superiore ai 700m) e quelle di pianura (con quota inferiore ai 700m) vediamo che le variazioni sono inferiori a quelle della temperatura massima sia della mediana sia dei percentili più elevati. Solo in montagna i valori dei percentili aumentano in modo più significativo. In pianura non sembra alterarsi la forma della distribuzione ma si ha solo un leggero shift verso destra, cioè verso valori più elevati.

temperatura minima			
	tutte le quote	pianura	montagna
50°	0,71	0,62	0,91
90°	0,96	0,66	1,32
95°	0,9	0,67	1,63
99°	0,75	0,67	2,02

Tabella 3 Variazioni in °C del valore dei percentili relativi alla distribuzione della temperatura minima, per tutte le quote considerate insieme, per le zone di montagna (superiori ai 700m di quota) e per quelle di pianura (inferiori ai 700m di quota)

3.2.4 Notti tropicali

L'indicatore "notti tropicali" esprime il numero di giorni con temperatura minima dell'aria maggiore di 20°C. Questo indice denota condizioni di disagio nelle ore notturne ed è significativo per valutare gli eventi termici estremi e la presenza di eventuali tendenze significative.



Figura 12 Distribuzione del numero di notti tropicali del periodo estivo (maggio-settembre) media nel periodo dal 1981 al 2010 sulla Provincia di Cuneo.

Se si considerano le notti tropicali del periodo considerato (Figura 12) e la loro distribuzione territoriale, si osserva che il numero medio risulta essere piuttosto contenuto rispetto ad altre aree della regione, e che i valori più elevati si riscontrano nelle zone pianeggianti a nord di Savigliano.

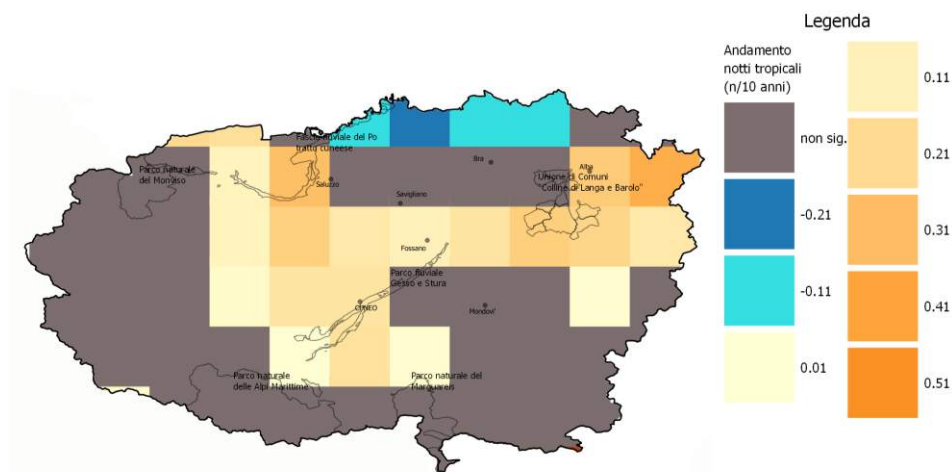


Figura 13 Tendenza del numero di notti tropicali del periodo estivo (maggio-settembre) nel periodo dal 1958 al 2018 sulla Provincia di Cuneo (numero di giorni ogni 10 anni). In grigio le aree dove il trend non è significativo.

Osservando le tendenze del numero di notti tropicali, risulta che sono positive e significative dal punto di vista statistico sulle aree più vicino alle grandi pianure e sulle zone prealpine, anche se il valore del

trend è piuttosto basso, mediamente meno di un giorno in 30 anni (corrispondente comunque a circa il 10%).

3.2.5 Giorni tropicali

I “giorni tropicali” rappresentano un indicatore sulle condizioni di rischio meteorologico dovute a elevate temperature che si verificano quando la temperatura massima giornaliera è superiore ai 30°C

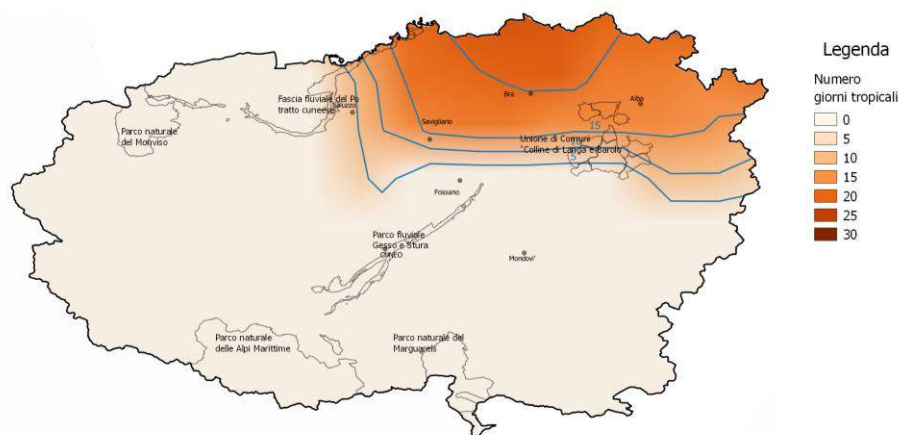


Figura 14 Distribuzione del numero di giorni tropicali del periodo estivo (maggio-settembre) media nel periodo dal 1981 al 2010 sulla Provincia di Cuneo.

Dalla Figura 14 si osserva come solo le zone di pianure più adiacenti alla pianura torinese registrino un numero di giorni tropicali significativo, che non supera i 30 giorni. Le pianure più a sud, ricomprese tra Fossano, Cuneo e Mondovì e a est di quest’ultima, così come le zone montuose, presentano un numero molto limitato, anche se non nullo, di giorni tropicali.

Osservando invece il trend dei giorni tropicali (Figura 15), si vede che è positivo e significativo su gran parte della Provincia, ad eccezione delle zone montane. I valori più elevati si trovano sulle zone pianeggianti più settentrionali, intorno a Savigliano, dove superano 1 giorno ogni 20 anni. Si tratta delle medesime aree dove i valori medi sono già i più elevati.

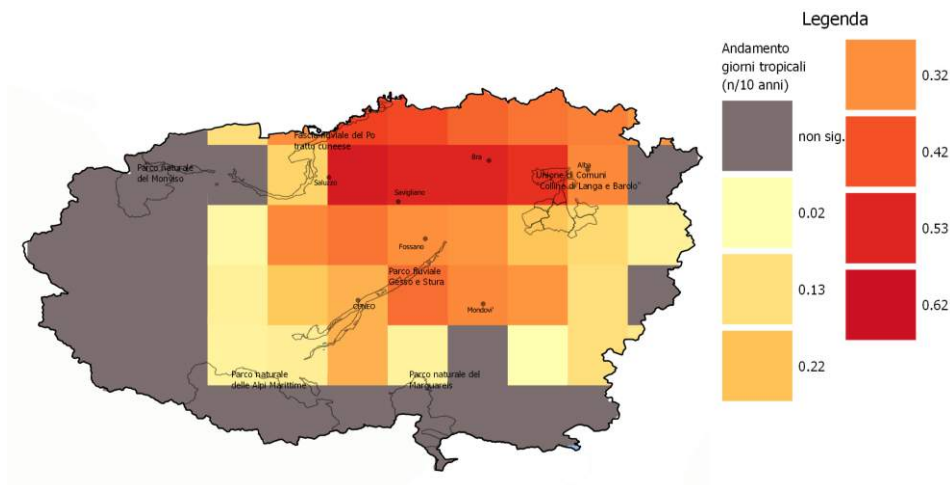


Figura 15 Tendenza del numero di giorni tropicali del periodo estivo (maggio-settembre) nel periodo dal 1958 al 2018 sulla Provincia di Cuneo (numero di giorni ogni 10 anni). In grigio le aree dove il trend non è significativo.

3.2.6 Giorni di gelo

I “giorni di gelo” rappresentano un indicatore sulle condizioni di rischio meteorologico dovute a basse temperature che si verificano quando la temperatura minima giornaliera è inferiore 0°C (giorni di gelo). Per le zone pianeggianti possono rappresentare una vera e propria condizione di rischio per la salute, per la viabilità e, se tardive nella stagione, anche per l’agricoltura. In montagna l’indicatore fornisce una sorta di misura della misurabilità delle condizioni climatiche invernali.

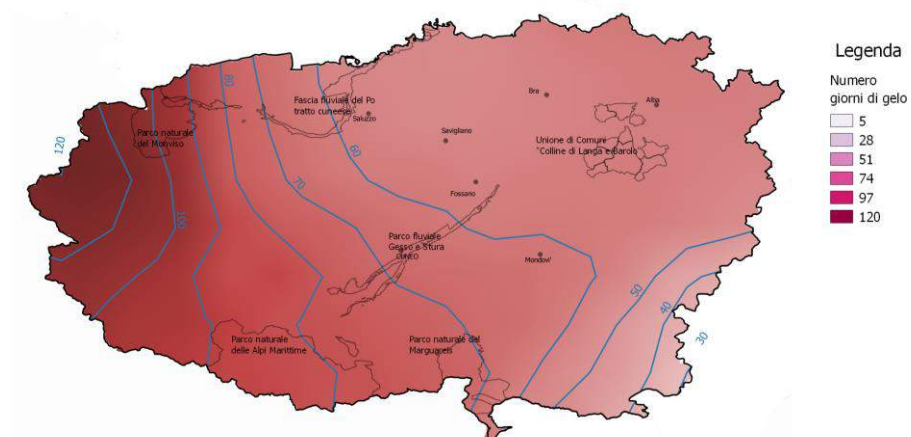


Figura 16 Distribuzione del numero di giorni di gelo del periodo da novembre a marzo, mediata nel periodo dal 1955 al 2018 sulla Provincia di Cuneo.

Dalla Figura 16 si osserva come il numero di giorni di gelo sia superiore ai 50 in quasi tutta l’area piaggiante, analogamente con quanto avviene sulle pianure occidentali, diminuendo solo verso la zona di Cuneo, mentre in montagna i valori sono superiori ai 60-70 con punte fino a 120 nelle zone più interne.

Considerando la tendenza di questo indicatore (Figura 17), si osserva come risulti negativo e significativo su gran parte della Provincia, incluse le zone di montagna, in alcune aree superando anche il valore di 1 giorno in 10 anni.

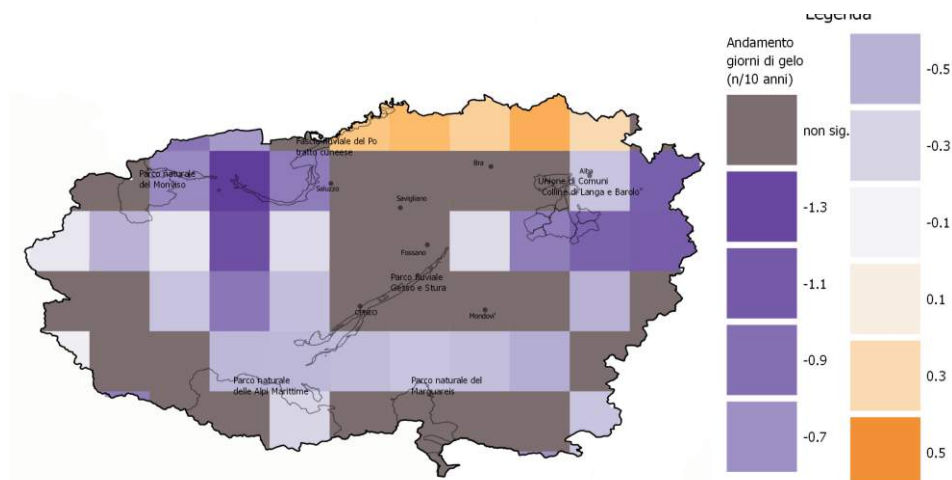


Figura 17 Tendenza del numero di giorni di gelo del periodo da novembre a marzo, nel periodo dal 1958 al 2018 sulla Provincia di Cuneo (numero di giorni ogni 10 anni). In grigio le aree dove il trend non è significativo.

3.3 Precipitazioni

3.3.1 Precipitazioni annuali

L'analisi delle anomalie di precipitazione cumulata media annua sulla provincia di Cuneo dal 1958 al 2018 rispetto al periodo 1981-2010 non delinea una tendenza chiara e statisticamente significativa, piuttosto si osservano periodi di più anni consecutivi al di sotto della norma di riferimento, alternati ad altri in cui l'apporto di precipitazione, nel corso dell'annata, risulta positivo oltre la media (Figura 18).

Anomalia precipitazione rispetto alla media del periodo 1981-2010

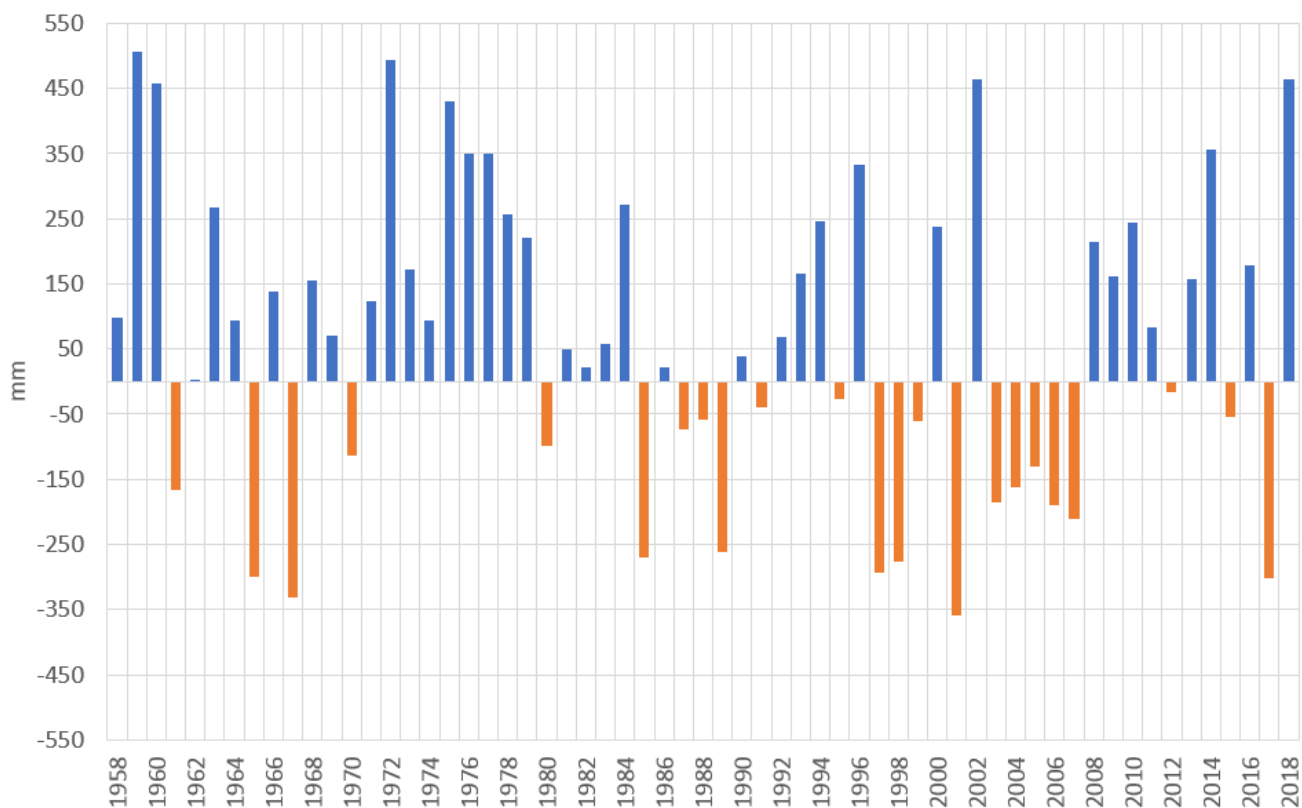


Figura 18 Anomalia della precipitazione media annuale dal 1958 al 2018 sulla Provincia di Cuneo rispetto al periodo di riferimento 1981-2010. In arancione gli anni con anomalie negative (anni meno piovosi) in azzurro le anomalie positive (anni più piovosi rispetto al periodo di riferimento).

Poiché il periodo preso a riferimento è un periodo piuttosto asciutto (media di 896 mm rispetto ai 963 mm dell'intero periodo), complessivamente risultano in numero superiore gli anni più piovosi.

Per valutare se questo cambiamento del regime medio del periodo di riferimento influisce sull'evidenza di qualche tendenza, è stata calcolata la seguente anomalia anche su un periodo relativamente più piovoso (1971-2000 con 980 mm di pioggia media) (Figura 19).

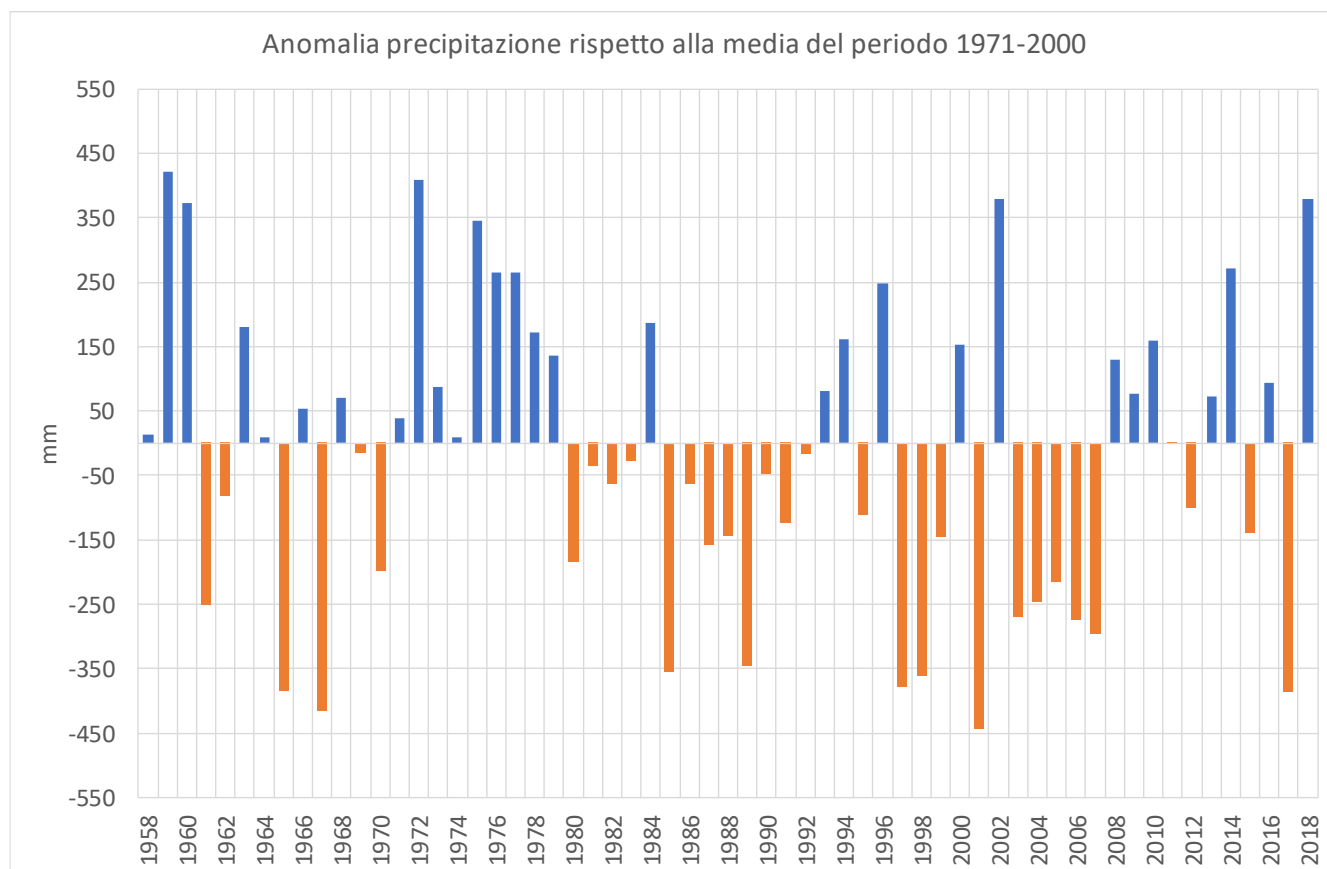


Figura 19 Anomalia della precipitazione media annuale dal 1958 al 2018 sulla Provincia di Cuneo rispetto al periodo di riferimento 1971-2000. In arancione gli anni con anomalie negative (anni meno piovosi) in azzurro le anomalie positive (anni più piovosi rispetto al periodo di riferimento).

In questo caso la distribuzione fra anni più piovosi e meno piovosi è simile con una lieve predominanza degli anni più asciutti.

Del nuovo millennio, il 2003 e il 2017 risultano gli anni più secchi, mentre il 2002 e il 2018 i più piovosi. Dall'analisi effettuata non si evince un aumento della variabilità inter-annuale.

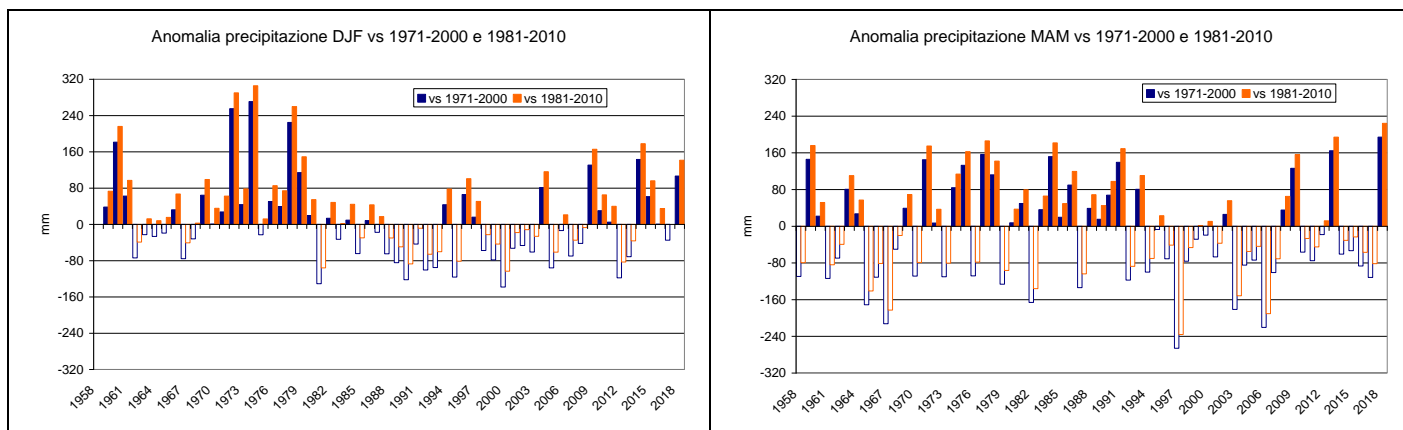
3.3.2 Precipitazioni stagionali

Anche l'analisi delle precipitazioni stagionali dal 1958 al 2018 non mostra una netta tendenza all'aumento o alla diminuzione, sia considerando il periodo di riferimento 1971-2000 sia quello più recente 1981-2010. La tabella sottostante illustra le differenze delle precipitazioni medie stagionali considerando i due periodi di riferimento e l'intera serie disponibile (Tabella 4).

	DJF	MAM	JJA	SON
1971-2000	166,1	320,4	214,7	280,2
1981-2010	131,3	290,5	194,1	280,6
1958-2018	166,1	299,4	200,8	298,2

Tabella 4 Precipitazione media stagionale nei periodi climatici differenti (in mm).

Interessante osservare come il periodo 1981-2010 presenti una precipitazione generalmente minore, a eccezione dell'autunno. Per questa stagione non cambia considerare i due trentenni, che hanno entrambi una media leggermente più bassa dell'intero periodo. Per quanto riguarda l'inverno, l'intera serie e il periodo che comprende gli anni '70 mostrano la medesima media, a testimonianza del fatto che nel trentennio più recente si è assistito a una diminuzione delle precipitazioni. La stessa cosa si può dire per le stagioni primaverili ed estive, anche se in un trend di diminuzione complessiva. Il regime delle precipitazioni in autunno non sembra essere modificato negli ultimi 40-50 anni. Considerando le anomalie stagionali anno per anno, si può comunque osservare che a partire dalla metà degli anni '80 sembrano essere predominanti gli anni meno piovosi (anomalie negative) tranne che nel periodo autunnale dove sono maggiori gli anni caratterizzati da un'anomalia positiva (Figura 20).



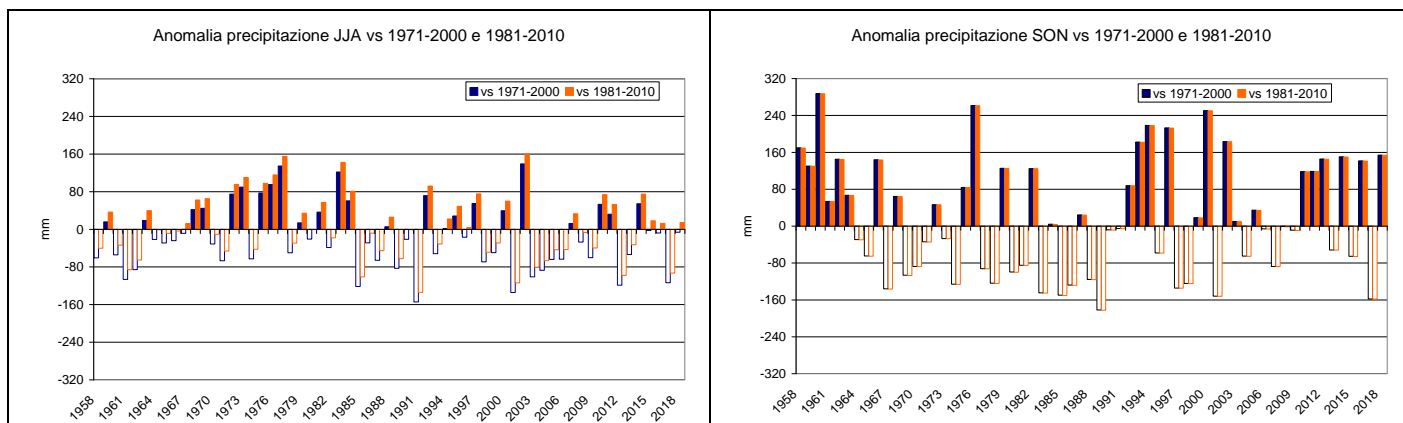


Figura 20 Anomalia delle precipitazioni invernali (in alto a sinistra), primaverili (in alto a destra), estive (in basso a sinistra) e autunnali (in basso a destra) relative alla provincia di Cuneo nel periodo 1958-2018 rispetto alla media del periodo 1971-2000 (in blu) e 1981-2010 (in arancione). Gli anni al di sopra della media, istogramma pieno, quelli al di sotto della media solo bordo.

Osservando il periodo estivo e autunnale, si evidenziano gli anni relativamente più asciutti. In particolare, nella seconda metà degli anni '80, il territorio si è trovato a dover affrontare più estati consecutive di scarse piogge, mentre a fine anni '70 la situazione era opposta.

Se si considera il ciclo annuale della pioggia dividendo in due l'intera serie e considerando quindi i periodi 1958-1980 e 1981-2018 (Figura 21) si può notare una variazione importante della quantità di pioggia nei primi tre mesi dell'anno, che risultano decisamente più asciutti nel periodo più recente. Anche luglio, agosto, dicembre e ottobre risultano meno piovosi nel periodo più recente, mentre il mese di aprile più piovoso.

I mesi più piovosi dell'anno si concentrano nei mesi primaverili (aprile e maggio), seguiti da novembre e ottobre. Nell'ultimo periodo (1981-2018) il mese più piovoso risulta aprile, mentre nel periodo precedente (1958-1980) era ottobre. Il mese meno piovoso del periodo più recente è gennaio, mentre in precedenza era luglio. Il mese autunnale più piovoso, se era ottobre nel periodo 1958-1980, diventa novembre negli anni più recenti (Figura 21).

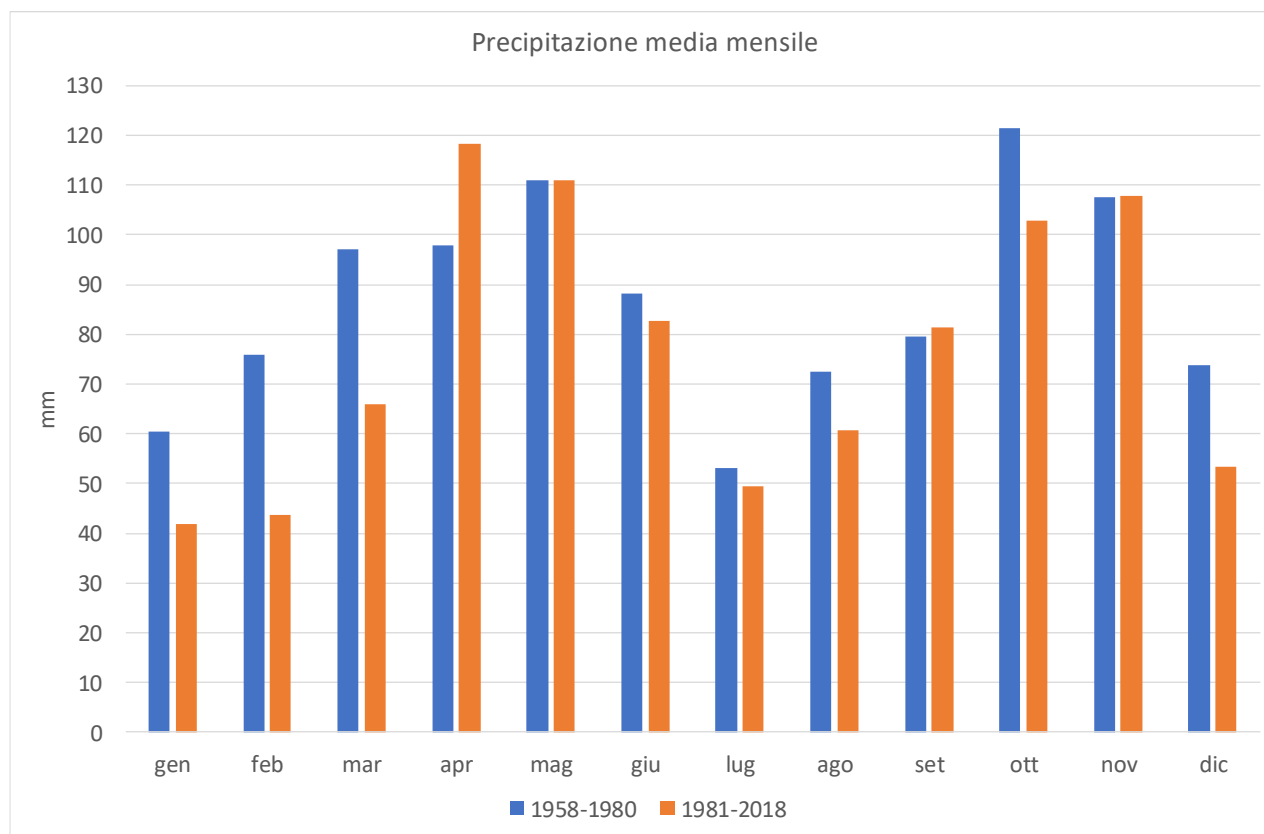


Figura 21 Andamento della precipitazione media mensile dei periodi 1958-1980 (in blu) e 1981-2018 (in arancione) sulla Provincia di Cuneo.

3.3.3 Numero di giorni piovosi

Il numero di giorni piovosi, con precipitazione superiore a 1mm, è un indicatore importante perché, insieme alla quantità di precipitazione, consente di caratterizzarne l'intensità.

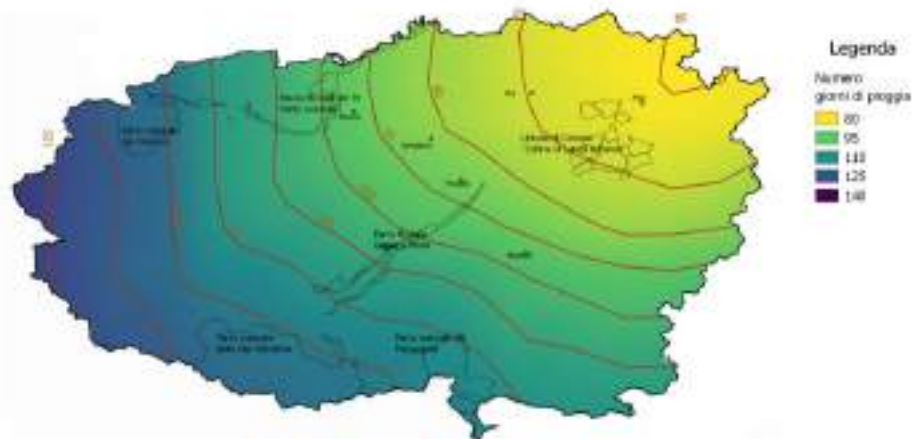


Figura 22 Numero medio di giorni piovosi (precipitazione superiore ad 1 mm) annuali sulla provincia di Cuneo sul periodo 1981-2010.

Il numero di giorni piovosi aumenta passando dalle zone pianeggianti, dove è intorno agli 80-90 all'anno, alle zone di montagna, dove arriva a 120-125 giorni all'anno (Figura 22).

3.3.4 Precipitazioni intense

Per valutare eventuali tendenze nelle precipitazioni intense, sono stati analizzate le distribuzioni storiche delle precipitazioni giornaliere.

Dati OI 1958-2018 : Boxplot annuali precipitazione ≥ 1 mm con trend valori massimi

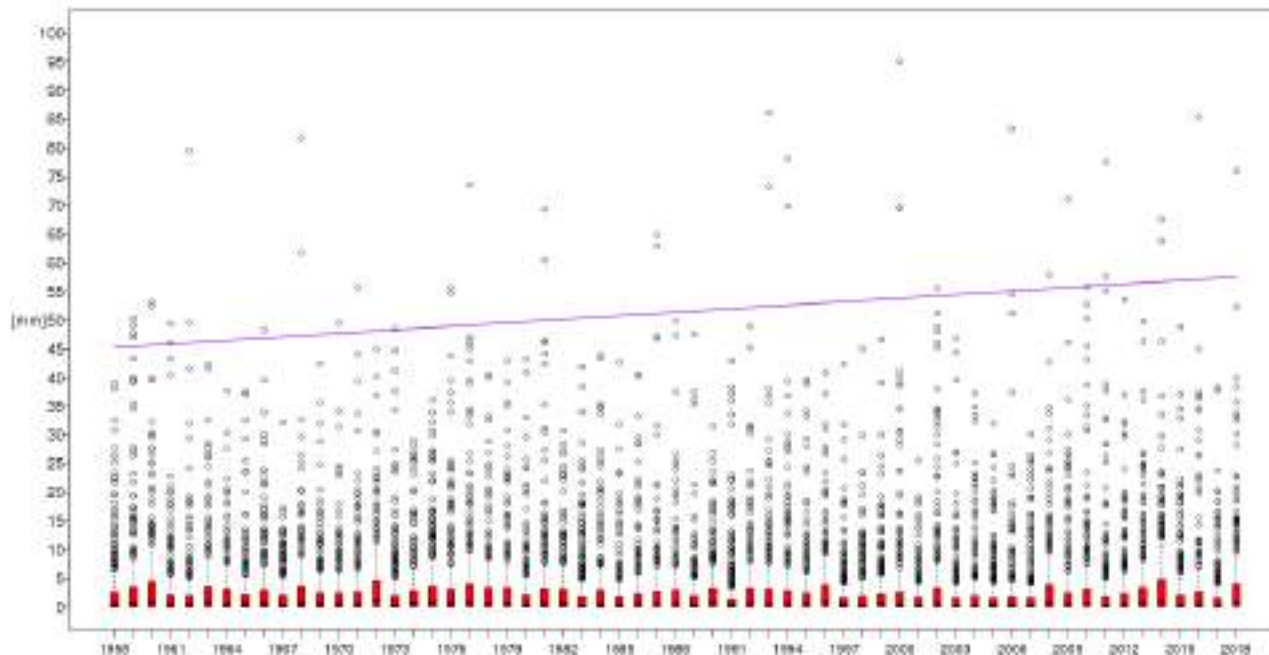


Figura 23 Boxplot annuali delle precipitazioni giornaliere dal 1958 al 2018 sulla Provincia di Cuneo. In viola la linea di tendenza relativa ai massimi annuali (non significativa).

Dal punto di vista delle **precipitazioni intense**, a livello dell'intera provincia di Cuneo, considerando i dati giornalieri (Figura 23), non si evince una tendenza all'aumento, né nei valori medi né nei percentili più elevati. Una tendenza positiva si ritrova nei valori massimi assoluti, ma non significativa dal punto di vista statistico.

Per evidenziare una eventuale dipendenza stagionale nell'aumento dei massimi i medesimi boxplot sono rappresentati per le precipitazioni giornaliere nelle diverse stagioni meteorologiche: dicembre-gennaio-febbraio, marzo aprile-maggio, giugno-luglio-agosto, settembre-ottobre-novembre (Figura 24).

Dati OI 1958-2018 : Boxplot annuali precipitazione >= 1mm con trend valori massimi

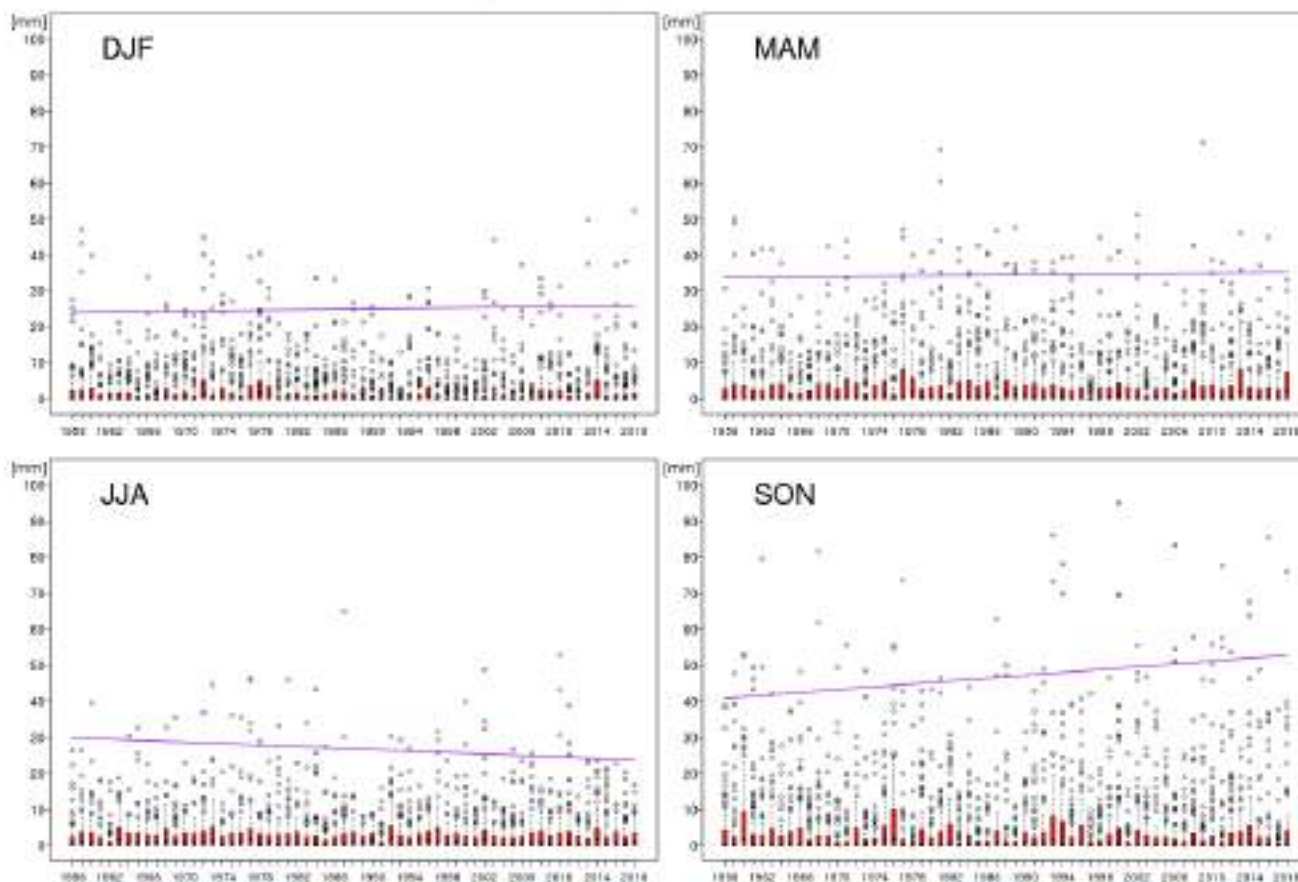


Figura 24 Distribuzioni delle precipitazioni giornaliere (>=1mm) dal 1958 al 2018 nelle stagioni dicembre-gennaio-febbraio in alto a sinistra, marzo-aprile-maggio in alto a destra, giugno-luglio-agosto in basso a sinistra, settembre-ottobre-novembre in basso a destra. La linea viola corrisponde all'andamento dei massimi assoluti.

Considerando le diverse stagioni (Figura 24), si evidenzia una tendenza all'aumento dei valori massimi e anche dei percentili più elevati (99° e 95° percentile, non mostrati) nella stagione autunnale, anche se non significativi dal punto di vista statistico, e una diminuzione nel periodo estivo. L'aumento è probabilmente dovuto all'aumento dei fenomeni convettivi, favoriti da un'atmosfera più calda.

3.3.5 Siccità – massima lunghezza dei periodi secchi

Per evidenziare le annate caratterizzate da siccità, un indicatore da considerare è la massima lunghezza dei periodi secchi, cioè il massimo numero di giorni consecutivi senza pioggia nel corso dell'anno.

Considerando i singoli punti del dataset come fossero serie storiche di dati misurati, la Figura 25 rappresenta, per ogni punto e per ogni anno del dataset dal 1958 al 2018, il valore dell'indicatore. Si evidenziano gli anni più asciutti del periodo dalla fine degli anni 90 all'inizio degli anni 2000, in particolare sulle zone di pianura, insieme all'anno 2017, noto per la siccità persistente.

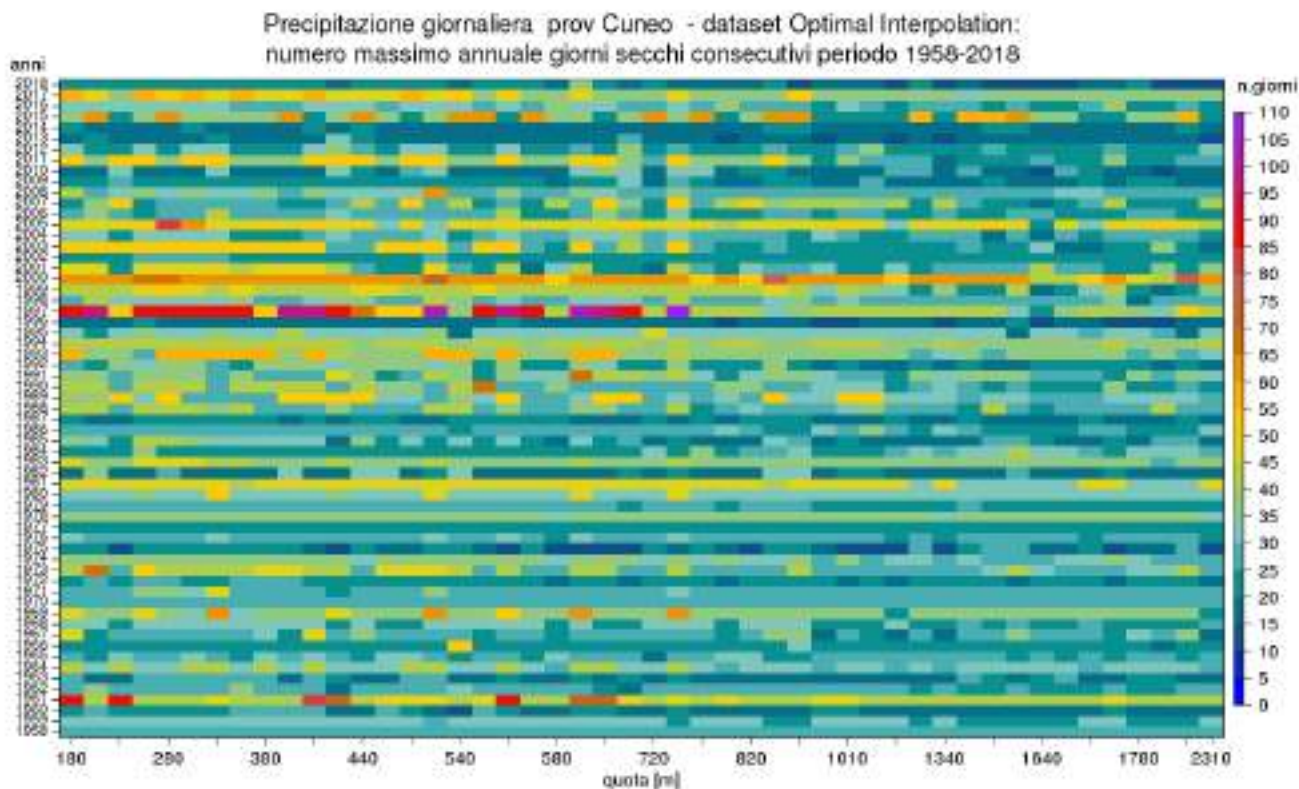


Figura 25 Massima lunghezza dei periodi secchi per ogni anno dal 1981 al 2010 (in ordinata) per ogni punto del dataset ordinato per quota (in ascisse).

Dall'analisi si evidenzia una tendenza all'aumento della lunghezza dei periodi secchi, più importante per le zone di pianura, nonostante rimanga una spiccata variabilità interannuale.

3.4 Neve

Per l'analisi delle nevicate e della neve al suolo è stata mantenuta la suddivisione dei rilievi utilizzato dal Servizio Nivologico di Arpa Piemonte, per rispettare una coerenza con altre tipologie di analisi. Pertanto sono state considerate le stazioni automatiche e manuali appartenenti alla rete di monitoraggio di Arpa Piemonte, ubicate nella zona delle Alpi Cozie Sud, delle Alpi Marittime e delle Alpi Liguri (Figura 26), il cui territorio è incluso, completamente o parzialmente, nella Provincia di Cuneo.

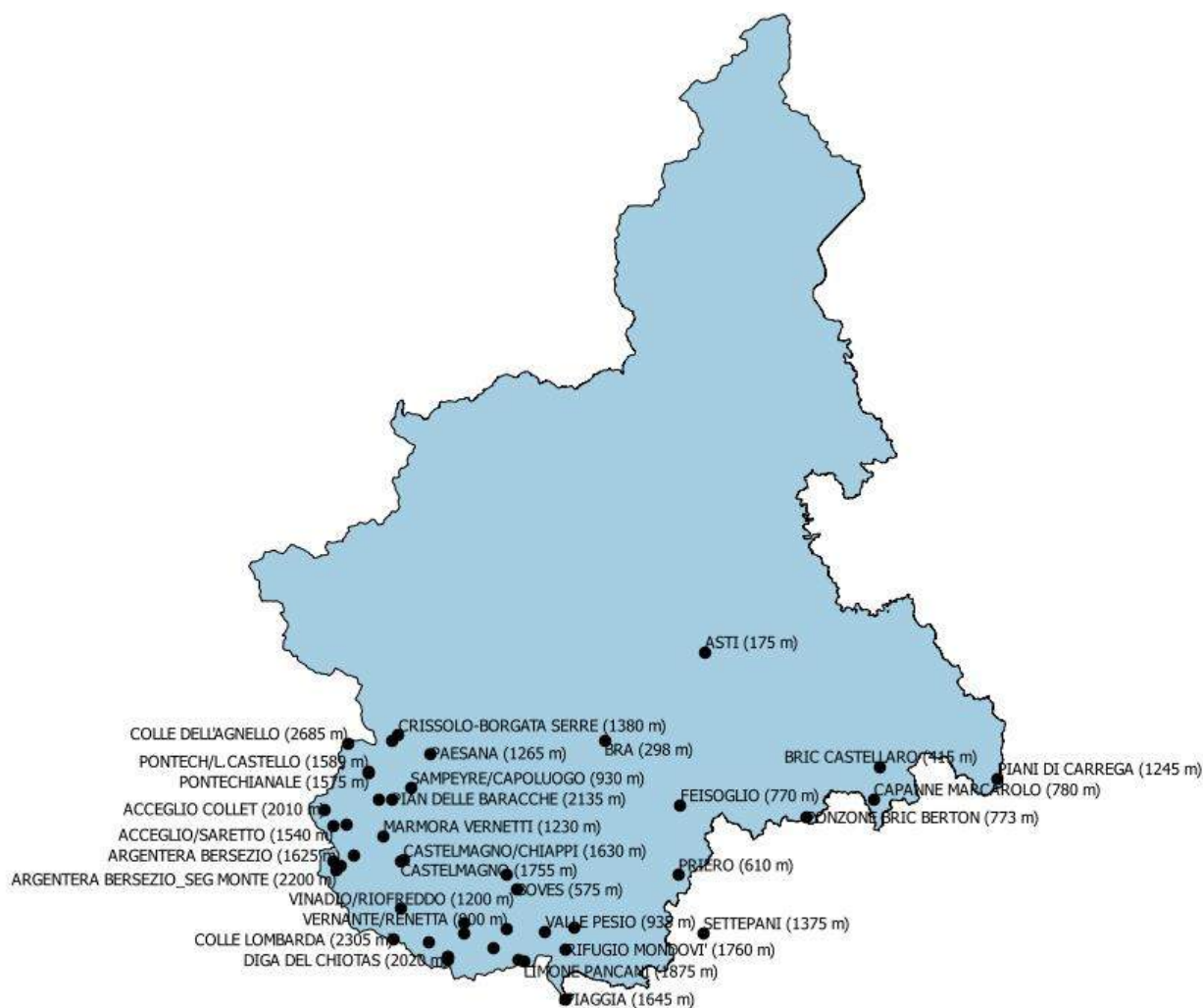


Figura 26 Mappa delle stazioni automatiche e manuali appartenenti alla rete di monitoraggio di Arpa Piemonte, ubicate nella zona delle Alpi Cozie Sud, delle Alpi Marittime e delle Alpi Liguri.

Nella Tabella 5 sottostante sono riportati il nome e la data di installazione delle stazioni di monitoraggio: in giallo quelle delle Alpi Cozie Sud, in azzurro quelle delle Alpi Marittime, in verde quelle delle Liguri.

STAZIONE	COMUNE	PROVINCIA	DATA_INSTALLAZIONE
PAESANA (1265 m)	Paesana	PROVINCIA DI CUNEO	12/05/1993
PONTECHIANALE (1575 m)	Pontechianale	PROVINCIA DI CUNEO	27/07/1993
ACCEGLIO (1610 m)	Acceglio	PROVINCIA DI CUNEO	14/06/1989
ELVA (1770 m)	Elva	PROVINCIA DI CUNEO	06/09/2001
CASTELMAGNO (1755 m)	Castelmagno	PROVINCIA DI CUNEO	19/09/1996
ACCEGLIO COLLET (2010 m)	Acceglio	PROVINCIA DI CUNEO	26/08/2004
PIAN DELLE BARACCHE (2135 m)	Sampeyre	PROVINCIA DI CUNEO	08/10/1987
PIAN GIASSET (2150 m)	Crissolo	PROVINCIA DI CUNEO	20/09/2001
GARDETTA (2337 m)	Canosio	PROVINCIA DI CUNEO	20/09/2001
COLLE DELL'AGNELLO (2685 m)	Pontechianale	PROVINCIA DI CUNEO	01/09/2004
SAMPEYRE/CAPOLUOGO (930 m)	Sampeyre	PROVINCIA DI CUNEO	01/12/1986
MARMORA VERNETTI (1230 m)	Marmora	PROVINCIA DI CUNEO	19/12/2011
CRISSOLO-BORGATA SERRE (1380 m)	Crissolo	PROVINCIA DI CUNEO	15/12/1983
ACCEGLIO/SARETTO (1540 m)	Acceglio	PROVINCIA DI CUNEO	01/01/1925
PONTECH/L.CASTELLO (1589 m)	Pontechianale	PROVINCIA DI CUNEO	01/09/1943
CASTELMAGNO/CHIAPPI (1630 m)	Castelmagno	PROVINCIA DI CUNEO	14/12/1983
CUNEO CASCINA VECCHIA (575 m)	Cuneo	PROVINCIA DI CUNEO	30/05/2002
VALDIERI (1390 m)	Valdieri	PROVINCIA DI CUNEO	29/07/1993
PALANFRE' (1625 m)	Vernante	PROVINCIA DI CUNEO	28/06/2001
ARGENTERA (1680 m)	Argentera	PROVINCIA DI CUNEO	17/09/1996
BOVES (575 m)	Cuneo	PROVINCIA DI CUNEO	14/01/1988
DIGA DEL CHIOTAS (2020 m)	Entracque	PROVINCIA DI CUNEO	27/06/2001
COLLE LOMBARDA (2305 m)	Vinadio	PROVINCIA DI CUNEO	24/09/1987
VALLE PESIO (935 m)	Chiusa di Pesio	PROVINCIA DI CUNEO	24/11/2008
ARTESINA - IMPIANTI SCIISTICI (1425 m)	Frabosa Sottana	PROVINCIA DI CUNEO	01/02/2013
LIMONE QUOTA 1400 (1425 m)	Limone Piemonte	PROVINCIA DI CUNEO	01/02/2012
ASTI (175 m)	Asti	PROVINCIA DI ASTI	17/03/2005
BRA (298 m)	Bra	PROVINCIA DI CUNEO	05/05/1993
BRIC CASTELLARO (415 m)	Bosio	PROVINCIA DI ALESSANDRIA	04/08/2010
PRIERO (610 m)	Priero	PROVINCIA DI CUNEO	08/04/1993
FEISOGGIO (770 m)	Feisoglio	PROVINCIA DI CUNEO	22/11/1995
PONZONE BRIC BERTON (773 m)	Ponzone	PROVINCIA DI ALESSANDRIA	05/10/1989
CAPANNE MARCAROLO (780 m)	Bosio	PROVINCIA DI ALESSANDRIA	06/07/1989
PIANI DI CARREGA (1245 m)	Carrega Ligure	PROVINCIA DI ALESSANDRIA	30/05/2001
SETTEPANI (1375 m)	Calizzano	PROVINCIA DI SAVONA	15/05/2002
PIAGGIA (1645 m)	Briga Alta	PROVINCIA DI CUNEO	01/09/1999
RIFUGIO MONDOVI' (1760 m)	Roccaforte Mondovi	PROVINCIA DI CUNEO	15/10/1997
LIMONE PANCANI (1875 m)	Limone Piemonte	PROVINCIA DI CUNEO	05/10/2006
ENTRACQUE - CASERMETTE (880 m)	Entracque	PROVINCIA DI CUNEO	01/12/2001
VERNANTE/RENETTA (900 m)	Vernante	PROVINCIA DI CUNEO	01/12/1986
ENTRACQUE/LAGO PIASTRA (960 m)	Entracque	PROVINCIA DI CUNEO	01/06/1926
VINADIO/RIOFREDDO (1200 m)	Vinadio	PROVINCIA DI CUNEO	01/01/1971
ARGENTERA BERSEZIO (1625 m)	Argentera	PROVINCIA DI CUNEO	09/01/2012
ENTRACQUE/CHIOTAS (1970 m)	Entracque	PROVINCIA DI CUNEO	01/12/1983
ARGENTERA BERSEZIO_SEG MONTE (2200 m)	Argentera	PROVINCIA DI CUNEO	31/01/2012

Tabella 5 Stazioni di monitoraggio automatiche e manuali della rete di Arpa Piemonte: in giallo quelle delle Alpi Cozie Sud, in azzurro quelle delle Alpi Marittime, in verde quelle delle Liguri.

Le elaborazioni sono state effettuate a partire dall'inverno 1997-1998, in modo da avere un periodo con il maggior numero di stazioni attive.

3.4.1 Neve fresca

Per avere un valore rappresentativo dell'intera area sono stati mediati i valori delle diverse stazioni per fasce altimetriche differenti ed è stata analizzata la quantità di neve fresca cumulata annualmente degli ultimi 20 anni.

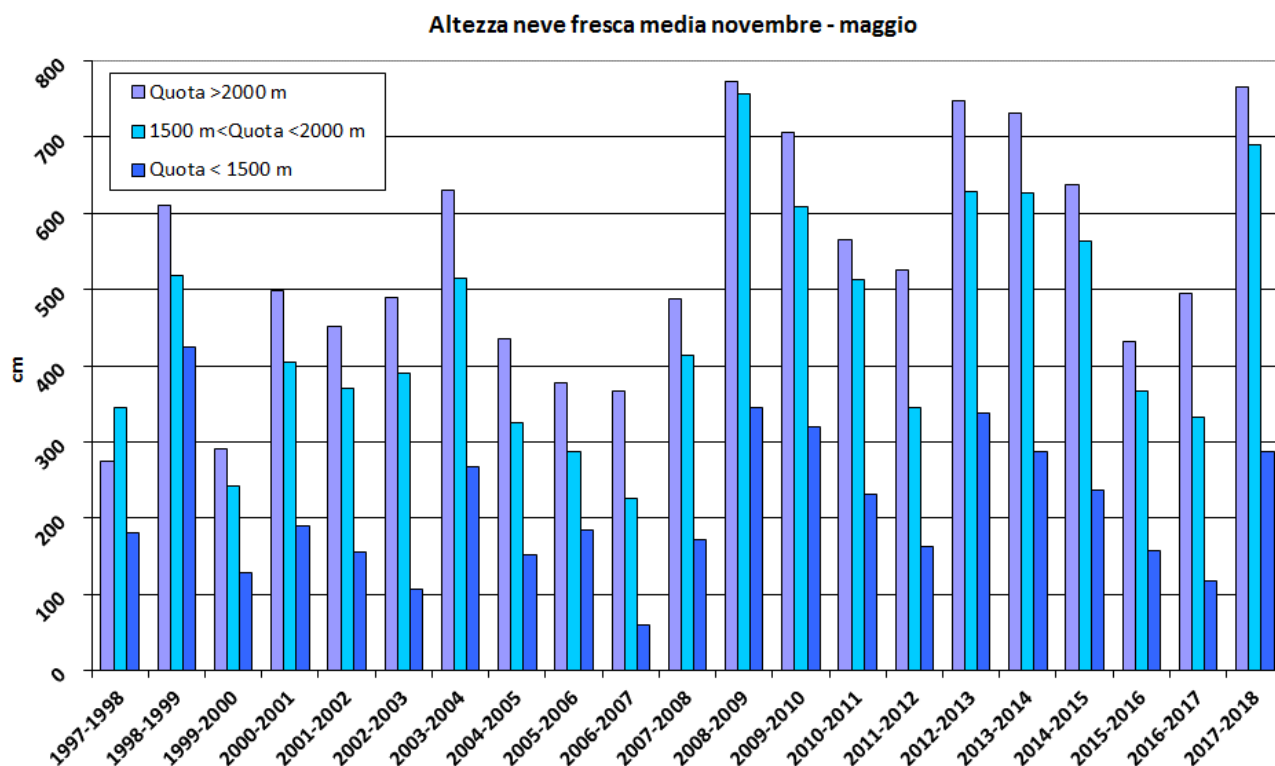


Figura 27 Neve fresca cumulata nel periodo novembre-maggio per le stazioni del Cuneese raggruppate per quota (superiori a 2000m, tra 1500 e 2000m, inferiori a 1500m) degli ultimi 20 anni.

Dal grafico (Figura 27) si osserva una decisa variabilità inter-annuale e un debole segnale di incremento della quantità di neve alle quote più elevate negli ultimi dieci anni rispetto al decennio precedente.

Per comprendere la consistenza di questo andamento e la distribuzione sul territorio regionale, sono stati analizzati gli andamenti della neve fresca cumulata annuale rilevati dalle singole stazioni per i tre diversi gruppi montuosi: Alpi Cozie, Alpi Marittime e Alpi Liguri.

Per tutte le zone montuose i trend negli ultimi 20 anni sono positivi, anche se statisticamente non significativi, anche in relazione al periodo relativamente breve. L'andamento negli anni è coerente pressoché in tutte le stazioni, con maggiore escursione nelle stazioni più in quota.

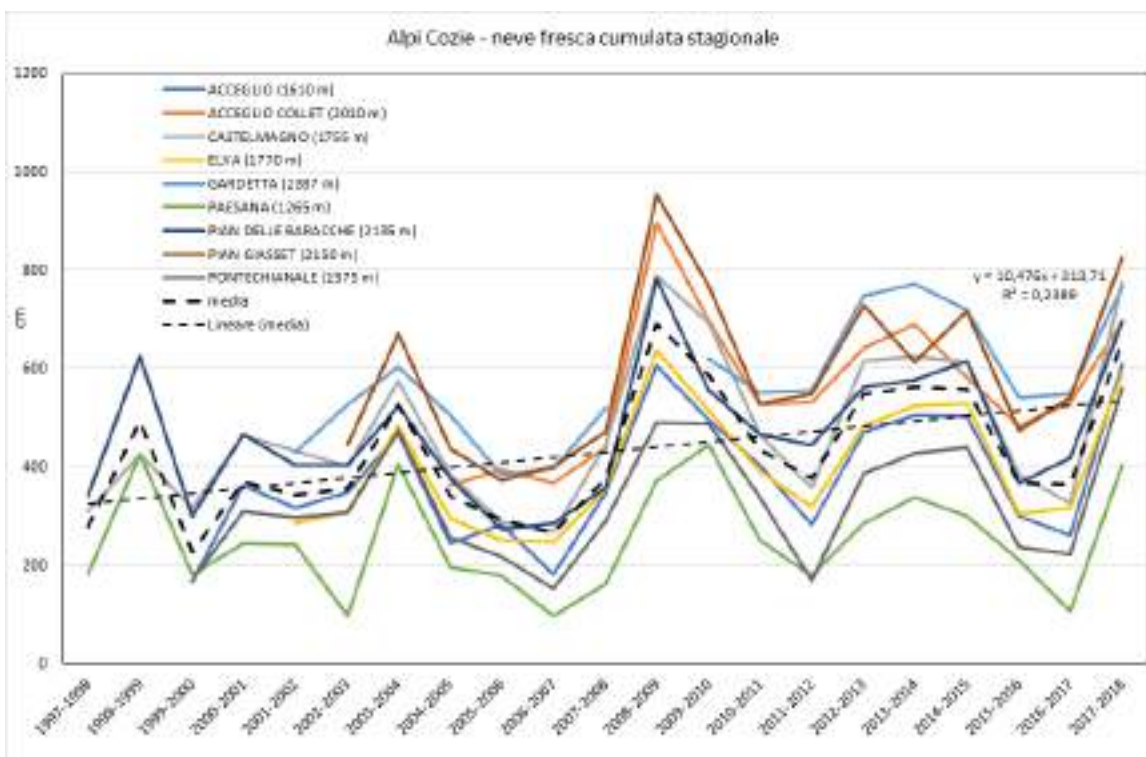


Figura 28 Andamento della neve fresca cumulata annuale per le stazioni automatiche nelle Alpi Cozie negli ultimi 20 anni. La curva nera tratteggiata rappresenta la media e la linea tratteggiata il trend della media.

La tendenza positiva sembra essere leggermente più elevata per quanto riguarda le Alpi Cozie (Figura 28) rispetto agli altri gruppi montuose, anche se deve essere considerata la differenza di quota della prevalenza delle stazioni.

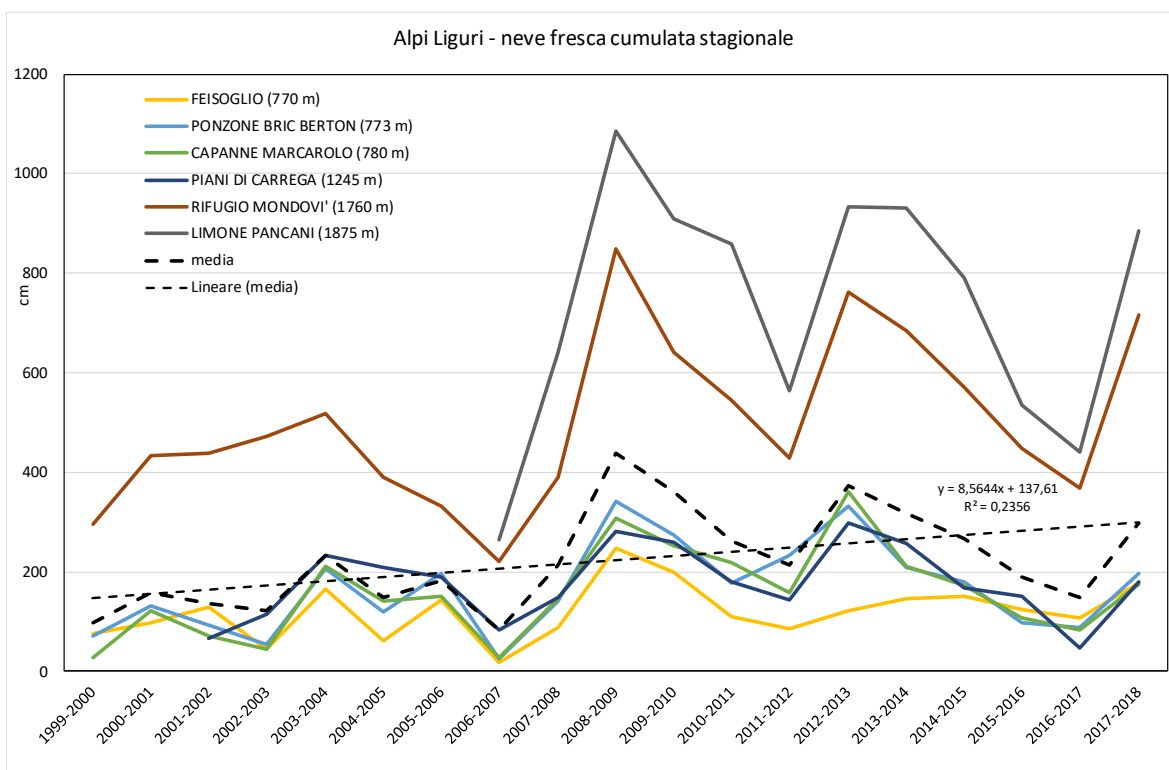


Figura 29 Andamento della neve fresca cumulata annuale per le stazioni automatiche nelle Alpi Liguri negli ultimi 20 anni. La curva nera tratteggiata rappresenta la media e la linea tratteggiata il trend della media.

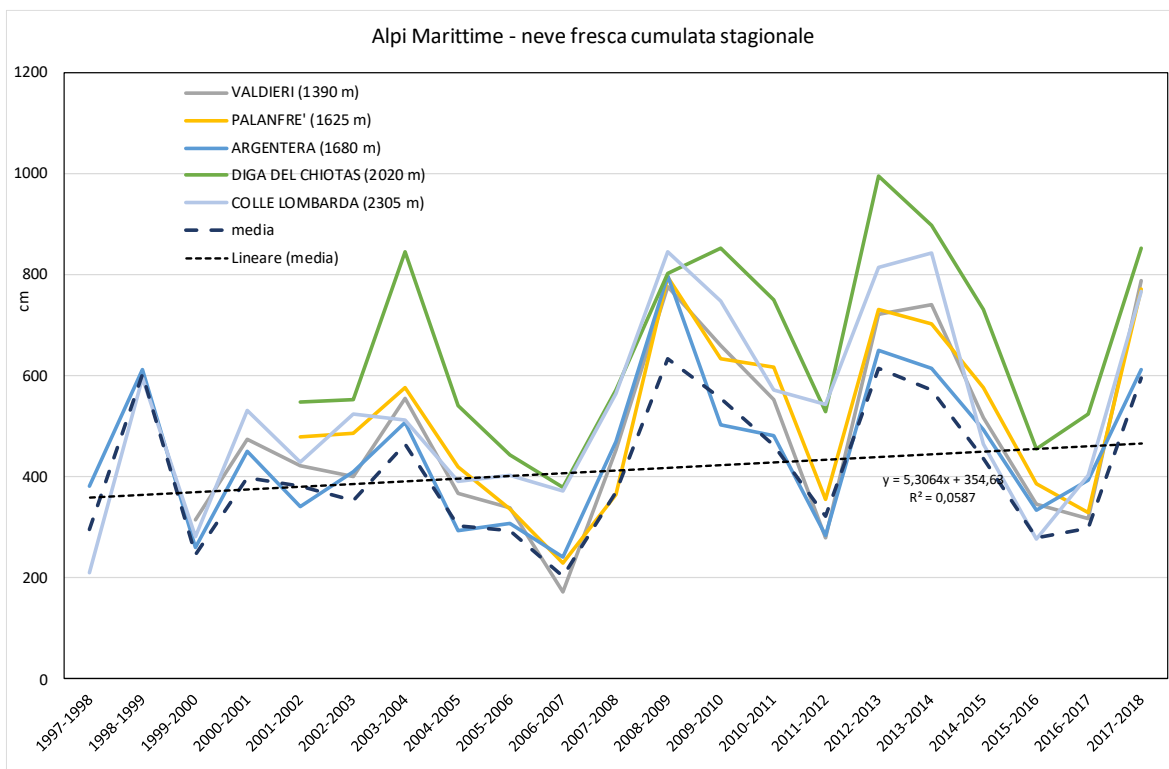


Figura 30 Andamento della neve fresca cumulata annuale per le stazioni automatiche nelle Alpi Marittime negli ultimi 20 anni. La curva nera tratteggiata rappresenta la media e la linea tratteggiata il trend della media.

Al fine di valutare se, considerando un periodo temporale più lungo, le tendenze fossero confermate, sono stati analizzati anche i dati delle sole stazioni manuali e realizzati i medesimi grafici, a partire dall'anno in cui i dati risultano disponibili. Sono rappresentate solo gli andamenti per la zona delle Alpi Cozie e delle Alpi Marittime, dove le stazioni erano in numero sufficiente così come la lunghezza temporale delle serie.

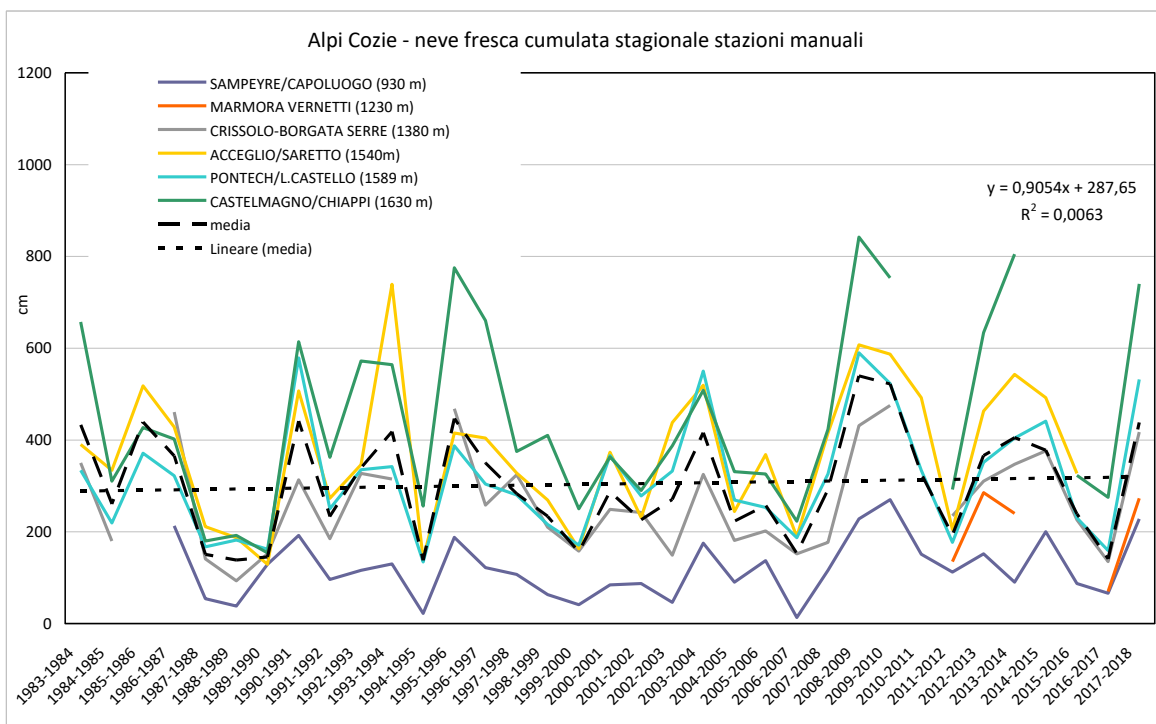


Figura 31 Andamento della neve fresca cumulata annuale per le stazioni manuali nelle Alpi Cozie a partire dall'inverno 1983-1984. La curva nera tratteggiata rappresenta la media e la linea tratteggiata il trend della media.

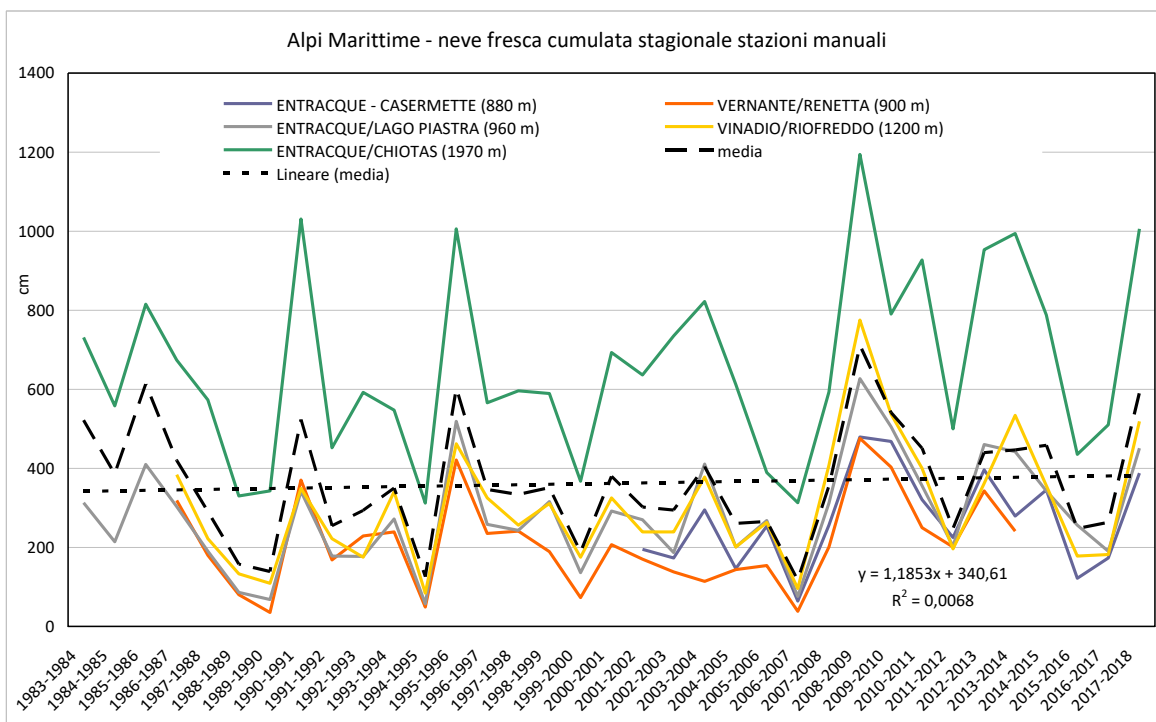


Figura 32 Andamento della neve fresca cumulata annuale per le stazioni manuali nelle Alpi Marittime a partire dall'inverno 1983-1984. La curva nera tratteggiata rappresenta la media e la linea tratteggiata il trend della media.

Le tendenze sul periodo più lungo rimangono positive ma il segnale è decisamente più debole.

Per analizzare il comportamento dell'innnevamento nel corso della stagione invernale sono stati analizzati i contributi di neve fresca mensile per le diverse fasce di quota (Figura 33).

Figura 27 Neve fresca cumulata nel periodo novembre-maggio per le stazioni del Cuneese raggruppate per quota (superiori a 2000m, tra 1500 e 2000m, inferiori a 1500m) degli ultimi 20 anni.

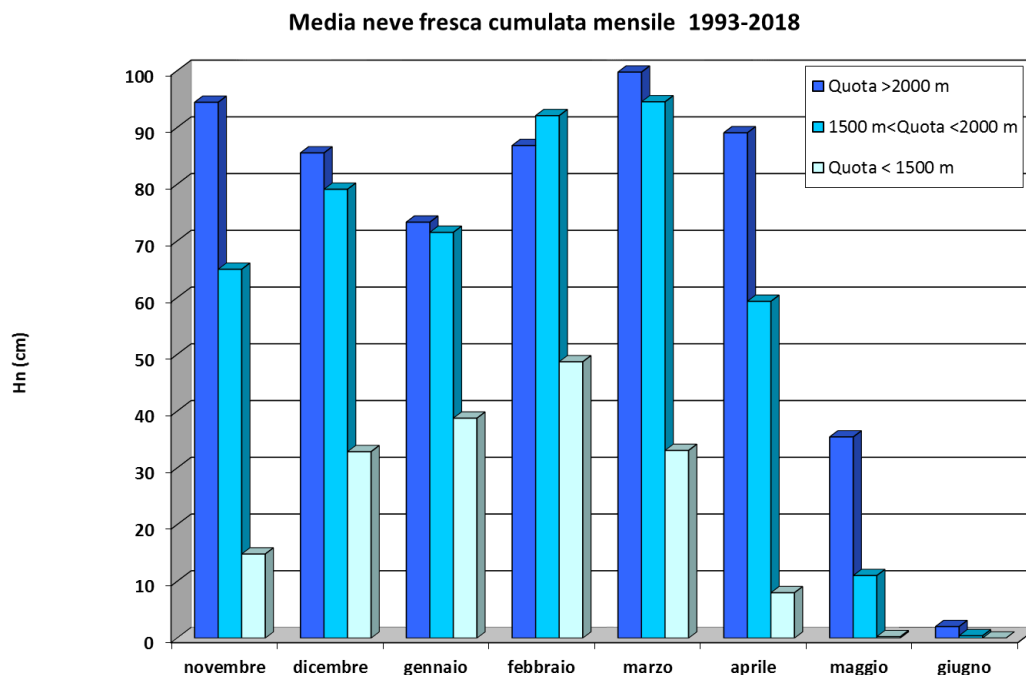


Figura 33 Neve fresca cumulata mensile da novembre a giugno per le tre diverse fasce altimetriche (superiori a 2000m, tra 1500 e 2000m, inferiori a 1500m) mediata sul periodo 1993-2018.

Dal grafico (Figura 33) si osserva come il comportamento sia differente per le stazioni posizionate a quote più basse, dove il picco del contributo nevoso si ha nel mese di febbraio e l'andamento può essere descritto da una gaussiana, e le quote più elevate, dove i mesi più nevosi risultano novembre e marzo e le quote intermedie, con febbraio e marzo. Per le zone a quote più elevate anche il contributo del mese di maggio risulta significativo.

3.4.2 Neve al suolo

Un dato importante per quanto riguarda la neve è rappresentato dall'altezza della neve al suolo nel corso dell'inverno. Il dato è importante sia per la stima del contributo nevoso alla risorsa idrica sia per la pratica delle attività sportive. Inoltre la durata della copertura nevosa è importante per la componente eco sistemica.

Per valutare l'andamento della neve al suolo sono state individuate tre soglie di altezza neve (10 cm, 40 cm e 70 cm) la prima rappresentativa della presenza della neve al suolo, la seconda favorevole alla pratica delle attività sportive quali escursioni e sci nordico, mentre la seconda favorevole alla pratica dello sci alpino. Per ogni inverno e per ogni differente fascia altimetrica è stato calcolato il numero di giorni in cui l'altezza della neve al suolo risulta superiore alle tre soglie individuate.

Numero di giorni con altezza della neve al suolo superiore a 10 cm per diverse fasce altimetriche

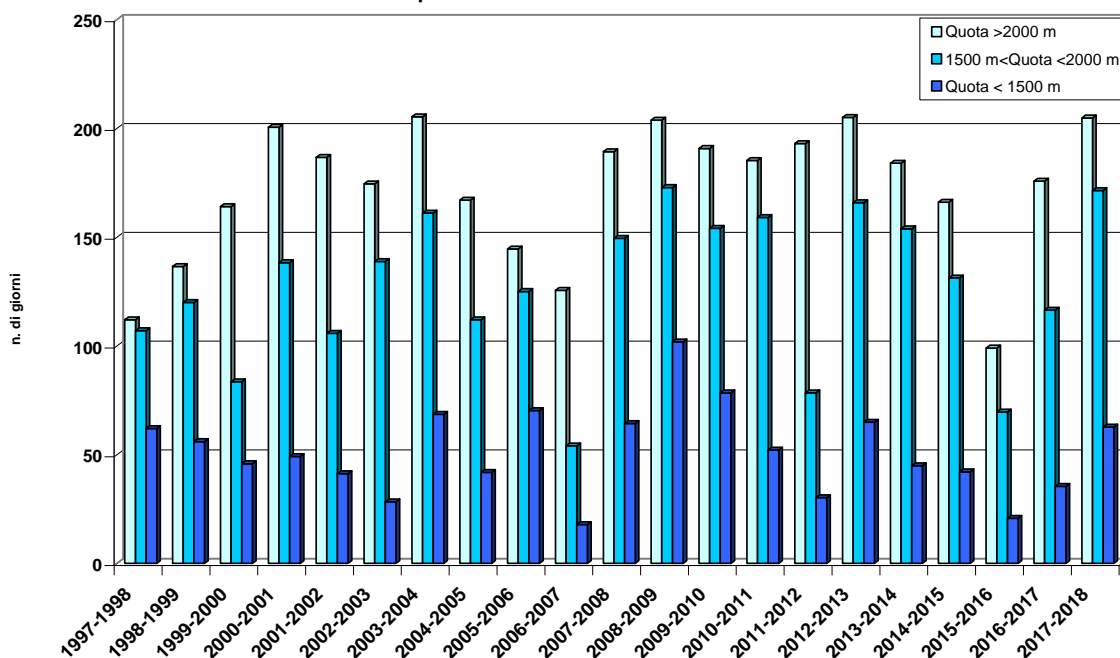


Figura 34 Numero di giorni nel periodo novembre-giugno in cui l'altezza della neve al suolo supera i 10 cm per le stazioni raggruppate in tre diverse fasce altimetriche dall'inverno 1997-1998 al 2017-2018.

Considerando la soglia di 10 cm (Figura 34), si osserva che anche alle quote più basse il numero di giorni con neve al suolo è mediamente intorno ai 50, per poi salire a 127 e a 172 per le quote più elevate. Non risulta un trend ma si evidenziano gli anni più o meno nevosi. Interessante da questo punto di vista l'inverno 2008-2009 soprattutto per le quote al di sotto dei 1500 m e l'inverno 2017-2018, dove il contributo è stato dato soprattutto dalle precipitazioni nevose primaverili. L'inverno 2015-2016 risulta quello in cui la permanenza della neve al suolo è stata inferiore, soprattutto a causa della mancanza delle nevicate nella prima parte dell'inverno.

Numero di giorni con altezza della neve al suolo superiore a 40 cm per diverse fasce altimetriche

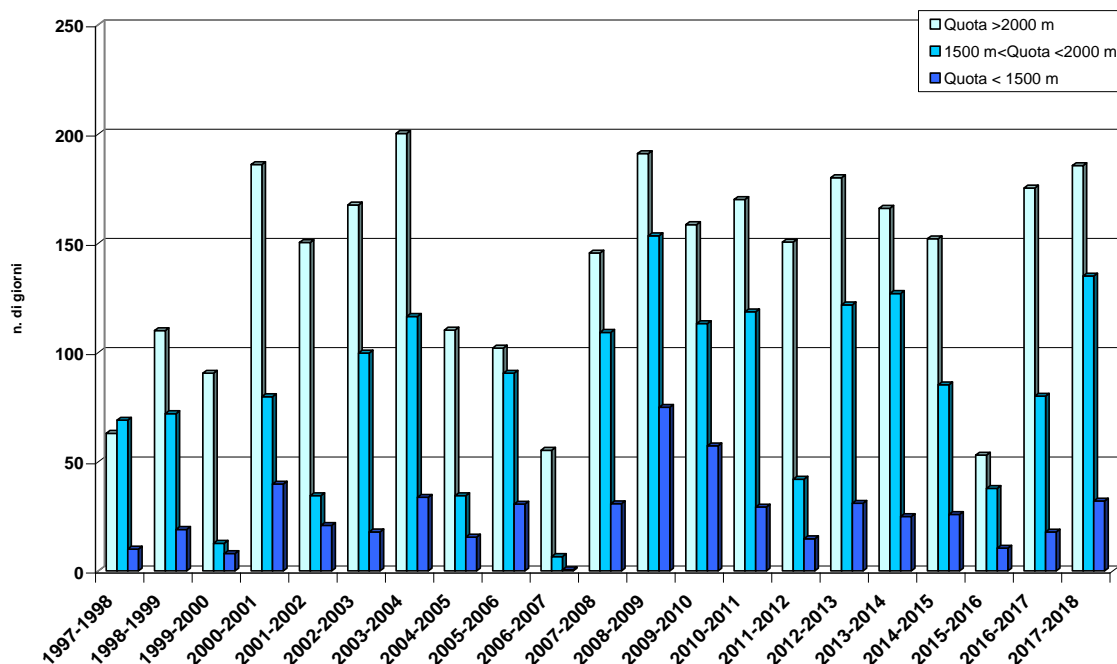


Figura 35 Numero di giorni nel periodo novembre-giugno in cui l'altezza della neve al suolo supera i 40 cm per le stazioni raggruppate in tre diverse fasce altimetriche dall'inverno 1997-1998 al 2017-2018.

Aumentando la soglia a 40 cm (Figura 35) il numero medio di giorni si riduce arrivando mediamente a 26, 83 e 141 per le diverse fasce altimetriche. La riduzione percentuale si riduce con la quota, passando da circa il 50% per le soglie più basse, al 35% per quelle intermedie, fino al 18% per quelle più alte. Per le quote superiori ai 2000 m il numero di giorni è ancora elevato, considerando che 100 giorni sono considerati il numero minimo di giorni di funzionamento di un comprensorio sciistico per essere economicamente sostenibile.

Numero di giorni con altezza della neve al suolo superiore a 70 cm per diverse fasce altimetriche

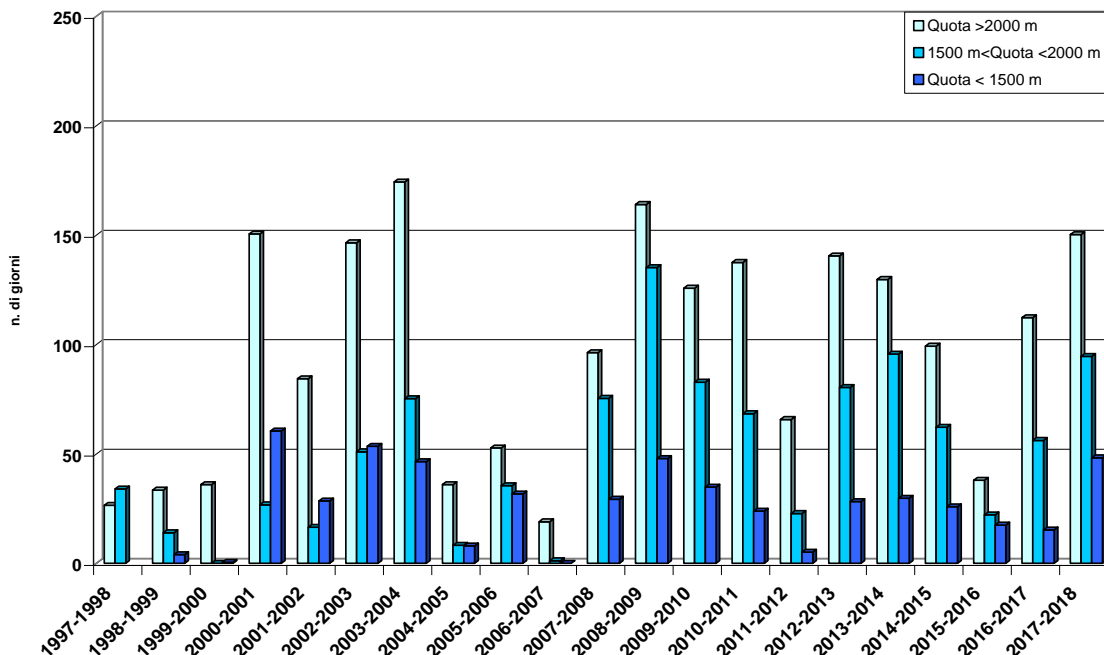


Figura 36 Numero di giorni nel periodo novembre-giugno in cui l'altezza della neve al suolo supera i 70 cm per le stazioni raggruppate in tre diverse fasce altimetriche dall'inverno 1997-1998 al 2017-2018.

Considerando la soglia più elevata pari a 70 cm, il numero di giorni si riduce in modo decisivo, tanto che solo nella metà degli inverni considerati, alle quote più elevate, si raggiungono i 100 giorni. Un solo inverno (2008-2009) vede un innevamento così consistente e duraturo alle quote intermedie, mentre alle quote più basse il numero di giorni si riduce mediamente a 25.

Per avere un'idea complessiva del numero di giorni di superamento delle tre soglie di altezza di neve al suolo nell'intero ventennio considerato, per fasce altimetriche, è stato realizzato il grafico di Figura 37.

Numero di giorni con altezza della neve al suolo superiore a 10, 40, 70 cm mediato per fasce altimetriche

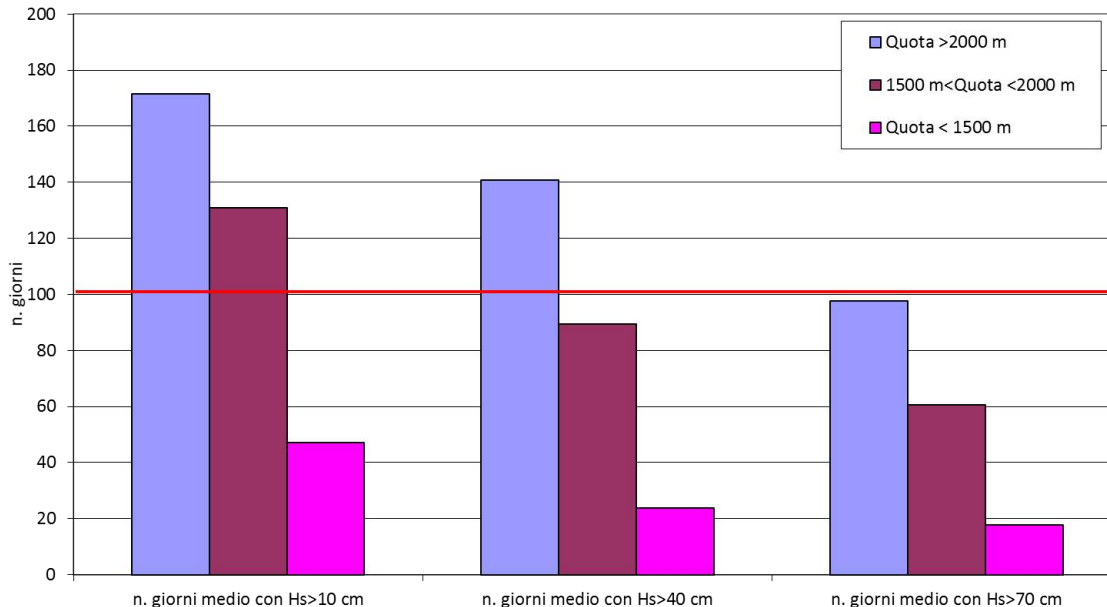


Figura 37 Numero di giorni nel periodo novembre-giugno in cui l'altezza della neve al suolo supera i 10, 40 e 70 cm per le stazioni raggruppate in tre diverse fasce altimetriche mediati dall'inverno 1997-1998 al 2017-2018. Evidenziata in rosso la linea dei 100 giorni.

In media, anche a quote più elevate, non si raggiunge il limite dei 100 giorni, a testimonianza che, nell'ultimo ventennio, esiste una forte alternanza di inverni nevosi e inverni meno nevosi.

Per avere un'idea della variabilità fra le stazioni alla medesima quota, il grafico di Figura 38 riporta, per le singole stazioni, il numero di giorni con neve al suolo superiore ai 70, 40 e 10 cm. Si osserva una grande variabilità per le diverse stazioni, anche a quote basse, a dimostrazione di come l'innnevamento e il suo perdurare al suolo non dipendano solo dalla quota ma anche dalla collocazione geografica nella valle.

**Numero di giorni con neve al suolo superiore a 10, 40, 70 cm
Provincia di Cuneo**

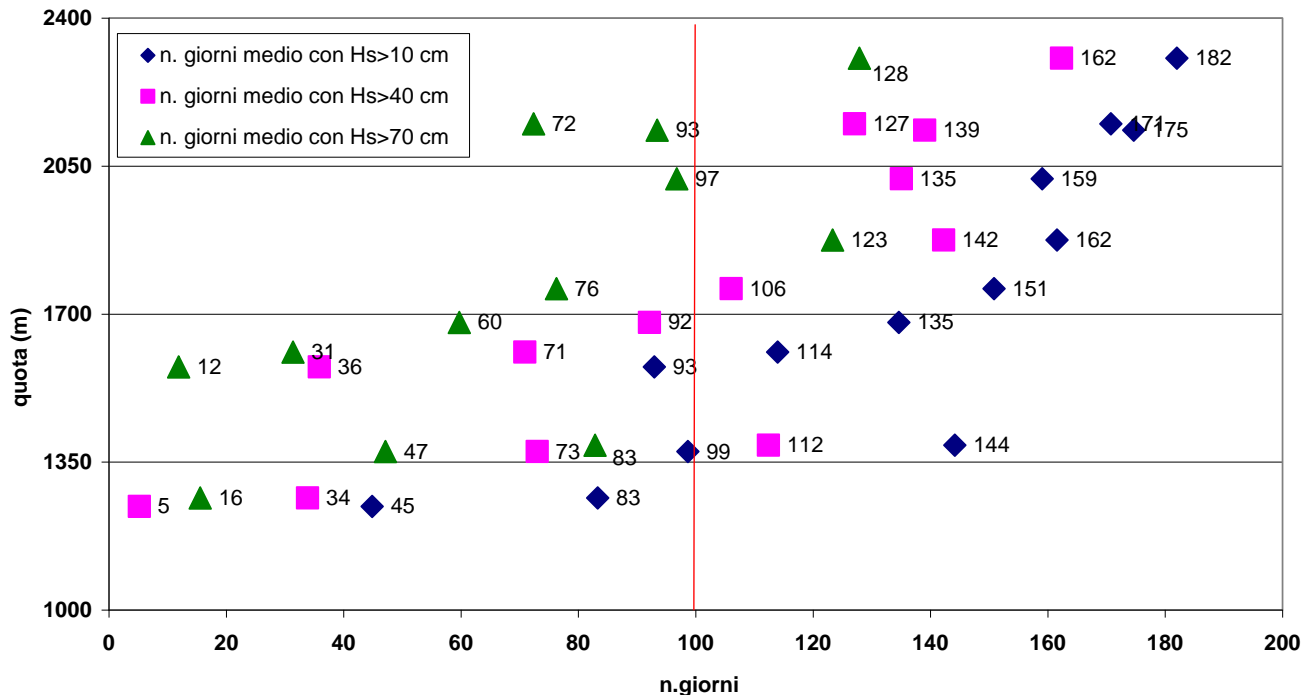


Figura 38 Numero di giorni (asse orizzontale) nel periodo novembre-giugno in cui l'altezza della neve al suolo supera i 10, 40 e 70 cm per le singole stazioni considerate, distribuite per quota (asse verticale), mediati dall'inverno 1997-1998 al 2017-2018.

Per valutare come si distribuisce l'altezza della neve al suolo nel corso dell'inverno, sono stati rappresentati i dati giornalieri mediati su un periodo temporale lungo, per il quale sono disponibili i dati delle stazioni automatiche. Nelle figure successive è rappresentata l'altezza media giornaliera della neve per diverse stazioni nelle tre diverse aree considerate.

Oltre alla quantità assoluta di neve, che dipende evidentemente dalla quota, si evidenzia un andamento differente della fase di accumulo, che risulta più graduale nel corso dell'inverno, e della fase di fusione del manto nevoso, che risulta decisamente più rapida, soprattutto per le quote più elevate.

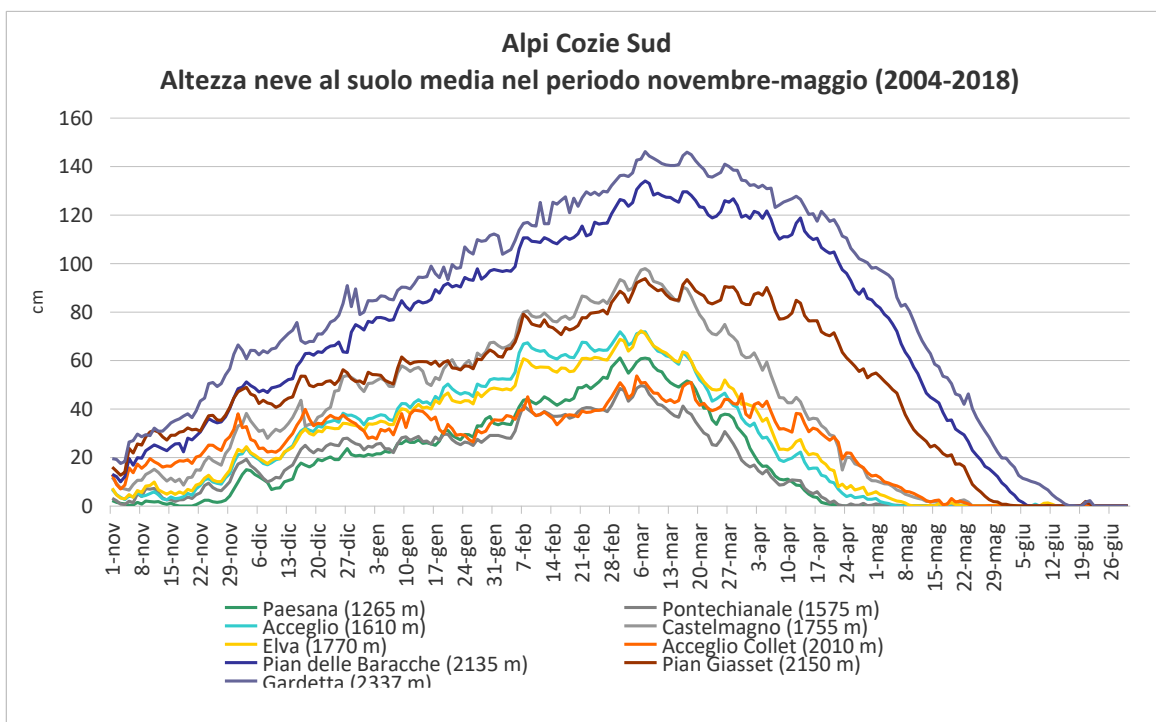


Figura 39 Altezza della neve al suolo giorno per giorno mediata sugli anni dal 2004 al 2018 per le diverse stazioni della zona delle Alpi Cozie.

Questo rapido decremento della neve al suolo nel periodo primaverile è ancora più evidente nelle Alpi Marittime (Figura 40) e nelle Alpi Liguri (Figura 41), dove la vicinanza al mare fa avvertire l'aumento di temperatura e della radiazione solare più importante.

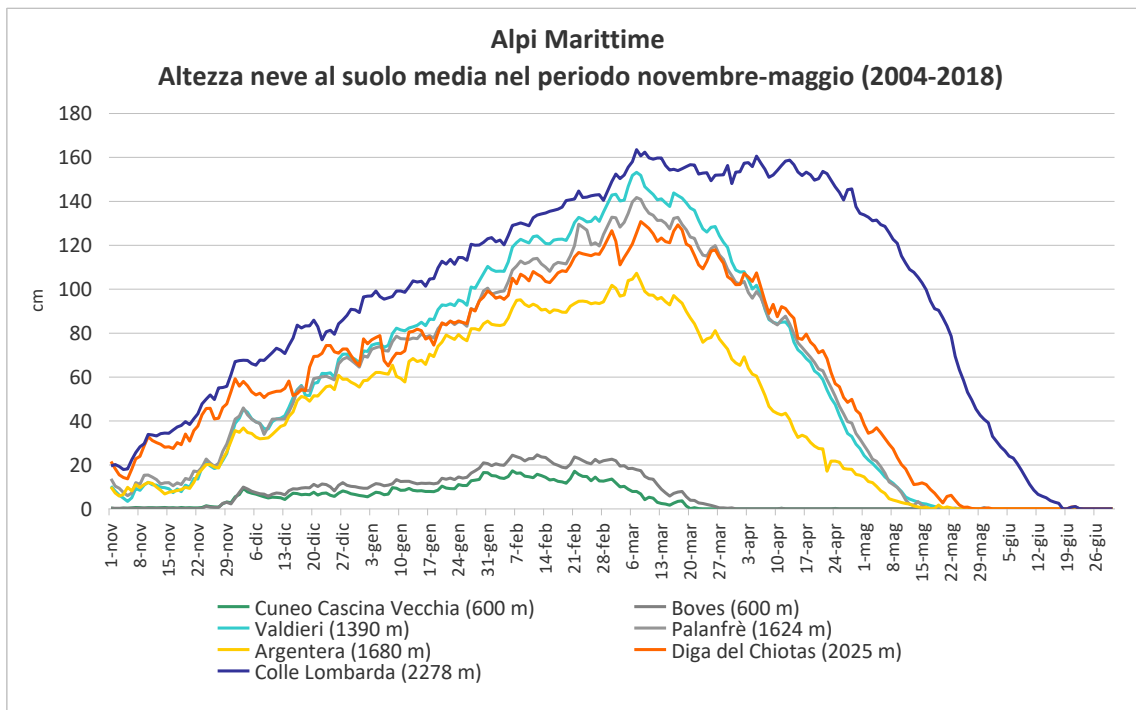


Figura 40 Altezza della neve al suolo giorno per giorno mediata sugli anni dal 2004 al 2018 per le diverse stazioni della zona delle Alpi Marittime.

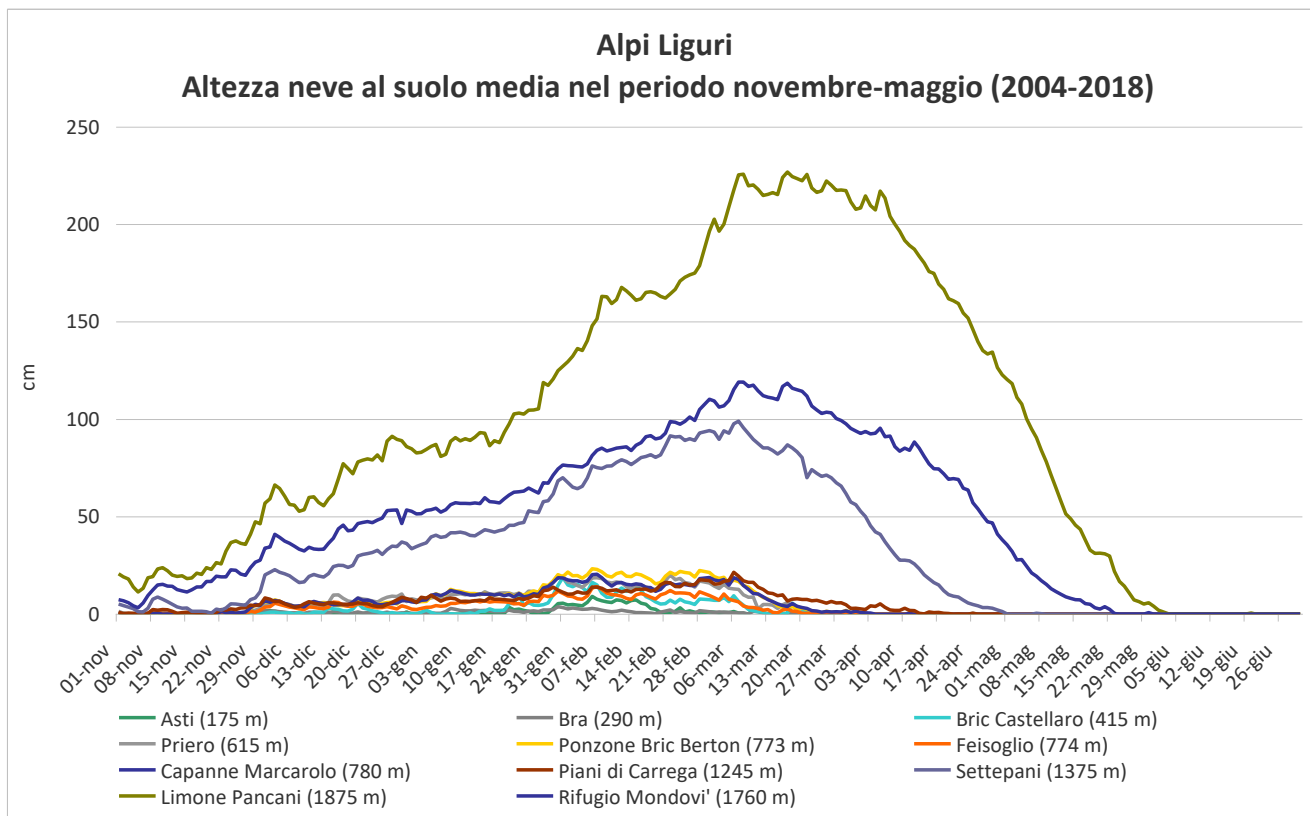


Figura 41 Altezza della neve al suolo giorno per giorno mediata sugli anni dal 2004 al 2018 per le diverse stazioni della zona delle Alpi Liguri.

Per valutare eventuali modifiche nel regime della neve al suolo, sono state realizzate le medesime rappresentazioni per alcune stazioni significative delle diverse aree con serie storiche abbastanza lunghe, suddividendo il dataset in due parti.

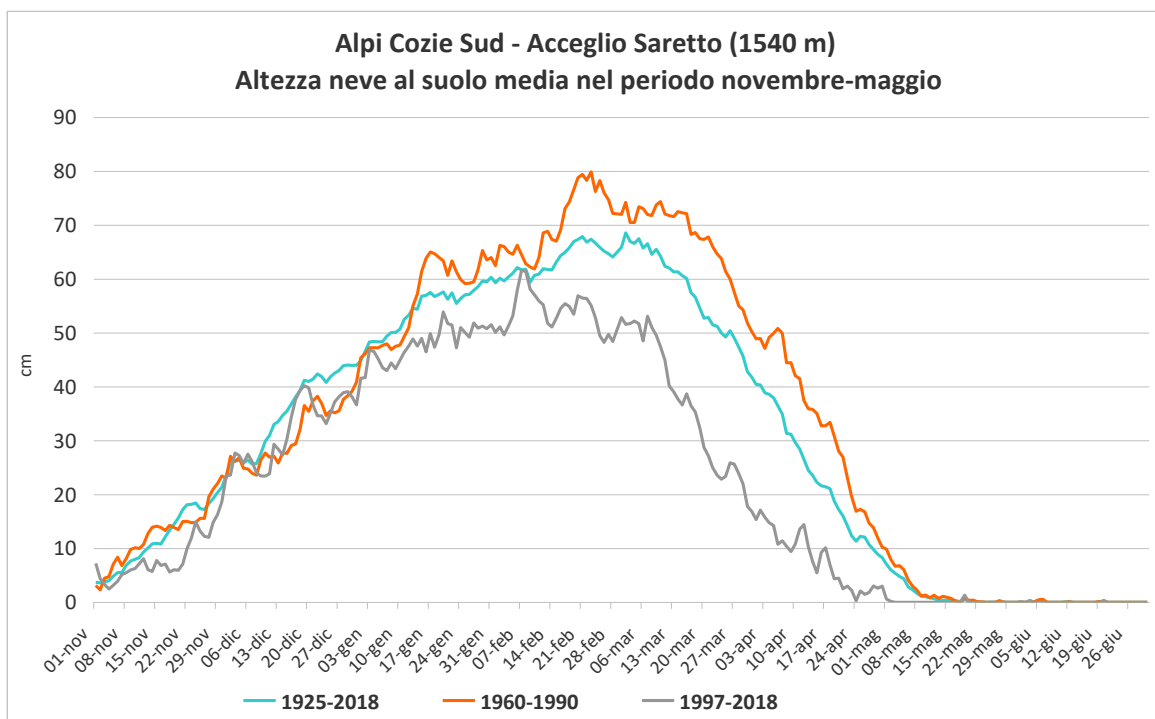


Figura 42 Altezza della neve al suolo giorno per giorno nella stazione di Acceglio – Saretto, mediata sugli anni dal 1925 al 2018, dal 1960 al 1990 e dal 1997 al 2018.

Per quanto riguarda la stazione di Acceglio-Saretto, a 1540 m, nelle Alpi Cozie, si evidenzia una forte riduzione della quantità di neve negli anni più recenti (1997-2018) rispetto al trentennio precedente (1960-1990), in particolare dalla seconda metà dell’inverno (dove prevale ancora l’accumulo e la fusione non è rilevante se non assente) per diventare più importante in primavera e primavera inoltrata, dove la fusione è prevalente. Questo comporta anche una riduzione del periodo in cui il suolo è coperto da neve di ben 10-15 giorni.

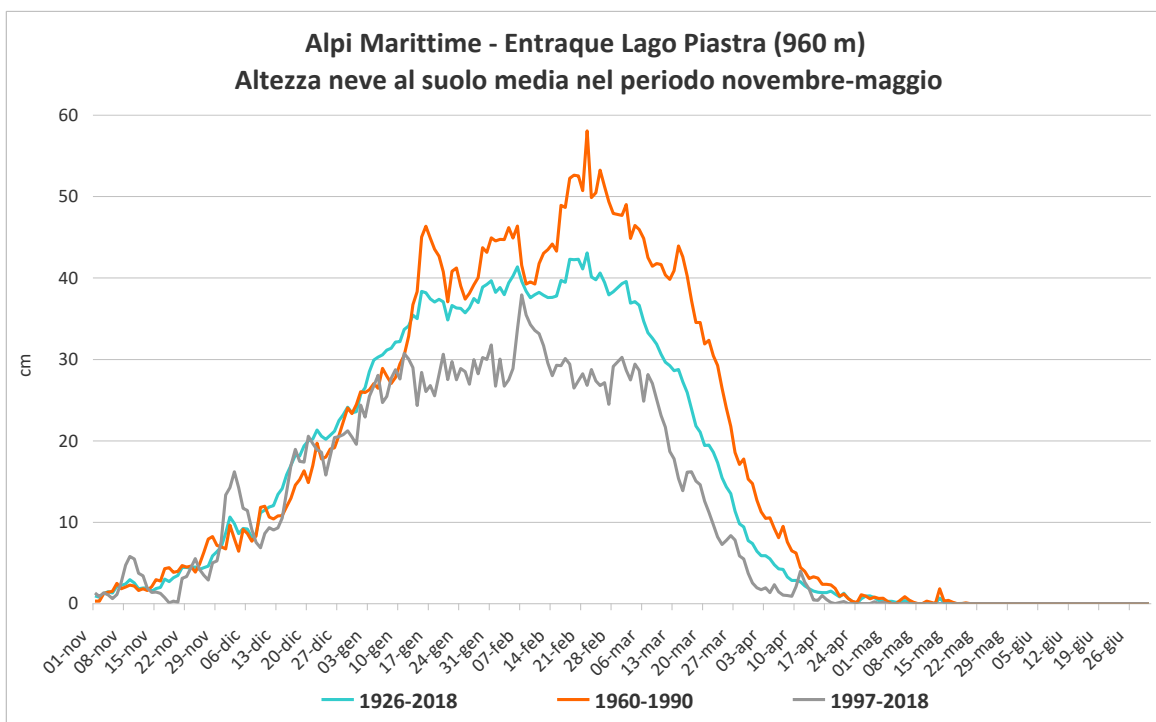


Figura 43 Altezza della neve al suolo giorno per giorno nella stazione di Entracque – Lago la Piastra, mediata sugli anni dal 1926 al 2018, dal 1960 al 1990 e dal 1997 al 2018.

La stessa considerazione può essere fatta per la stazione di Entracque, Lago la Piastra, a 960 m, dove, anche se con una decisa irregolarità, gli ultimi 20 anni vedono una forte riduzione rispetto al periodo precedente.

Interessante osservare come la riduzione si abbia nel corso dell'intero inverno nella stazione di Entracque. Lago Chiotas, a 1970 m di quota.

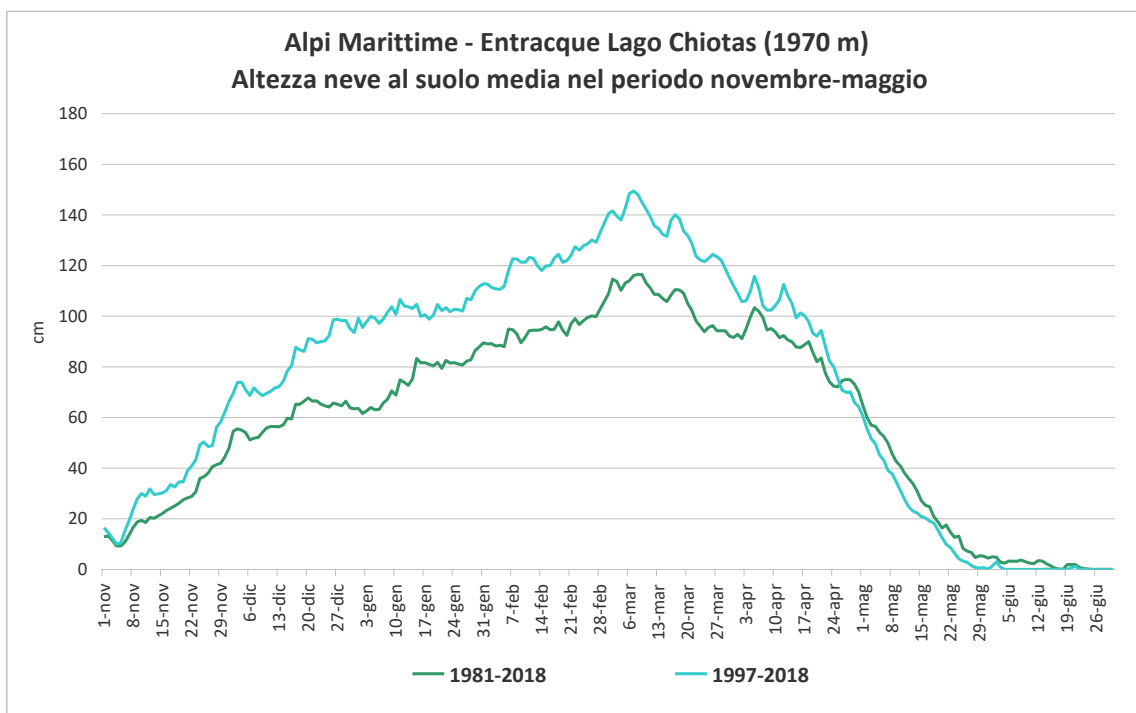


Figura 44 Altezza della neve al suolo giorno per giorno nella stazione di Entracque – Lago Chiotas, mediata sugli anni dal 1981 al 2018, dal 1997 al 2018.

4 Il Clima di Cuneo

Per completare l'analisi climatica della Provincia di Cuneo, è stato effettuato un focus sulla città di Cuneo, cercando di evidenziare anche possibili impatti attraverso opportuni indicatori. E' stata presa come riferimento la stazione di misura di Boves, che dispone di una serie storica più lunga, dal 1988, mentre la stazione più urbana della città, Cuneo Cascina Vecchia, dispone di dati solo da maggio 2002. Le due stazioni distano di circa 4.8 km.

Per valutare il peso della differente località presa a riferimento, è stata effettuata un'analisi preliminare, negli anni di sovrapposizione delle due serie, per evidenziare eventuali differenze importanti e/o sistematiche. Considerando i dati di temperatura media, minima e massima la correlazione dei dati delle stazioni di monitoraggio di Cuneo Cascina Vecchia e di Boves risulta piuttosto elevata, pari a 0.99 per le medie e per le massime e 0.97 per le minime (Figura 45). Questo ci consente quindi di utilizzare la stazione di Boves come stazione di riferimento.

Per quanto riguarda la precipitazione (zeri esclusi) delle due stazioni, sebbene si noti una maggiore dispersione (Figura 45) dovuta probabilmente all'orografia complessa della zona, la correlazione è comunque pari 0.88, consentendo di utilizzare la stazione di Boves come stazione di riferimento per un'analisi climatica.

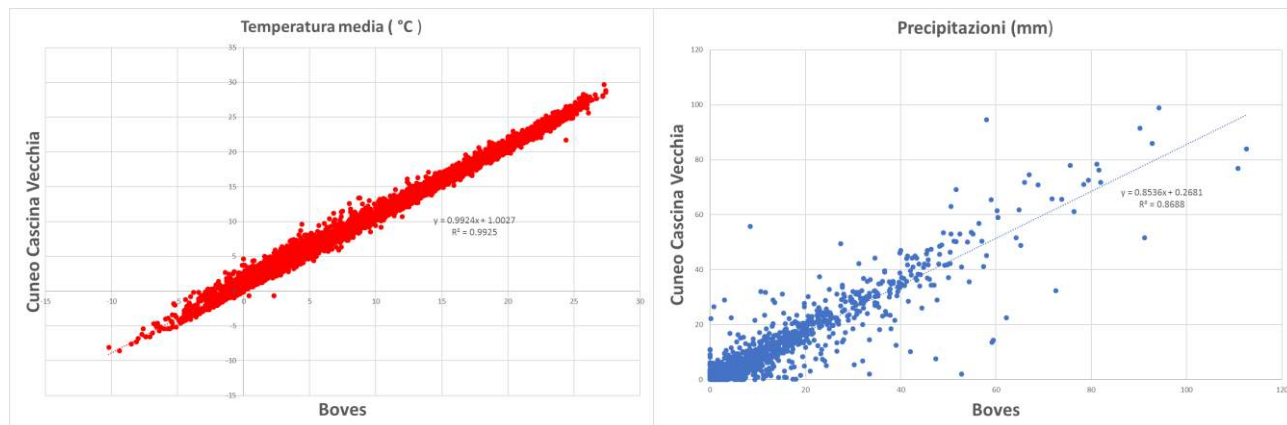


Figura 45 Correlazioni temperatura media e precipitazioni giornaliere di Boves rispetto a Cuneo Cascina Vecchia dal 2002 al 2018

4.1 Temperature

4.1.1 Andamenti annuali

Analizzando le temperature registrate a Cuneo-Boves dal 1988 al 2018 si osserva un aumento rilevante e una tendenza significativa all'aumento sia nelle temperature massime sia nelle temperature minime, anche se la tendenza all'aumento è inferiore per le temperature massime (Figura 46).

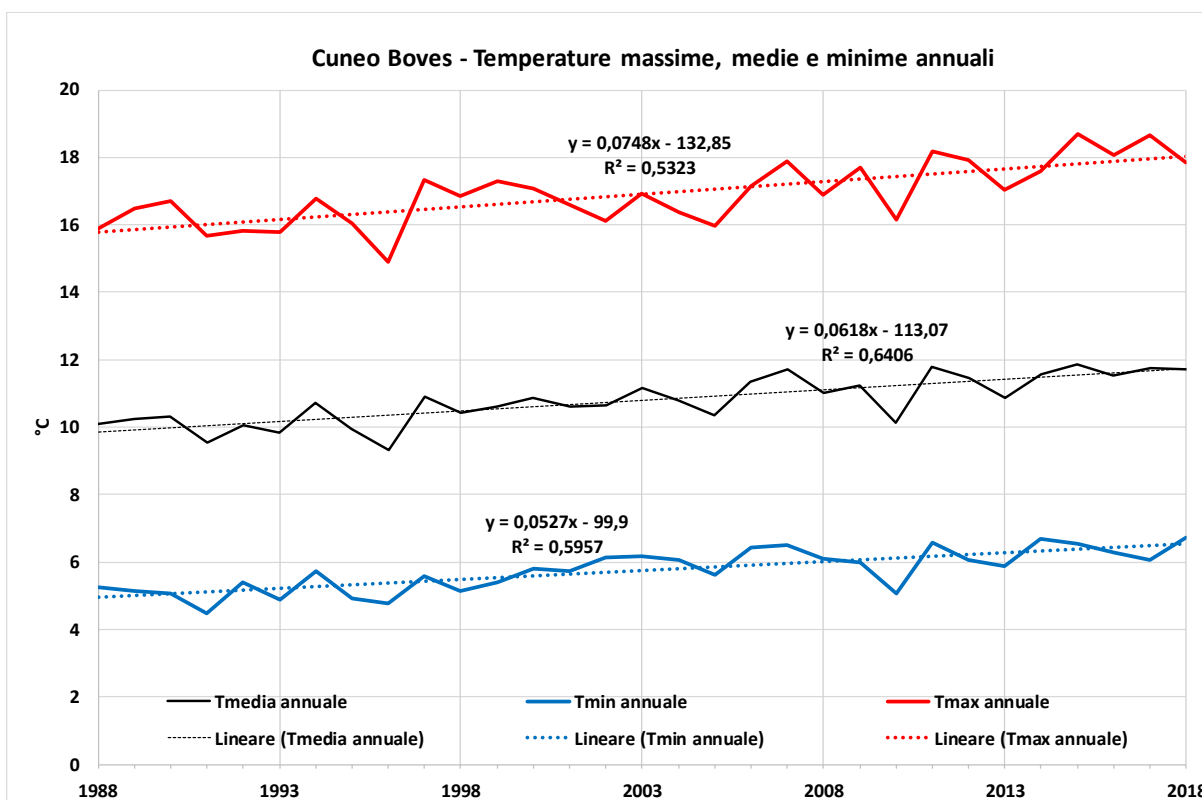


Figura 46 Temperature massime (in rosso), medie (in nero) e minime (in blu) annuali a Cuneo Boves dal 1988 al 2018 e rispettive linee di tendenza

In particolare le **temperature massime** mostrano un trend significativo (intervallo di confidenza del 95%) pari a circa 0.75°C ogni 10 anni negli ultimi 30 anni, del tutto compatibile con quanto riscontrato, ad esempio, nella città di Torino.

La temperatura media è aumentata di circa 0.62°C ogni 10 anni.

L'analisi delle **anomalie della temperatura media** annuale rispetto all'intero periodo considerato, mostra come, dal 1997, la temperatura media sia stata sempre al disopra della norma del trentennio ed evidenzia una tendenza positiva, per un aumento complessivo stimato di circa 1,5°C in 30 anni (Figura 47).

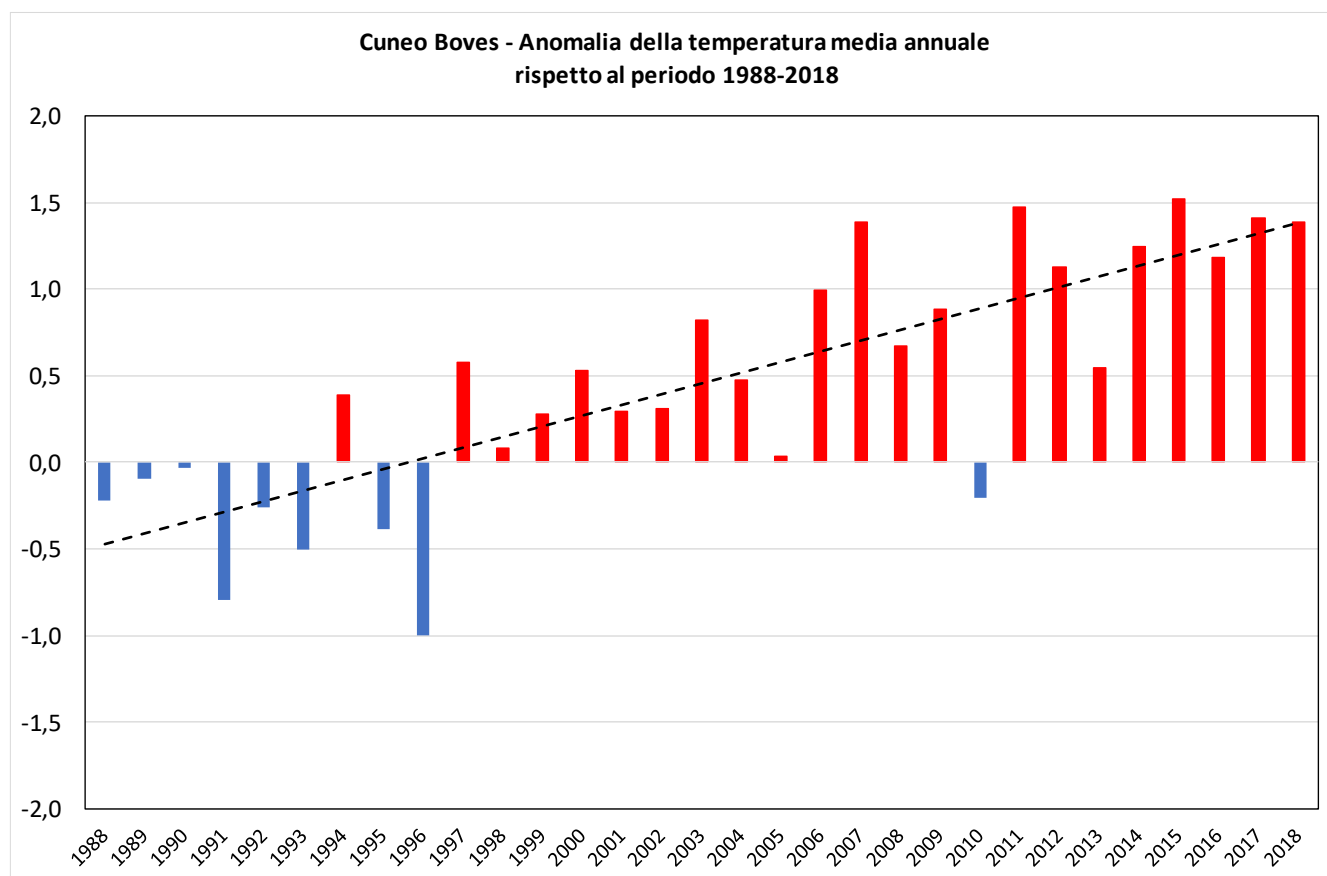


Figura 47 Anomalia della temperatura media a Cuneo Boves dal 1988 al 2018 rispetto alla media dell'intero periodo considerato. In blu le anomalie negative (anni più freddi rispetto al periodo di riferimento) in rosso le anomalie positive (anni più caldi). In nero la linea di tendenza.

Il 2015 risulta essere l'anno più caldo degli ultimi 30, mentre il 1996 il più freddo.

Considerando le **anomalie della temperatura massima**, calcolate sempre all'intera serie considerata, si evince che risultano quasi sempre positive a partire dal 1997 e mostrano una decisa tendenza all'aumento; anche per le **temperature minime** si osserva una tendenza positiva, anche se di entità inferiore (Figura 48). Questo andamento dà contro anche di un'aumentata variabilità meteorologica, con temperature minime che aumentano in misura minore e massime mediamente più alte.

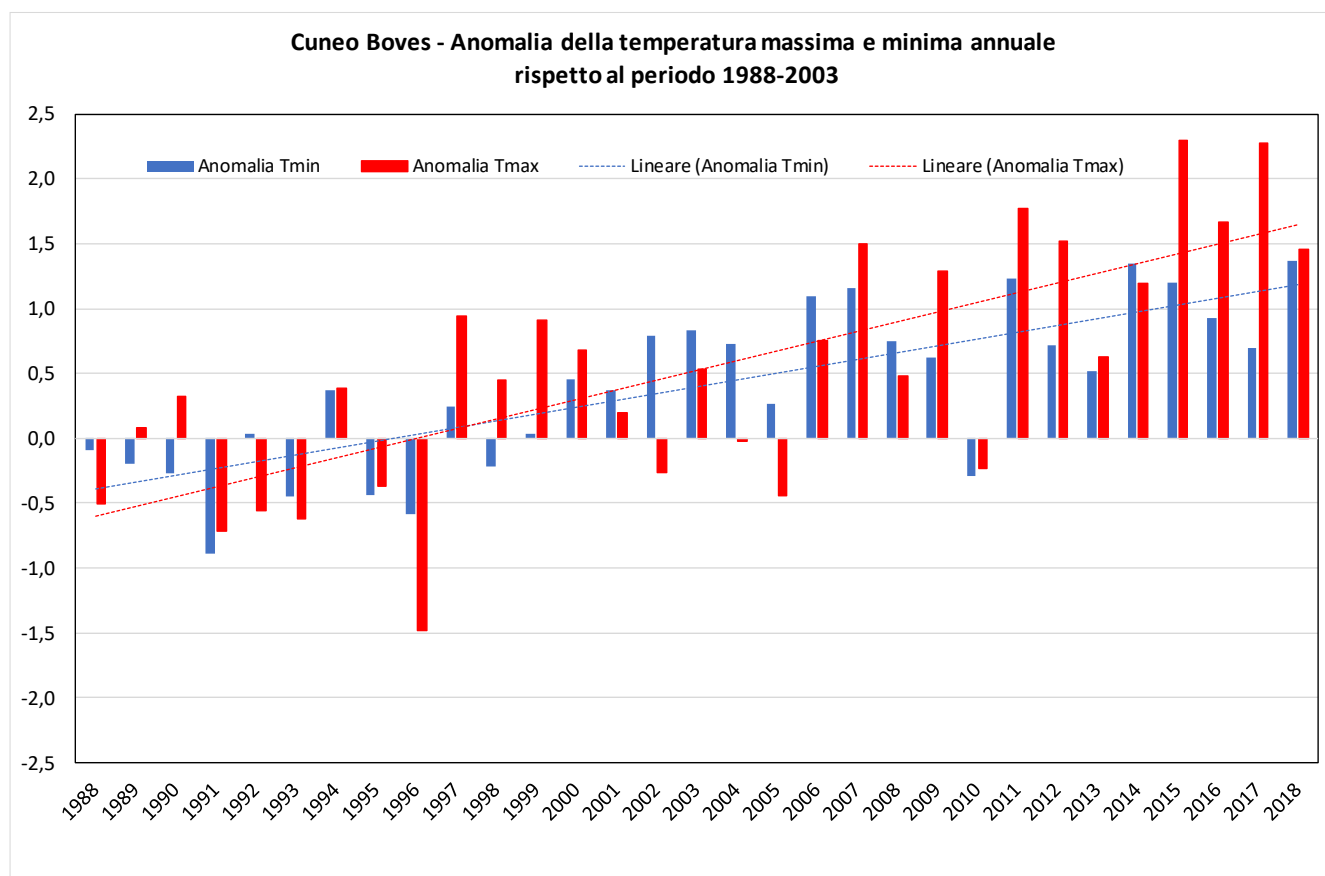


Figura 48 Anomalia della temperatura massima (in rosso) e minima (in blu) annuale a Torino dal 1951 al 2016 rispetto al periodo di riferimento 1971-2000.

Interessante osservare come risultino anni in cui l'anomalia delle minime è superiore a quella delle massime e come, negli anni recenti più caldi (2015, 2016, 2017) il contributo si dato principalmente dalle temperature massime

4.1.2 Andamenti stagionali e mensili

Il ciclo annuale **temperature massime e minime** risulta regolare, con un'escursione tra minima e massima sempre superiore ai 9 °C, e che raggiunge i valori più elevati nei mesi estivi, fino a 18,4°C nel mese di luglio ed è più ridotta nei autunnali (Figura 49).

Per evidenziare un eventuale cambiamento negli anni più recenti, sono stati considerati gli ultimi quindici anni (2004-2018) rispetto all'intero periodo 1988-2018. Si osserva che le temperature mensili sono aumentate ad eccezione dei mesi di gennaio, febbraio e marzo dove risultano stazionarie.

L'aumento delle temperature massime è superiore nel periodo estivo.

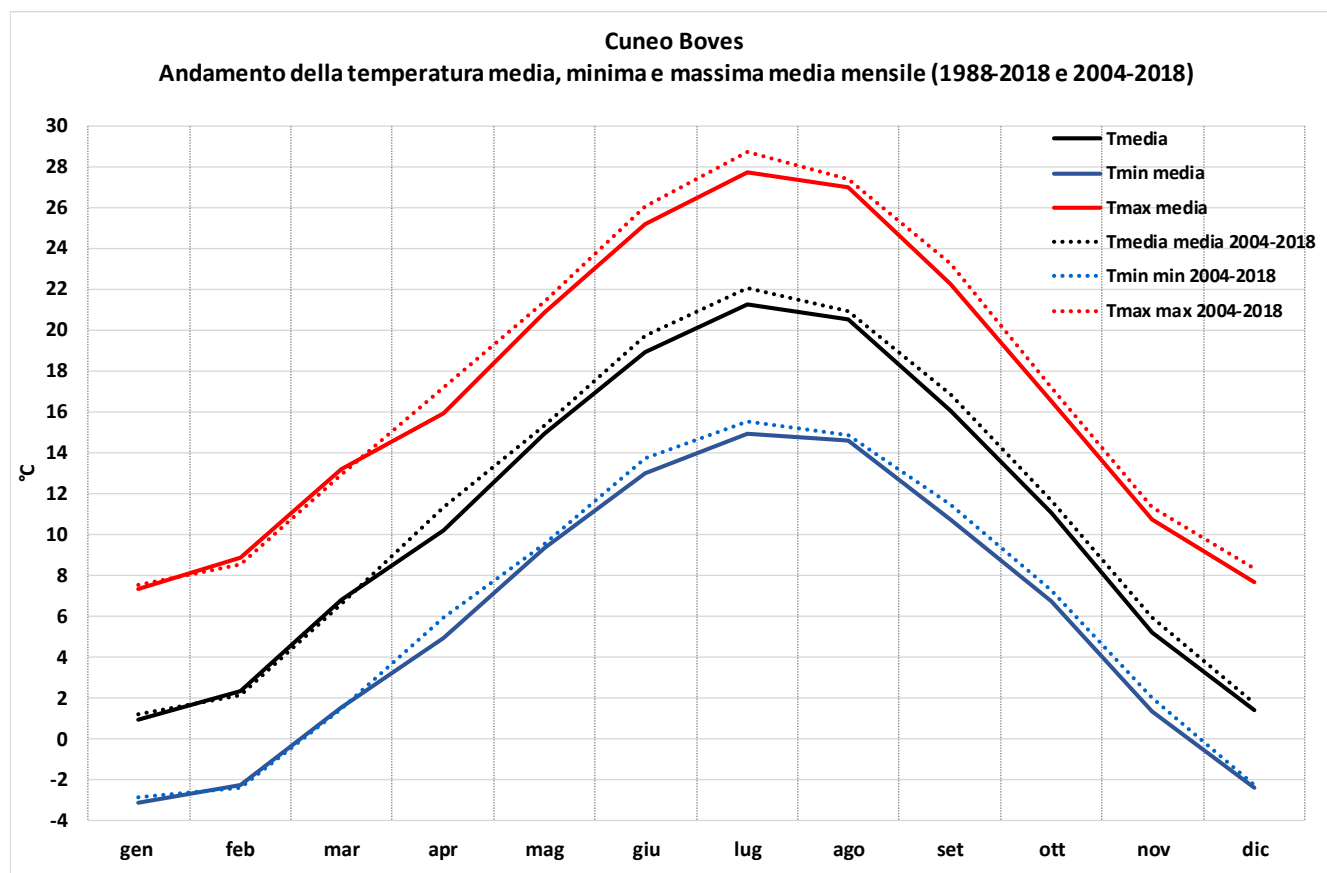


Figura 49 Andamento della temperatura media (in nero), minima (in blu) e massima (in rosso) mensile mediata sul periodo 1988-2018 e della temperatura media (in nero tratteggiato), minima (in blu tratteggiato) e massima (in rosso tratteggiato) mensile mediata sul periodo più recente 2004-2018.

Sono state anche analizzate le temperature stagionali (medie, massime e minime) dal 1988 al 2018.

Considerando la **stagione invernale** (mesi di dicembre, gennaio e febbraio), emergono l'inverno 1990-1991 e 2009-2010, ed in particolare il mese di febbraio 1991, con un una temperatura minima media di $-6.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, quando un'ondata eccezionale di freddo investì buona parte dell'Italia, coprendola di neve e gelo (Figura 50). Il gennaio 2010 fu il gennaio più freddo del periodo considerato, con una temperatura minima media di $-6.6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Da notare anche l'inverno 2006-2007, caratterizzato da temperature elevate e anomale per il periodo sia nei valori massimi (media di $9.8\text{ }^{\circ}\text{C}$) e sia in quelli minimi ($-0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Anche se con una spiccata variabilità, la tendenza della temperatura in questa stagione è in aumento, con un trend doppi nei valori massimi rispetto a quelli minimi.

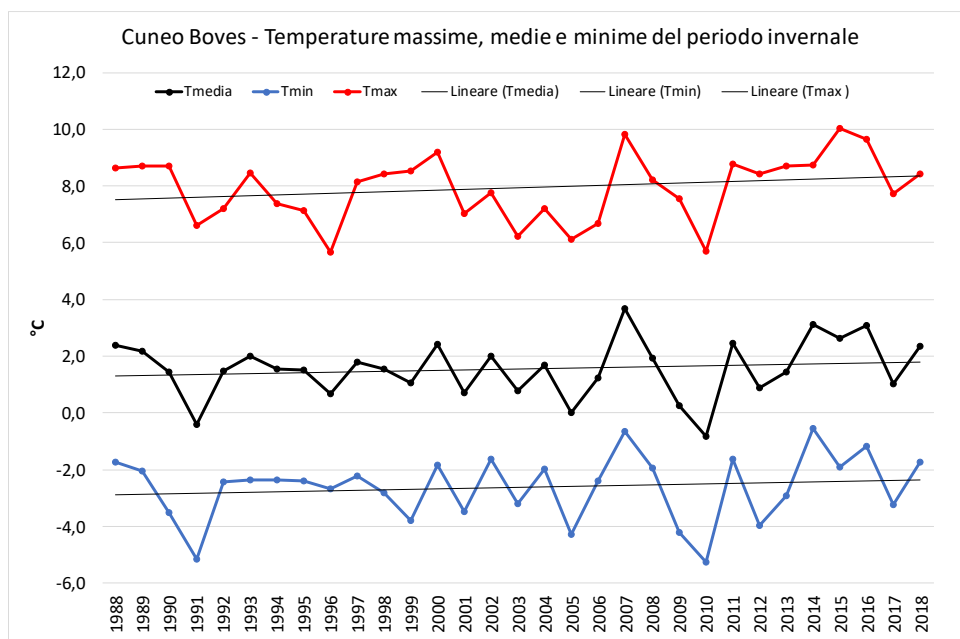


Figura 50 Andamento della temperatura media (in nero), minima (in blu) e massima (in rosso) del periodo invernale (DJF) dal 1988 al 2018. In nero le linee di tendenza.

Considerando il **periodo primaverile**, si osserva una tendenza positiva delle temperature massime e medie decisamente superiore a quella invernale, mentre la variabilità interannuale rimane simile. La tendenza delle massime risulta quasi doppia rispetto a quella delle temperature minime (Figura 51).

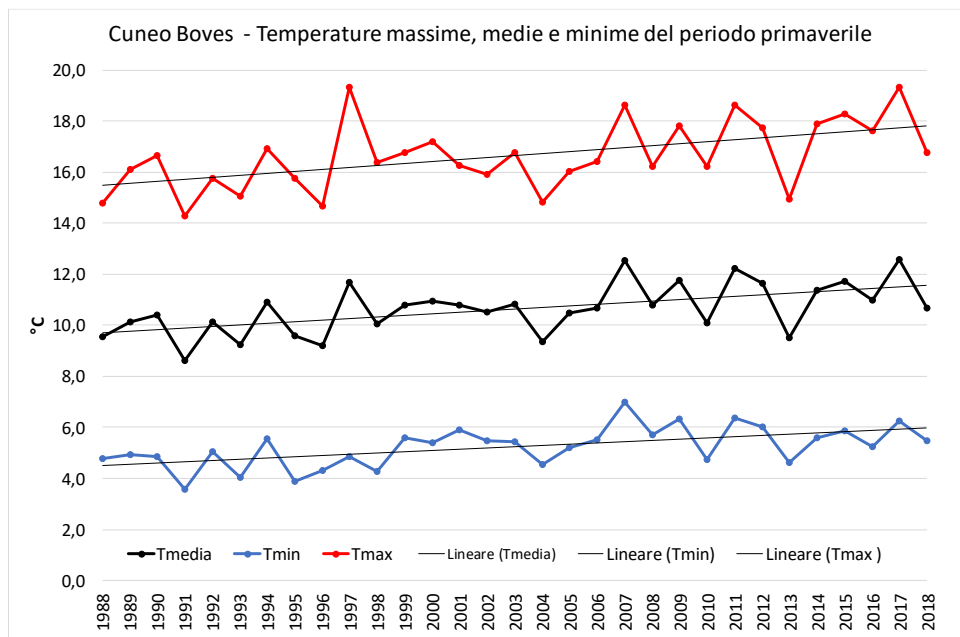


Figura 51 Temperatura media (in nero), minima (in blu) e massima (in rosso) del periodo primaverile (MAM) dal 1988 al 2018. In nero le linee di tendenza.

Le stesse osservazioni sono valide per il **periodo estivo**, quando le tendenze sono decisamente più importanti. Da notare il picco dell'estate 2003, seguito da quello del 2017 e, successivamente, 2015 (Figura 52).

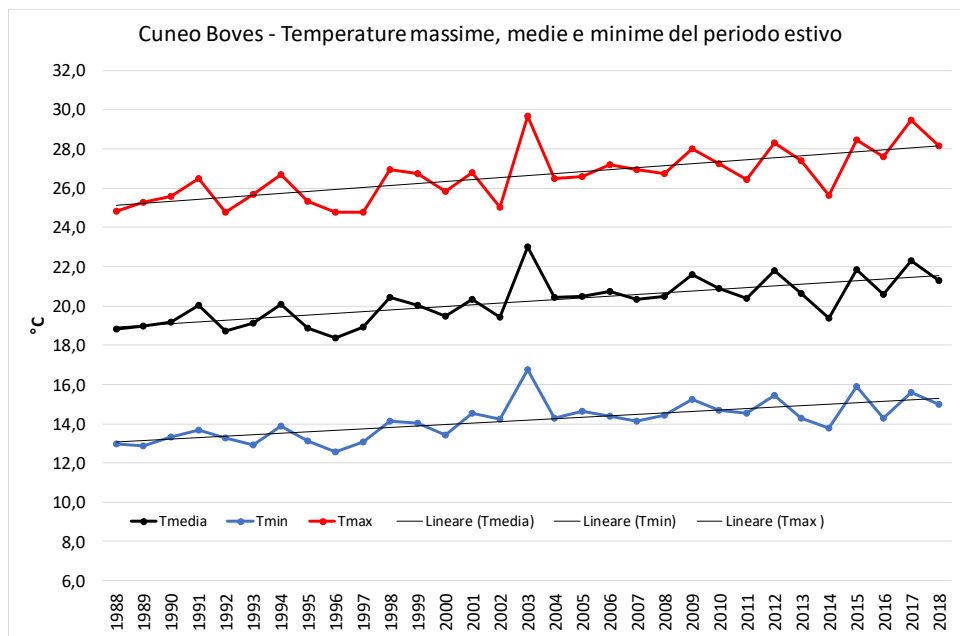


Figura 52 Temperatura media (in nero), minima (in blu) e massima (in rosso) del periodo estivo (JJA) dal 1988 al 2018. In nero le linee di tendenza.

Nel **periodo autunnale** le temperature mostrano sempre una tendenza positiva importante. La più alta dopo l'estate (Figura 53).

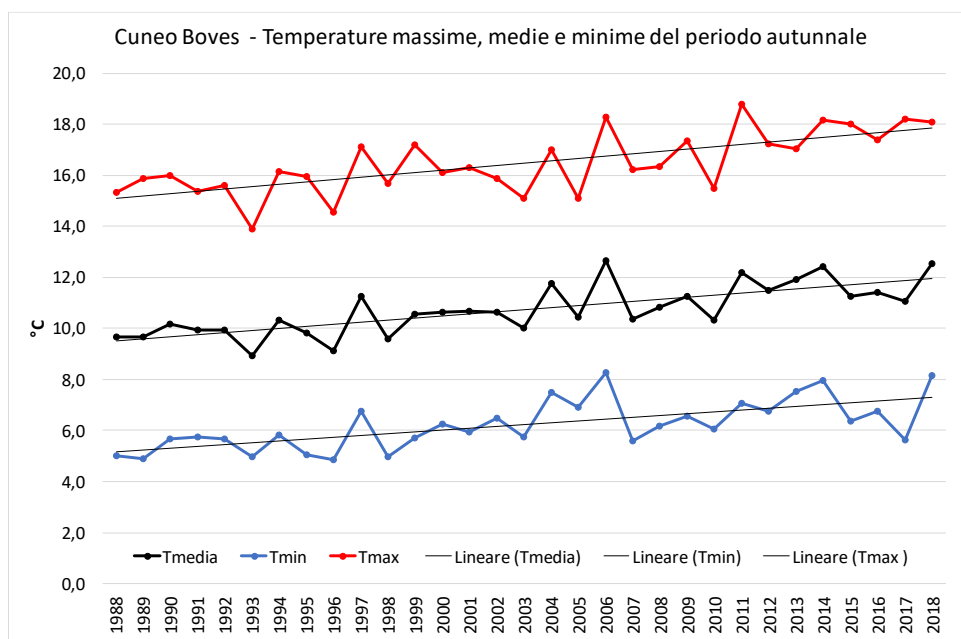


Figura 53 Temperatura media (in nero), minima (in blu) e massima (in rosso) del periodo autunnale (SON) dal 1988 al 2018. In nero le linee di tendenza.

Negli ultimi 30 anni la tendenza delle temperature massime e minime è sempre positiva, con incrementi considerevoli nelle stagioni estive e autunnali, come si evince dalla tabella sottostante (Tabella 6).

tendenza della temperatura °C / 10 anni				
	DJF	MAM	JJA	SON
massima	0.28	0.78	1.0	0.92
minima	0.17	0.48	0.74	0.71

Tabella 6 Tendenza della temperatura massima e minima in °C ogni 10 anni per il periodo dal 1988 al 2018 per le diverse stagioni.

4.1.3 Ciclo diurno

Le variazioni del clima hanno apportato e continuano ad apportare anche modifiche al **ciclo diurno della temperatura**. Utilizzando i dati orari della stazione di monitoraggio di Cuneo Boves, è stato calcolato e rappresentato l'andamento medio della temperatura giornaliera (ciclo giornaliero). Dal grafico (Figura 54), che rappresenta il ciclo giornaliero sull'intero periodo considerato e su due periodi ottenuti dividendo la serie storica in due quindicenni, si evince un aumento della temperatura nell'intero ciclo giornaliero, più significativa nelle ore diurne dalle 6:00 alle ore 13:00.

Cuneo Boves (575 m)
Andamento giornaliero della temperatura

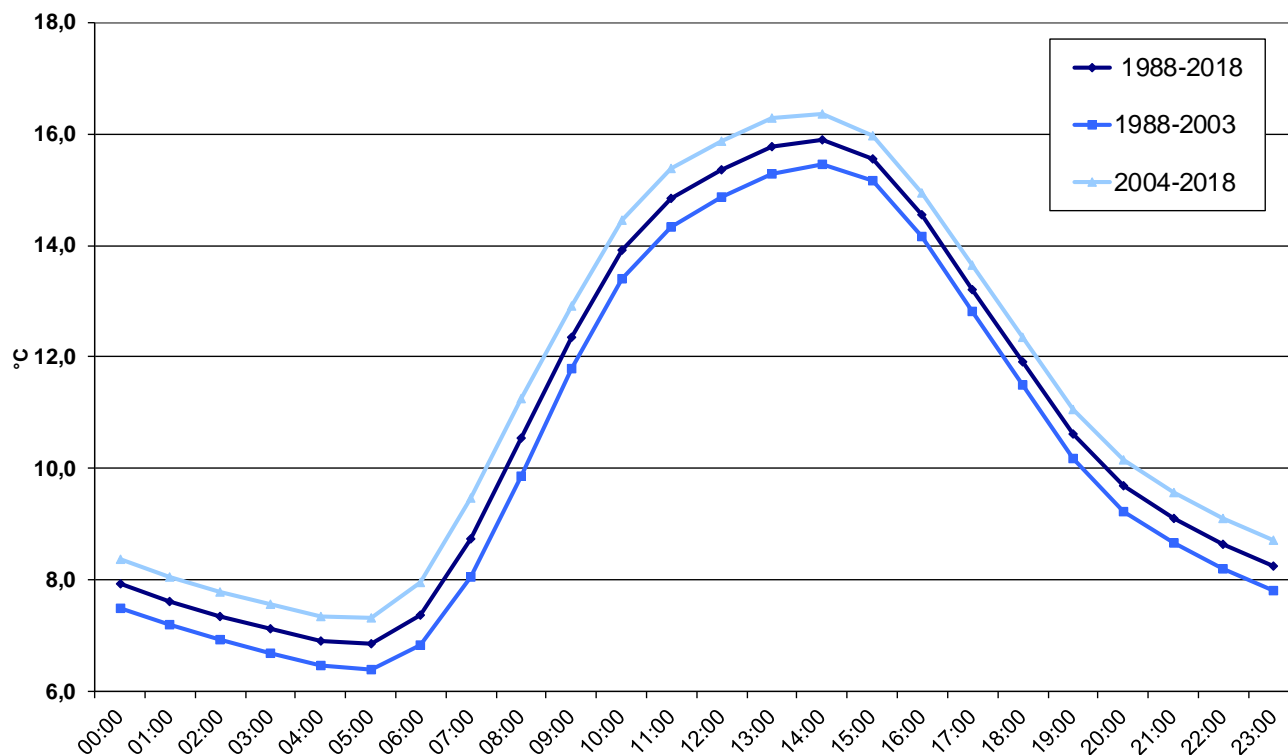


Figura 54 Ciclo diurno della temperatura per la stazione di monitoraggio di Cuneo Boves nel periodo 1988-2018 e nei due sotto-periodi 1988-2003 e 2004-2018.

Anche utilizzando i dati del periodo estivo (JJA), si osserva un aumento della temperatura del ciclo giornaliero ben distribuito nel corso dell'intera giornata, con un picco nelle prime ore della mattina. (Figura 55).

Per quanto riguarda il periodo invernale (DJF), l'aumento risulta decisamente inferiore e si rileva solo nelle ore prima dell'alba e intorno all'ora della temperatura massima (Figura 56).

Queste modifiche al ciclo diurno non modificano le ore in cui si registrano la temperatura massima e la temperatura minima giornaliera.

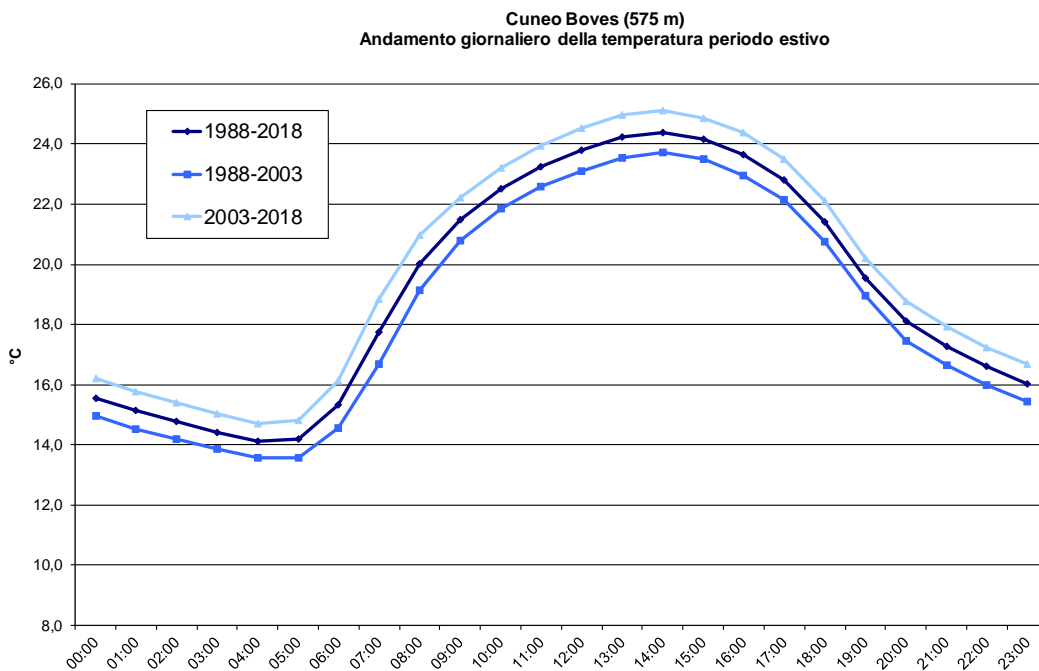


Figura 55 Ciclo diurno della temperatura per la stazione di monitoraggio di Cuneo Boves nel periodo 1988-2018 e nei due sotto-periodi 1988-2003 e 2004-2018 (periodo estivo).

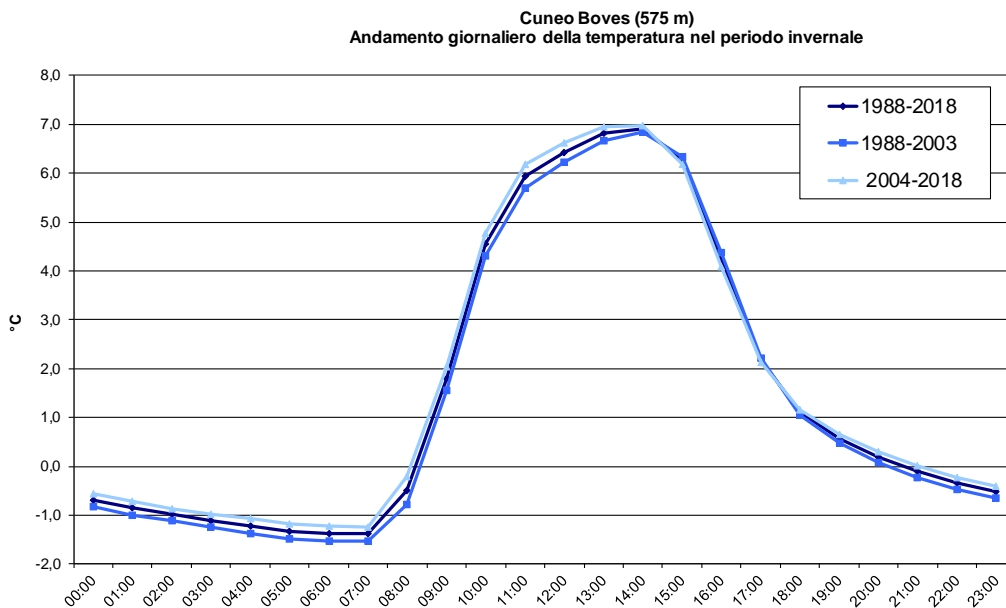


Figura 56 Ciclo diurno della temperatura per la stazione di monitoraggio di Cuneo Boves nel periodo 1988-2018 e nei due sotto-periodi 1988-2003 e 2004-2018 (periodo invernale).

Per evidenziare meglio come le differenze nelle temperature medie orarie nei due quindicenni si distribuiscono nella giornata e per le due stagioni invernali ed estiva è stato realizzato l'istogramma di Figura 57.

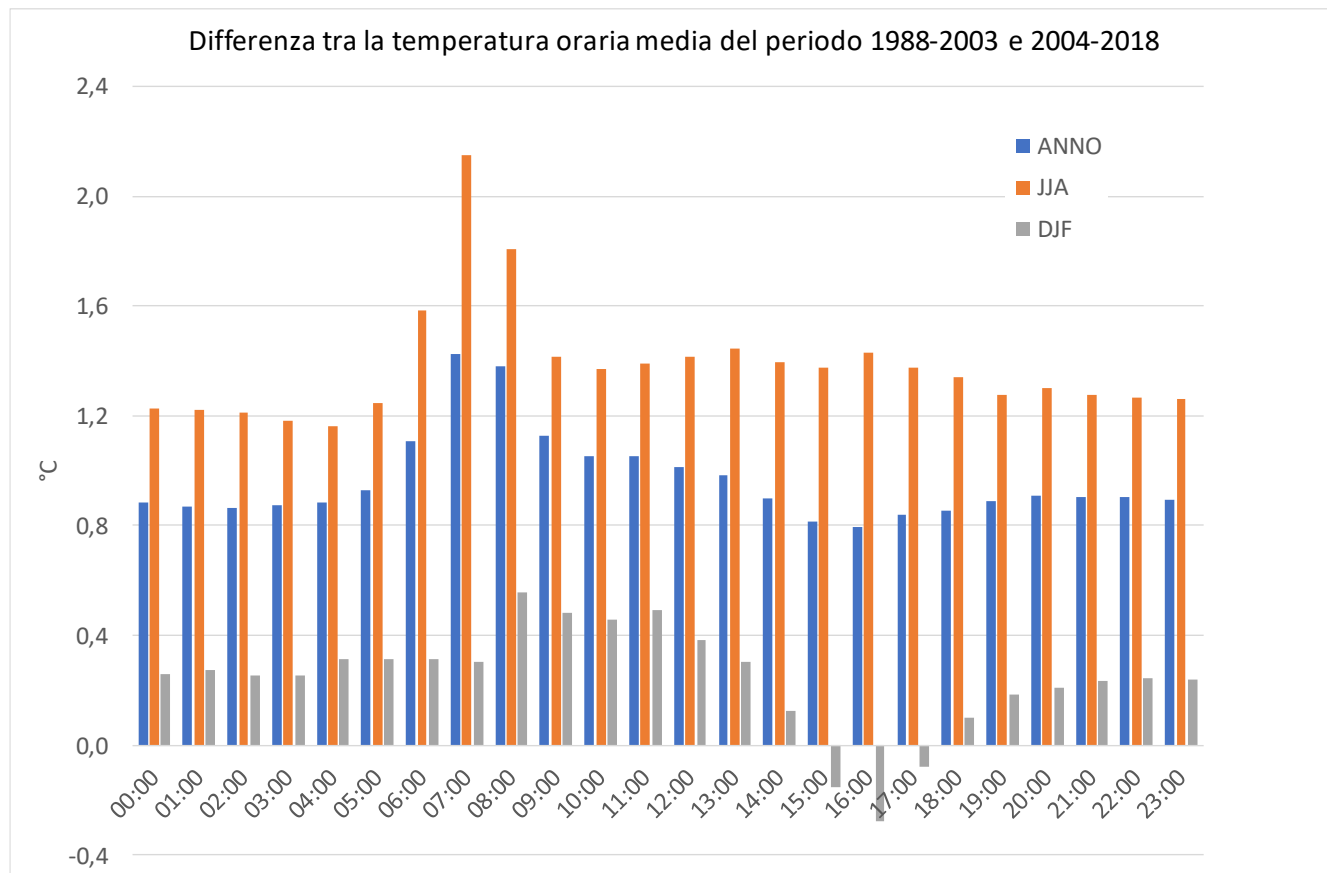


Figura 57 Differenza tra la temperatura media oraria del periodo 1988-2003 e 2004-2018 considerando l'intero anno, il solo periodo estivo JJA e il solo periodo invernale DJF.

4.1.4 Notti tropicali

L'indicatore "notti tropicali" esprime il numero di giorni con temperatura minima dell'aria maggiore di 20°C. Questo indice denota condizioni di disagio nelle ore notturne ed è significativo per valutare gli eventi termici estremi e la presenza di eventuali tendenze significative. Se si considerano le notti tropicali del periodo estivo (giugno-luglio-agosto) della città di Cuneo (Boves), nell'ultimo quindicennio si evidenziano anni come il 2003 e il 2012 (3 notti tropicali) e il 2015 (6 notti tropicali). Nel periodo precedente invece le notti tropicali sono del tutto assenti, tranne che nel 1995 e nel 2001 (1 notte tropicale) e nel 2002 (2 notti tropicali) (Figura 58 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Le notti tropicali medie dell'intero periodo risultano essere 1. Non si evince alcun trend significativo.

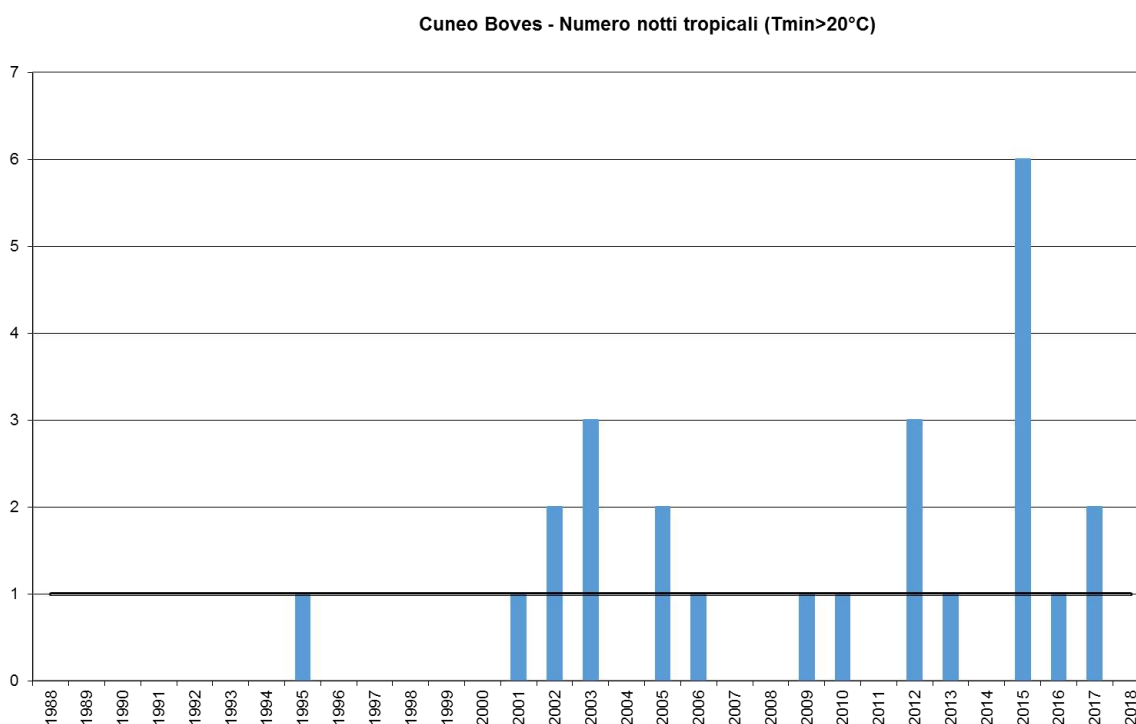


Figura 58 Numero di notti tropicali (temperatura minima > 20°C) del periodo estivo della stazione di monitoraggio di Boves nel periodo 1988-2018. In nero il numero medio delle notti tropicali dell'intero periodo.

4.1.5 Giorni di gelo

I “giorni di gelo” rappresentano un indicatore sulle condizioni di rischio meteorologico dovute a basse temperature che si verificano quando la temperatura minima giornaliera è inferiore 0°C (giorni di gelo). Considerando i giorni di gelo calcolati per i mesi da novembre a marzo del periodo 1988-2018 della città di Cuneo, si osserva una lieve tendenza alla diminuzione, in accordo con le variazioni generali delle temperature dovute al riscaldamento (*Figura 59* **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). In particolare si passa dai 99 giorni nel periodo 1988-2003 ai 93 del periodo 2004-2018.

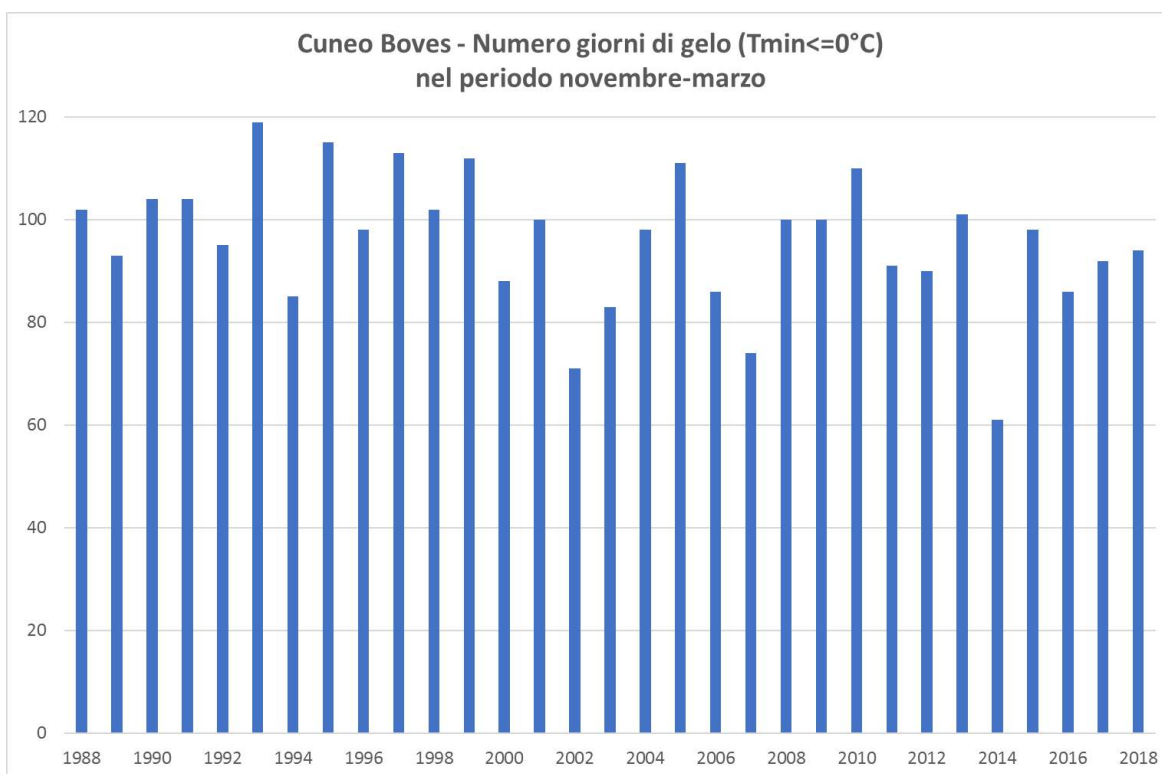


Figura 59 Numero di giorni di gelo (temperatura minima ≤ 0°C) del periodo novembre-marzo della stazione di monitoraggio di Cuneo nel periodo 1988-2018.

4.2 Precipitazioni

4.2.1 Precipitazioni annuali

L'analisi delle anomalie di precipitazione cumulata media annua su Cuneo calcolate rispetto al periodo 1988-2018 non delinea una tendenza chiara e statisticamente significativa, piuttosto si osservano periodi di più anni consecutivi al di sotto della norma di riferimento, alternati ad altri in cui l'apporto di precipitazione, nel corso dell'annata, risulta positivo (Figura 60).

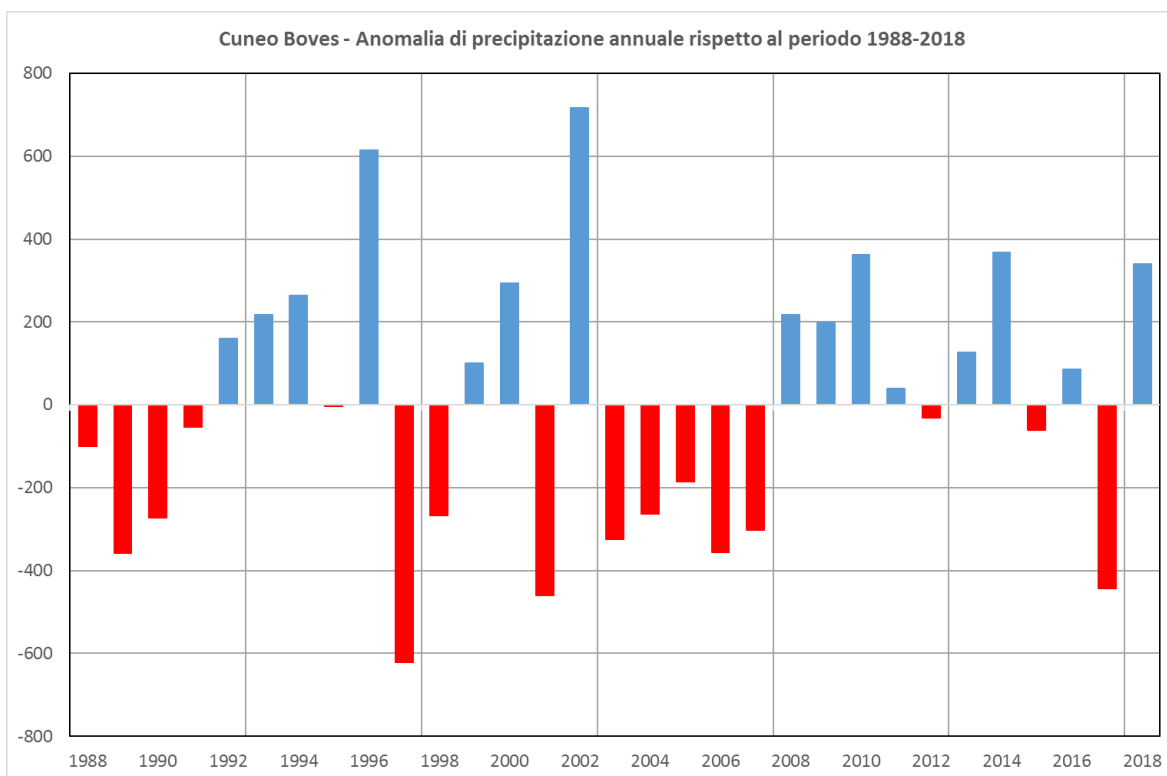


Figura 60 Anomalia della precipitazione media annuale rispetto al periodo di riferimento 1988-2018. In blu gli anni con anomalie negative (anni meno piovosi) in rosso le anomalie positive (anni più piovosi rispetto al periodo di riferimento).

Dall'analisi effettuata non si evince neanche un aumento della variabilità interannuale, ma piuttosto periodi caratterizzati da anni più secchi.

4.2.2 Precipitazioni stagionali

Anche l'analisi delle precipitazioni stagionali dal 1988 al 2018 non mostra una netta tendenza all'aumento o alla diminuzione: nello specifico a partire dal 2000 sembrano essere predominanti gli anni più piovosi (anomalie positive in rosso) tranne che nel periodo primaverile dove sono maggiori gli anni caratterizzati da un'anomalia negativa (anomalie negative in blu, Figura 61).

In particolare nel periodo invernale e autunnale degli ultimi quindici anni si trovano le annate più piovose.

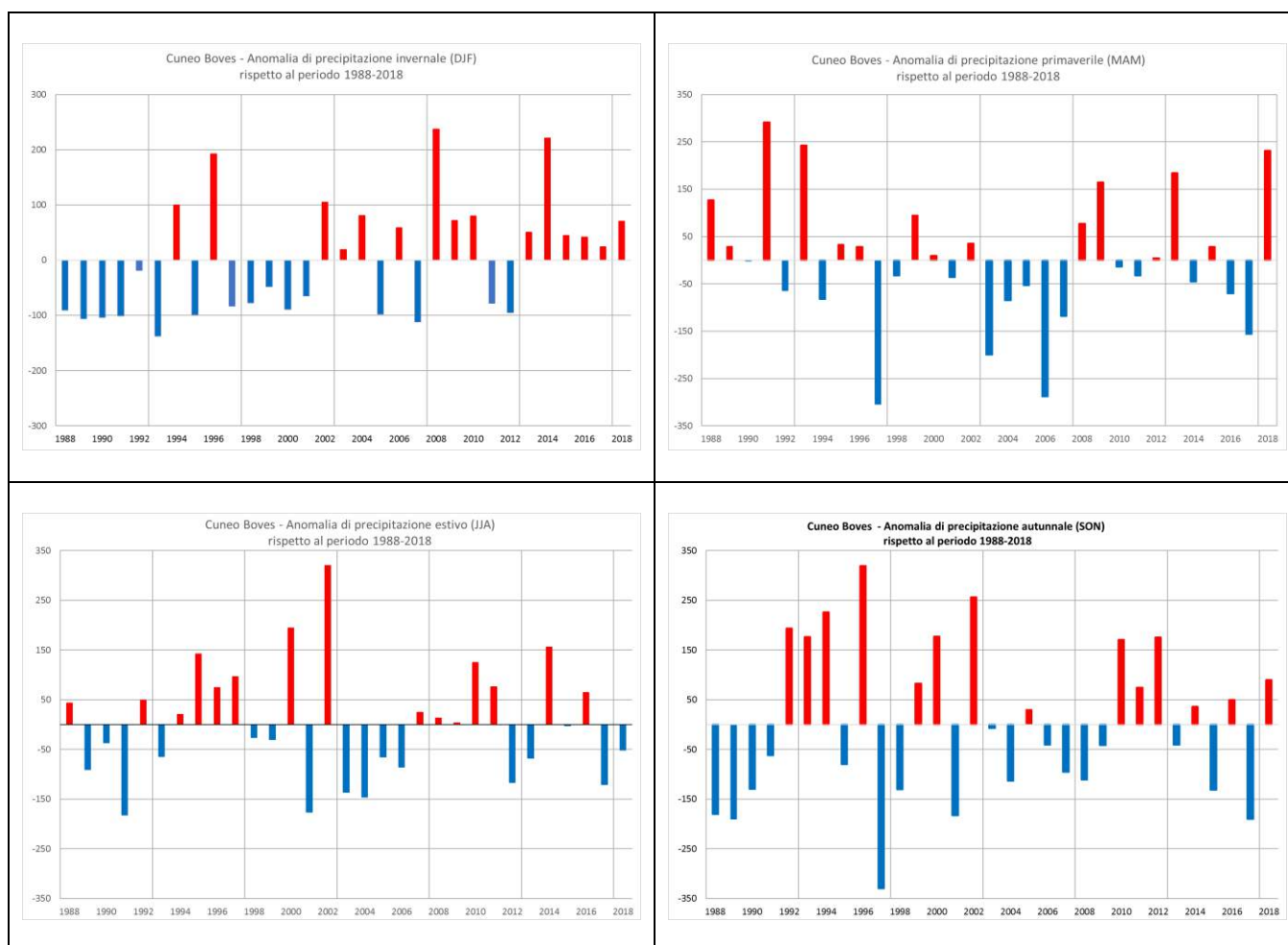


Figura 61 Anomalia delle precipitazioni invernali (in alto a sinistra), primaverili (in alto a destra), estive (in basso a sinistra) e autunnali (in basso a destra) relative alla stazione di Cuneo rispetto al periodo 1988-2018 (in rosso gli anni al di sopra della media, in blu quelli al di sotto della media).

Se si considera il ciclo annuale della pioggia si può notare che i mesi più piovosi dell'anno sono aprile e novembre nell'ultimo quindicennio, mentre nel periodo 1988-2003 nei mesi di aprile e ottobre, mentre nell'intero periodo (1988-2018) i mesi più piovosi si concentrano nei mesi primaverili (aprile e maggio) e all'inizio dell'autunno (ottobre). Il mese meno piovoso è gennaio nel periodo 1988-2018, febbraio per il periodo 1988-2003 e luglio per il periodo 2004-2018 (Figura 62). Il mese autunnale più piovoso, se era ottobre nel periodo 1988-2018 e nel periodo 1988-2003, diventa novembre negli ultimi 15 anni.

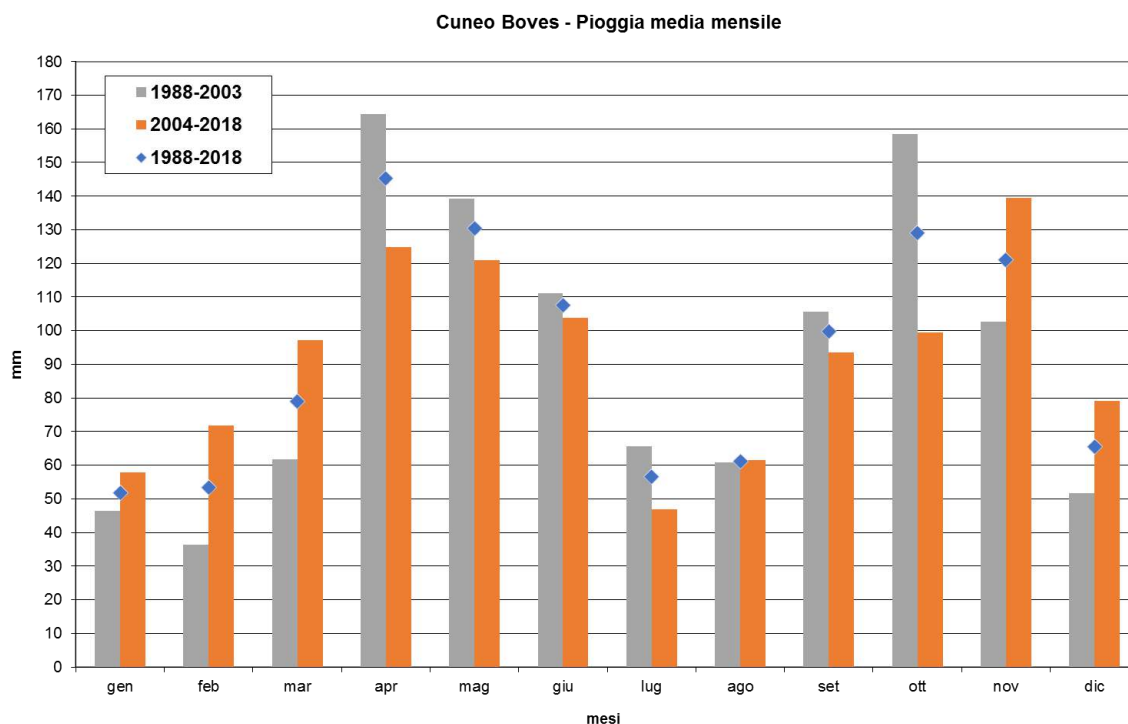


Figura 62 Andamento della precipitazione media mensile dei periodi 1951-1989 (in grigio) e 1990-2016 (in arancione) confrontati con l'intero periodo 1951-2016 (rombo azzurro).

Considerando i mesi di aprile e maggio, i mesi più piovosi dell'anno dal 1988 ad oggi, l'analisi della tendenza della precipitazione cumulata mensile, negativa per entrambi i mesi, mostra una diminuzione maggiore nel mese di aprile piuttosto che in quello di maggio (Figura 63).

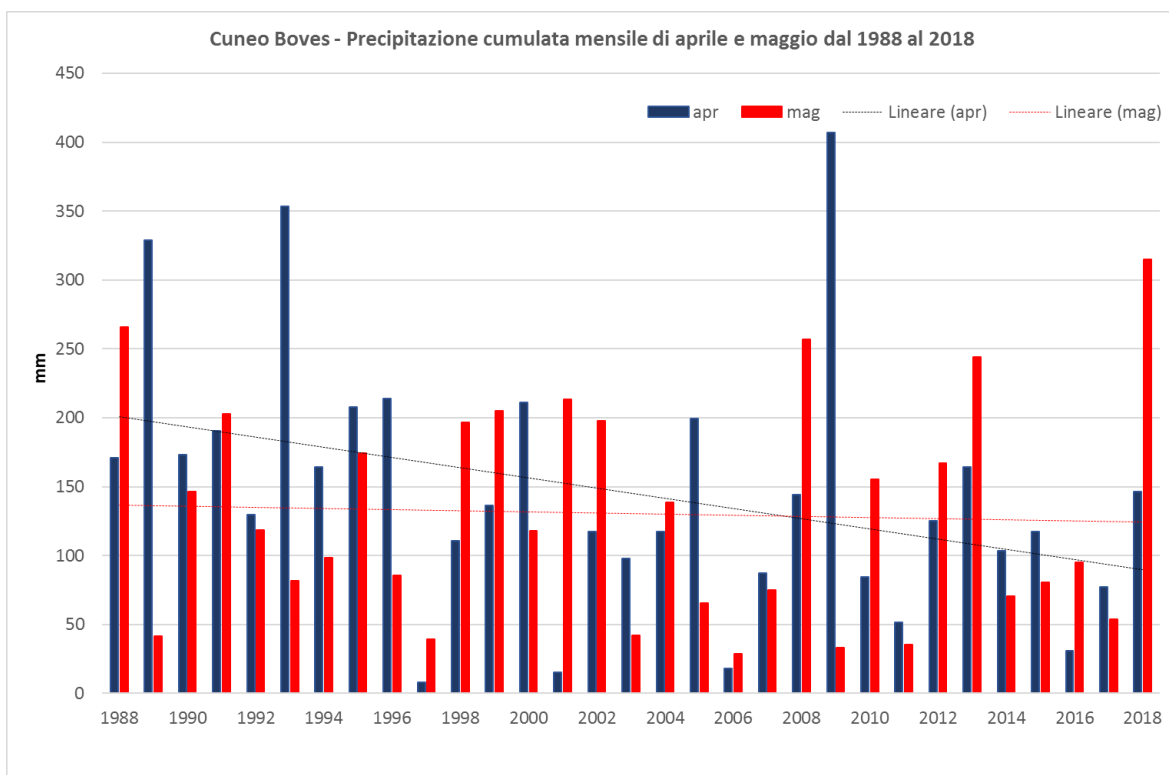


Figura 63 Precipitazione cumulata mensile dei mesi di aprile (in blu) e di maggio (rosso) dal 1988 al 2018. Tratteggiate le tendenze lineari.

4.2.3 Numero di giorni piovosi

Per ciascun anno dal 1988 al 2018 è stato calcolato il numero di giorni piovosi, utilizzando però diverse soglie pluviometriche: 1 mm, 5 mm, 10 mm e 20 mm al giorno, in modo da avere un quadro anche in relazione alle piogge più intense (Figura 64).

L'anno con il più basso numero di giorni piovosi risulta il 1995 con 45 giorni piovosi ($P \geq 1\text{mm}$), seguito dal 2006-2007 con 60 giorni piovosi e dal 2017 con 61 giorni piovosi. L'anno con il maggior numero di giorni piovosi è il 1996 (130 giorni piovosi).

Dall'analisi della serie dei dati si osserva una lieve tendenza (anche se non statisticamente significativa) all'aumento del numero dei giorni piovosi.

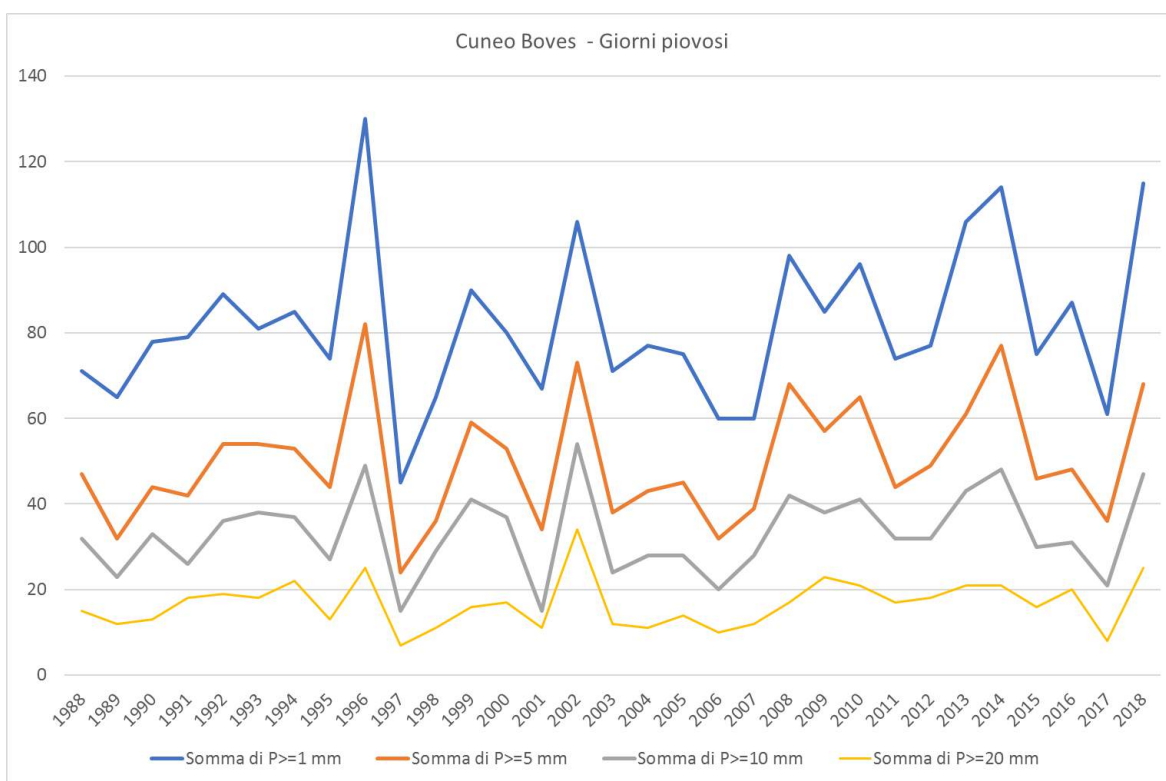


Figura 64 Numero di giorni piovosi dal 1988 al 2018 per le soglie di precipitazione $P \geq 1\text{ mm}$ (in blu), $P \geq 5\text{ mm}$ (in arancione), $P \geq 10\text{ mm}$ (in grigio) e $P \geq 20\text{ mm}$ (in giallo).

Le stesse considerazioni sono supportate dalle informazioni fornite dal grafico di Figura 65, che rappresenta la distribuzione del numero di giorni piovosi nelle diverse classi di precipitazione: nel periodo 2004-2018, rispetto al periodo 1988-2003, sembrano aumentare le precipitazioni deboli, a discapito delle precipitazioni di intensità da moderata a forte.

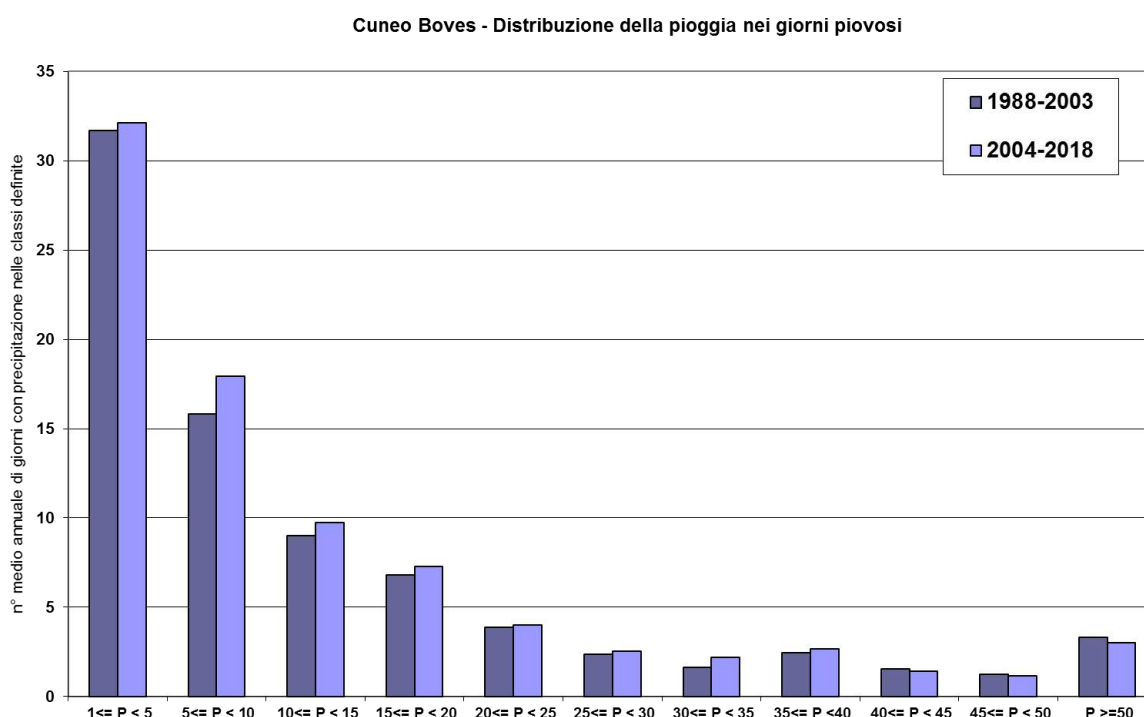


Figura 65 Distribuzione della pioggia nei giorni piovosi per i periodi 1988-2003 e 2004-2018.

Considerando l'ultimo periodo di circa quindici anni della serie, 2004-2018, rispetto al quindicennio precedente, si osserva un aumento della precipitazione media annuale e del numero di giorni piovosi (precipitazione registrata maggiore o uguale a 1mm), con una lieve diminuzione dell'intensità di precipitazione (ossia i mm di pioggia al giorno) (Tabella 7).

anni	Precipitazione totale media annuale (mm)	Numero giorni piovosi medio annuale	Intensità di precipitazione media (mm/gg)
1988-2003	1084	80	13,6
2004-2018	1097	84	13,1

Tabella 7 Precipitazione totale media, numero di giorni piovosi medio annuale e intensità di precipitazione media della stazione di Boves per i periodi 1988-2003 e 2004-2018.

4.2.4 Precipitazioni intense

Dal punto di vista delle **precipitazioni intense**, confrontando i percentili più elevati (95° e 99°) della distribuzione della pioggia giornaliera dal 1988-2018, si osserva una lieve tendenza alla diminuzione dei valori estremi come il 99° percentile e una tendenza all'aumento più marcata per il 90° percentile (Figura 66).

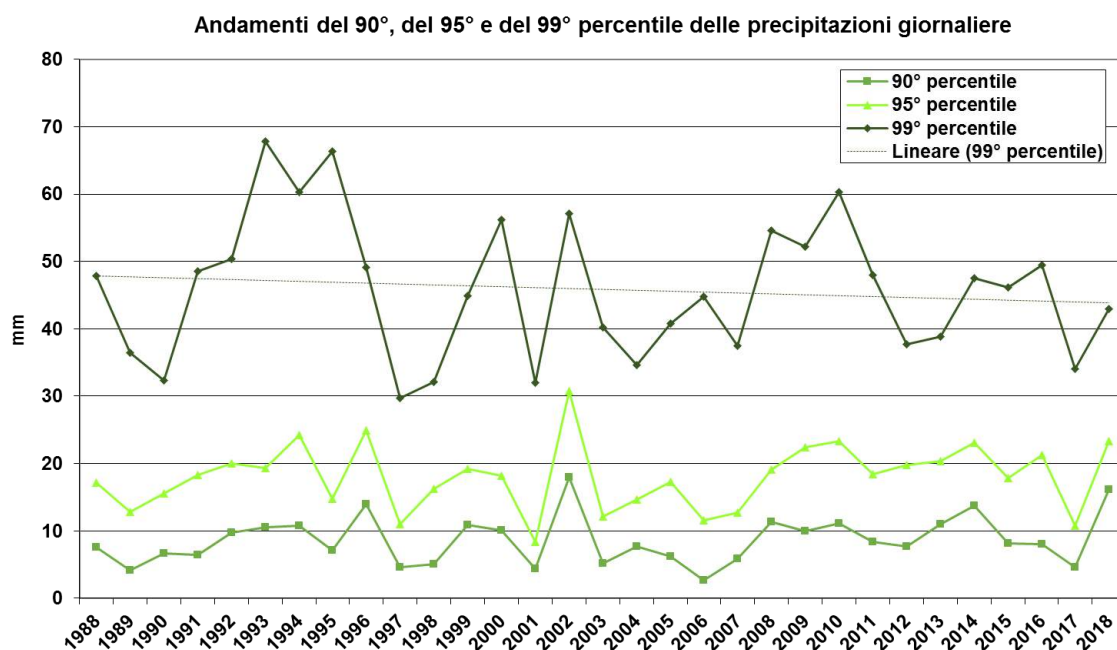


Figura 66 Andamento del 90°, del 95° e del 99° percentile delle precipitazioni giornaliere registrate a Cuneo dal 1988 al 2018

Il valore maggiore del 90° e del 95° percentile si registrano nel 2002 e sono pari rispettivamente a 18 e a 31 mm; per il 99° il valore maggiore si ha nel 1993 ed è pari a 68 mm.

Nella tabella sottostante (Tabella 8) sono riportati i valori del 90°, 95° e del 99° percentile dei periodi 1988-2003, 2004-2018 e dell'intero periodo.

	1988-2003	2004-2018	1988-2018
90° percentile	8.4	9.0	8.8
95° percentile	18.4	18.9	19.0
99° percentile	49.0	46.3	47.8

Tabella 8 Valori del 90°, del 95° e del 99° percentile della stazione di Boves per i periodi 1988-2003, 2004-2018 e 1988-2018

Per analizzare le eventuali variazioni nelle precipitazioni più intense, sono state considerate le distribuzioni annuali delle precipitazioni orarie (superiori o uguali ad 1 mm) registrate a Cuneo dal 1988 al 2018 (Figura 67).

Boxplot precipitazione oraria ≥ 1 mm/h : 1988-2018
 Dati stazione Boves

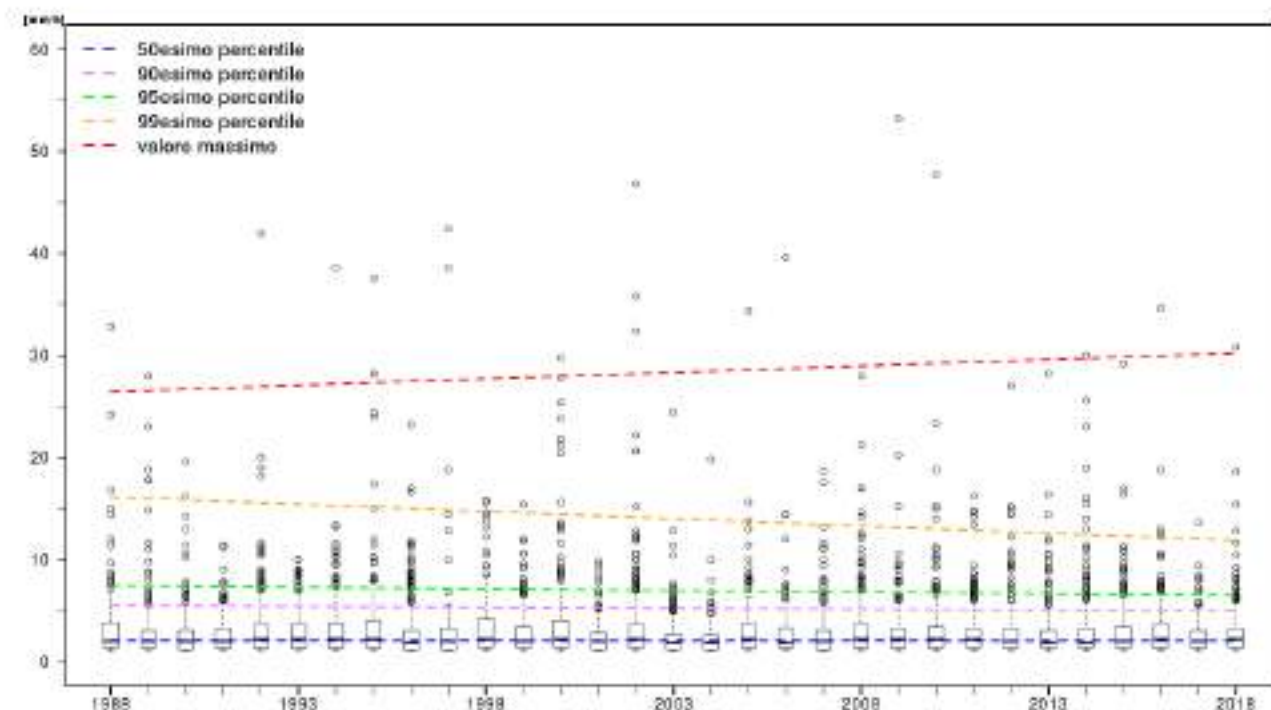


Figura 67 Distribuzioni delle precipitazioni orarie (≥ 1 mm) dal 1988 al 2018. Le linee corrispondono agli andamenti dei percentili: blu 50° percentile, rosa 90° percentile, verde 95° percentile, arancione 99° percentile, rosso valore massimo.

Si evidenzia un lieve diminuzione statisticamente non significativa dei valori dei percentili, mentre un trend positivo, statisticamente non significativo, per i valori massimi.

Per evidenziare una eventuale dipendenza stagionale nell'aumento dei massimi i medesimi boxplot sono rappresentati per le precipitazioni orarie nelle stagioni meteorologiche: dicembre-gennaio-febbraio, marzo aprile-maggio, giugno-luglio-agosto, settembre-ottobre-novembre (Figura 68).

Boxplot precipitazione oraria ≥ 1 mm/h : 1988-2018
Dati stazione Boves

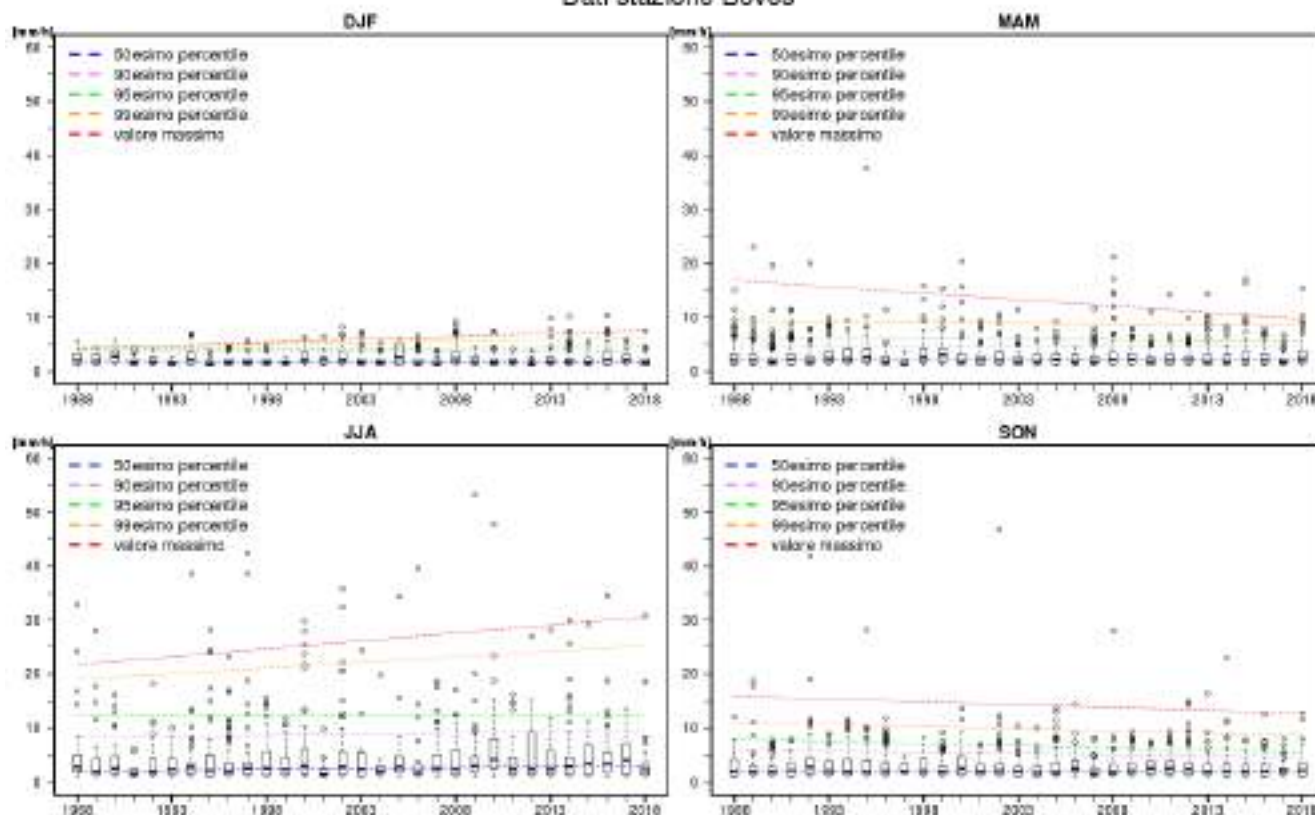


Figura 68 Distribuzioni delle precipitazioni orarie (≥ 1 mm) dal 1988 al 2018 nelle stagioni dicembre-gennaio-febbraio in alto a sinistra, marzo-aprile-maggio in alto a destra, giugno-luglio-agosto in basso a sinistra, settembre-ottobre-novembre in basso a destra. Le linee corrispondono agli andamenti dei percentili: blu 50° percentile, rosa 90° percentile, verde 95° percentile, giallo 99° percentile e rosso valore massimo.

Anche considerando le diverse stagioni (Figura 68), si evidenzia una tendenza statisticamente significativa all'aumento del valore massimo nella stagione invernale e del 50° percentile nella stagione estiva, mentre si evince una tendenza statisticamente significativa alla diminuzione del 95° percentile nella stagione autunnale.

Anche l'andamento del massimo e dei percentili più elevati delle precipitazioni orarie (

Figura 69) mostrano una tendenza all'aumento negli anni, pur mantenendo una grande variabilità.

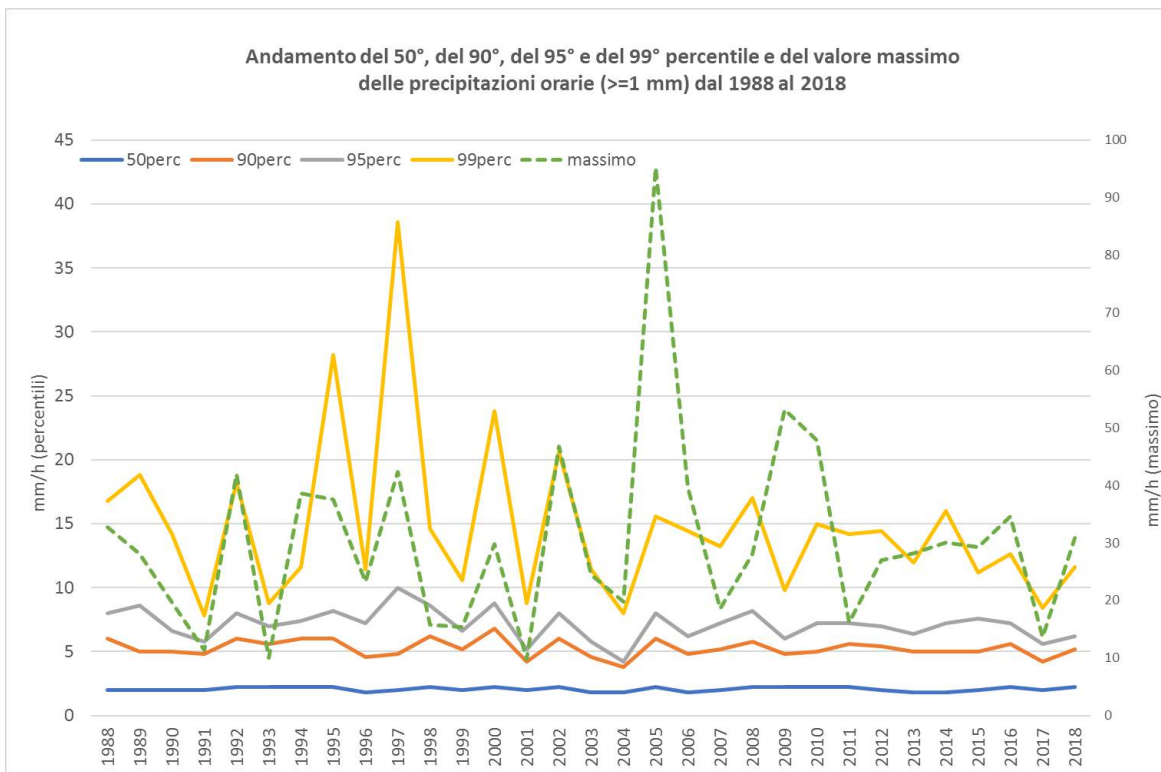


Figura 69 Andamento del valore massimo e dei percentili: 50°, 90°, 95° e 99° delle precipitazioni orarie (≥ 1 mm) dal 1988 al 2018.

Sempre nell'ambito delle precipitazioni intense, sono stati analizzati anche i massimi annuali di diversa durata (1h, 3h, 6h, 12h e 24h) relativi alla città di Cuneo per il periodo 1988-2014.

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riporta il loro andamento, per tutte le durate non si evidenzia un trend significativo.

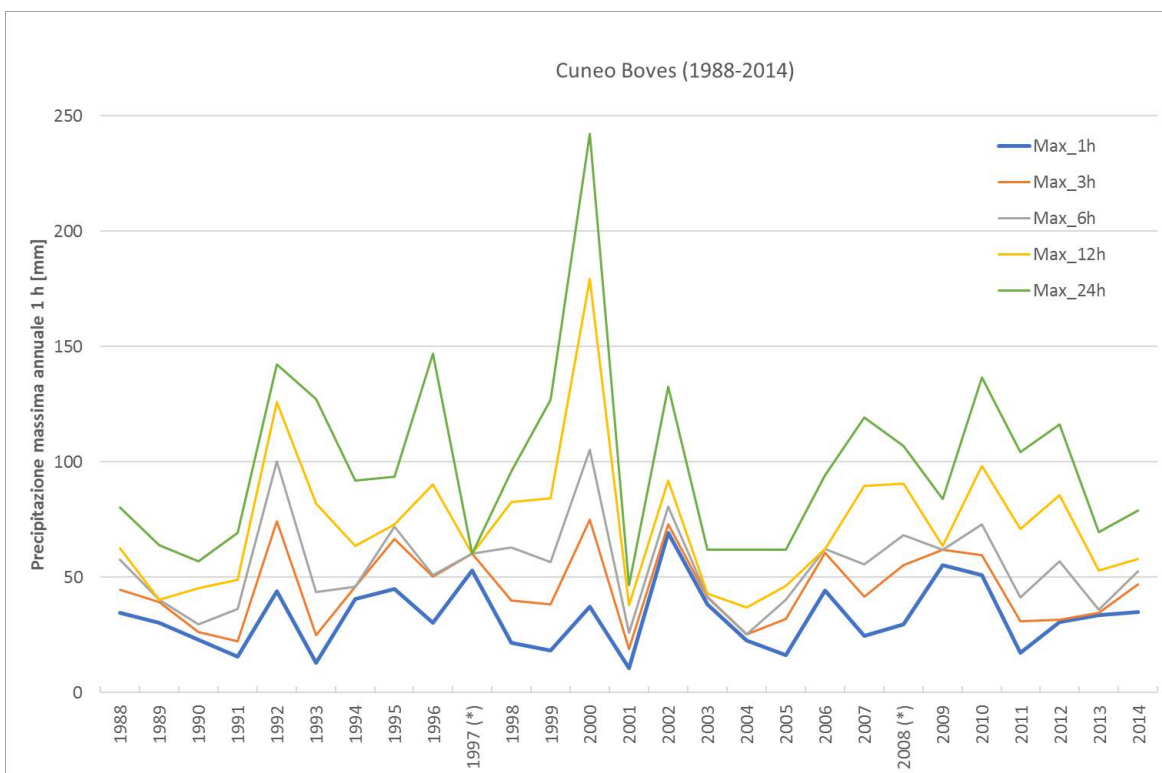


Figura 70 Massimi annuali di precipitazione da 1 a 24 ore e relativo trend per la stazione di Cuneo dal 1988 al 2014. I valori degli anni 1997 e 2008 possono essere sottostimati in quanto la serie non è completa.

4.3 Vento

4.3.1 Vento medio

Per analizzare il vento della città di Cuneo sono stati utilizzati i dati della stazione di monitoraggio di Boves, considerando i dati dal momento della sua installazione.

Analizzando la distribuzione del vento mediato sui 10 minuti, si trova che la maggior parte dei valori risultano inferiori a 18 km/h e mediamente il 20% dei valori corrispondono a calma di vento (<0.3 m/s) (Figura 71).

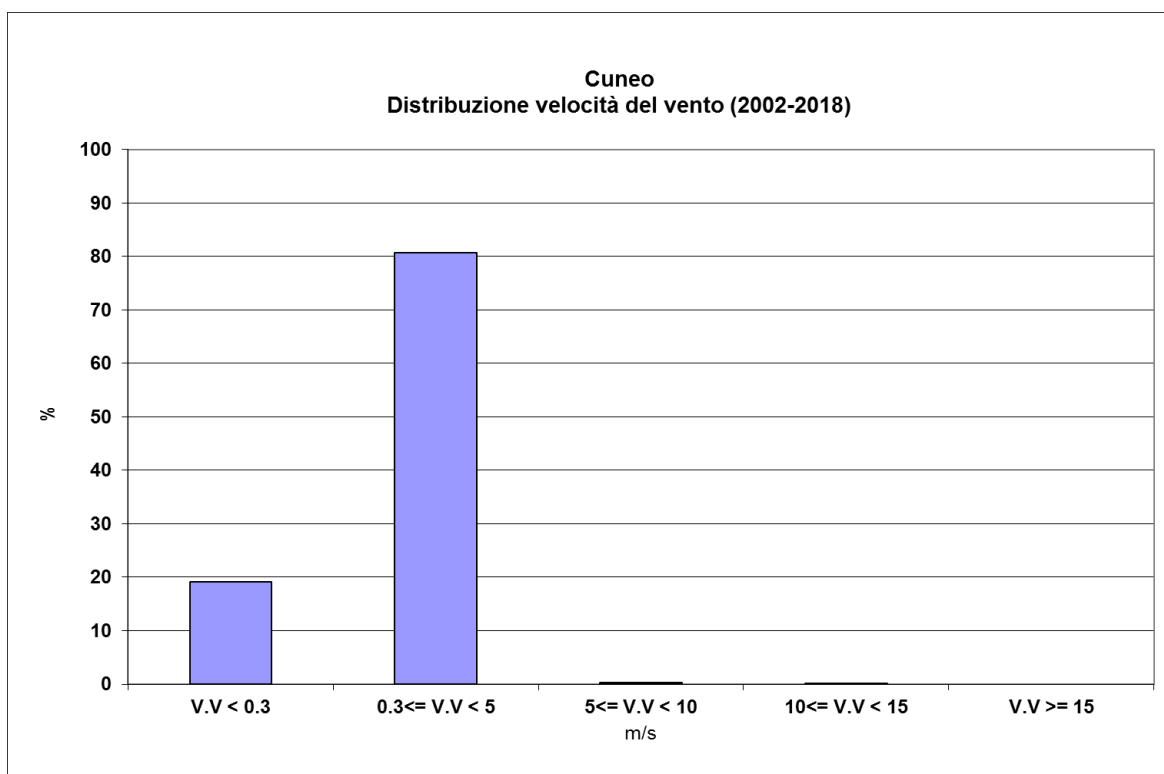


Figura 71 Distribuzione percentuale in classi della velocità del vento nella stazione di Boves (CN).

Per analizzare la direzione di provenienza del vento si utilizzano le rose dei venti che rappresentano le frequenze (esprese in percentuale) che si verificano per ogni singola direzione tra le sedici della classificazione in quadranti.

Per quanto riguarda la direzione del vento prevalgono le direzioni S e SSW (Figura 72), probabilmente a causa dell'ubicazione della stazione che risente dei venti di caduta dai rilievi al confine con la Liguria.

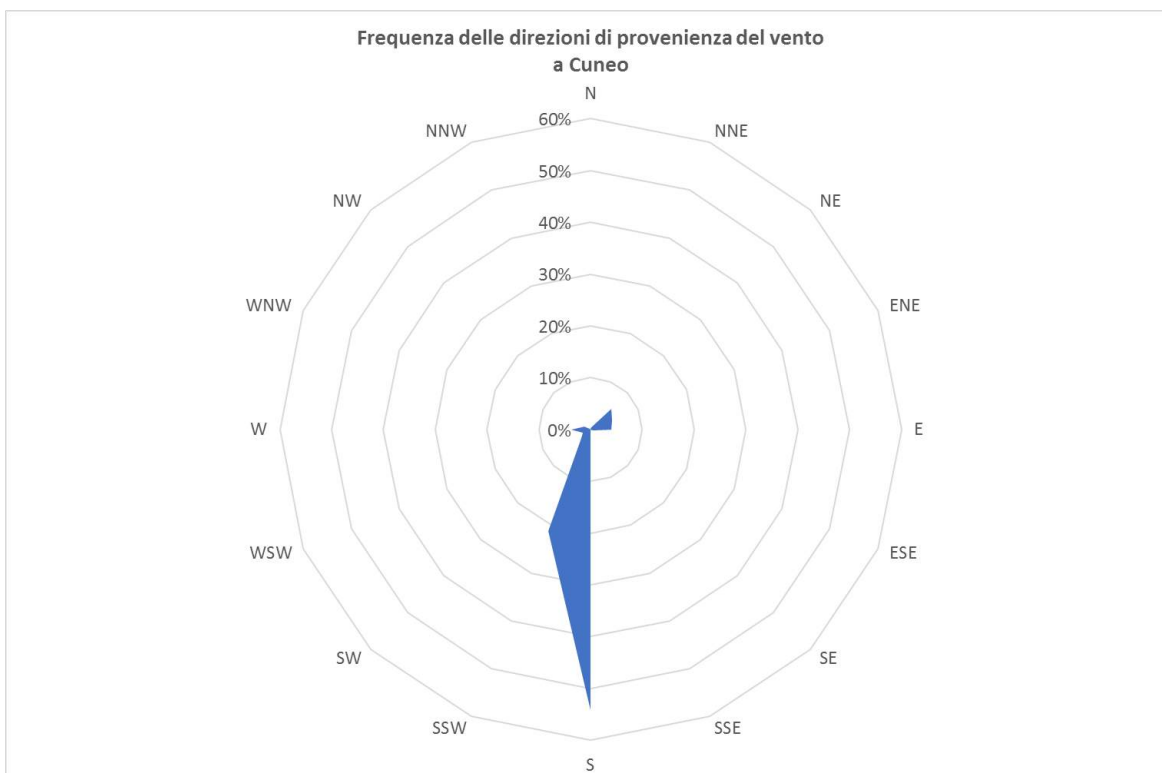


Figura 72 Rosa dei venti di Boves (CN). Sull'asse sono rappresentate le frequenze di occorrenza in percentuale.

4.3.2 Massima raffica

Per considerare i valori estremi della velocità del vento misurati dalle stazioni, sono stati calcolati i percentili (90°, 95° e 99°) della raffica oraria e la massima raffica oraria (Figura 73) per ogni anno. I valori di massima raffica oraria annuale sono sempre superiore a 8 m/s (pari a 28.8 km/h) e raggiungono punte massime di 26.9 m/s (96.8 km/h).

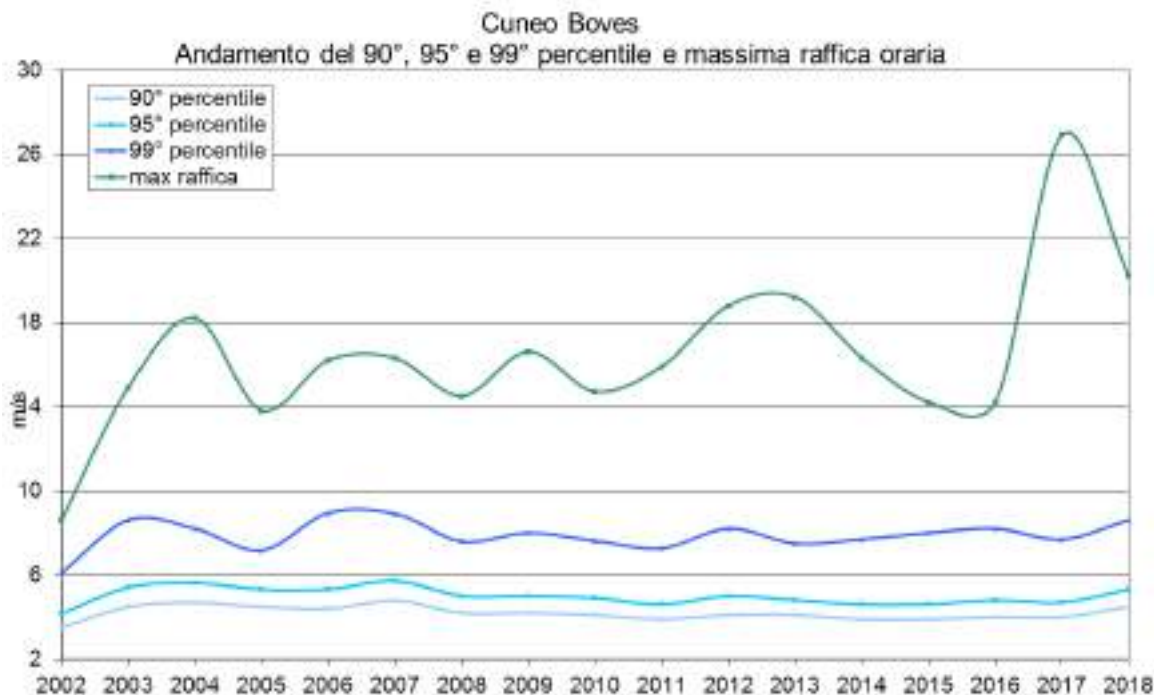


Figura 73 Andamento del 90°, del 95°, del 99° percentile e della massima raffica oraria nella stazione di monitoraggio di Boves (CN).

Il valore di massima raffica è stato raggiunto il 6 marzo 2017, quando in corrispondenza alla formazione del minimo al suolo, tutta la zona pedemontana delle Alpi Liguri, nel Cuneese, viene interessata dai rinforzi dei venti, inusuali per intensità. In corrispondenza dei rinforzi si verifica, parallelamente alla diminuzione della pressione e al vento, un calo della temperatura e un aumento dell'umidità, fattori che allontanano la fenomenologia da quella del vento di caduta di tipo foehn (vedere Figura 74).

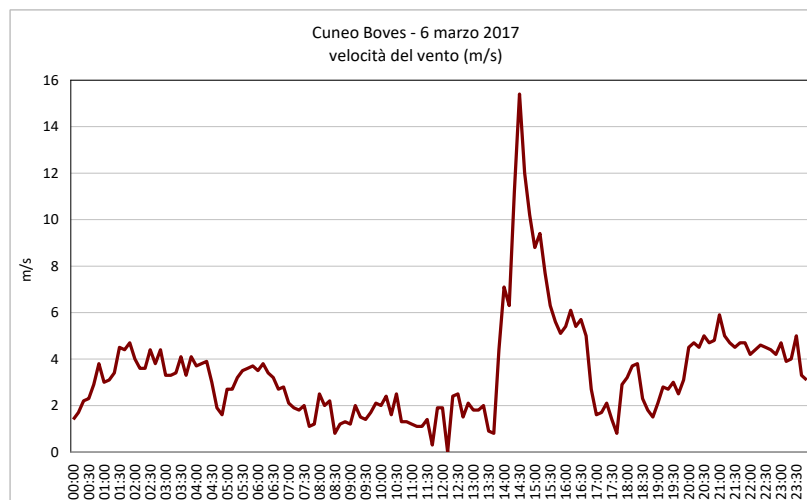
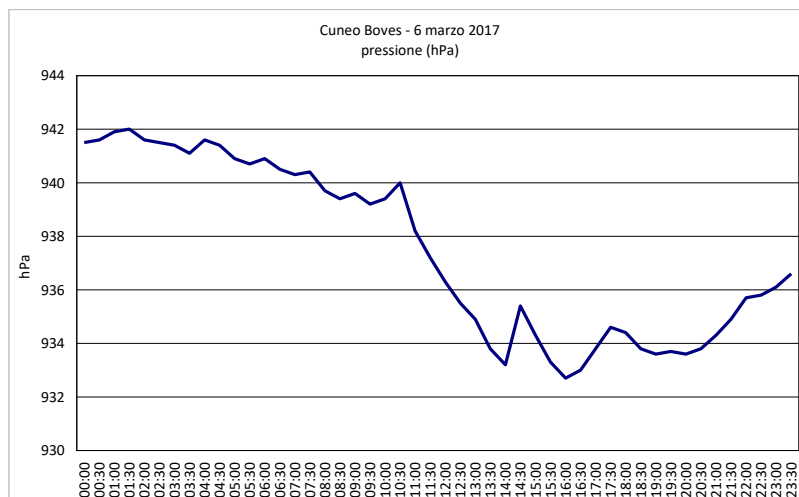
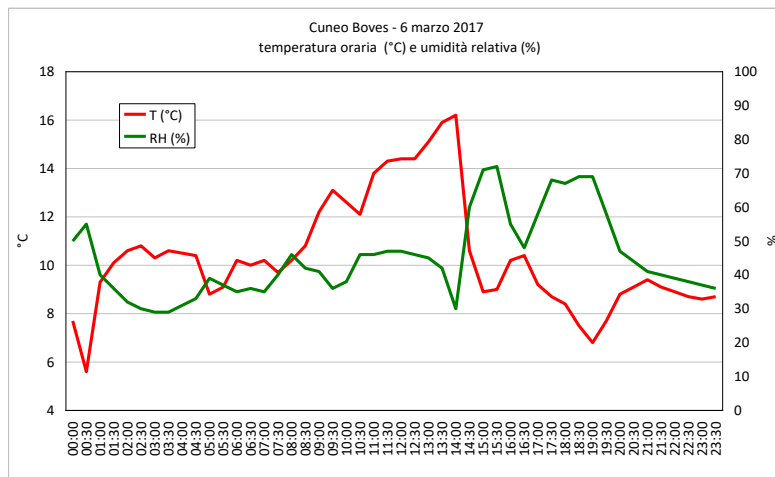


Figura 74 Dati di temperatura e umidità relativa in alto, pressione in mezzo e velocità del vento, in basso, del 6/3/2017 relativi alla stazione meteorologica di Boves (CN).

5 Il Clima a Cuneo – gli effetti

5.1 Gradi giorno

I gradi giorno di riscaldamento sono un parametro empirico utilizzato per il calcolo del fabbisogno termico di un edificio e rappresentano la somma delle differenze tra la temperatura dell'ambiente riscaldato (convenzionalmente 20°C) e la temperatura media esterna; la differenza è considerata nel calcolo solo se positiva. Nella Figura 75 sono rappresentati i gradi giorno della città di Cuneo (Boves) calcolati dal 1989 al 2018 per il periodo 15 ottobre-15 aprile. I valori medi pari a 2851 rientrano nei valori della fascia climatica "E" con gradi giorno compresi tra 2100-3000.

La normativa italiana prevede che la fascia climatica "E" possa utilizzare l'impianto termico dal 15 ottobre al 15 aprile.

Analizzando l'andamento dal 1989 al 2018 si evince una tendenza dei gradi giorno alla diminuzione, che corrisponde ad un minore fabbisogno termico, in accordo con la tendenza all'aumento delle temperature legato al riscaldamento.

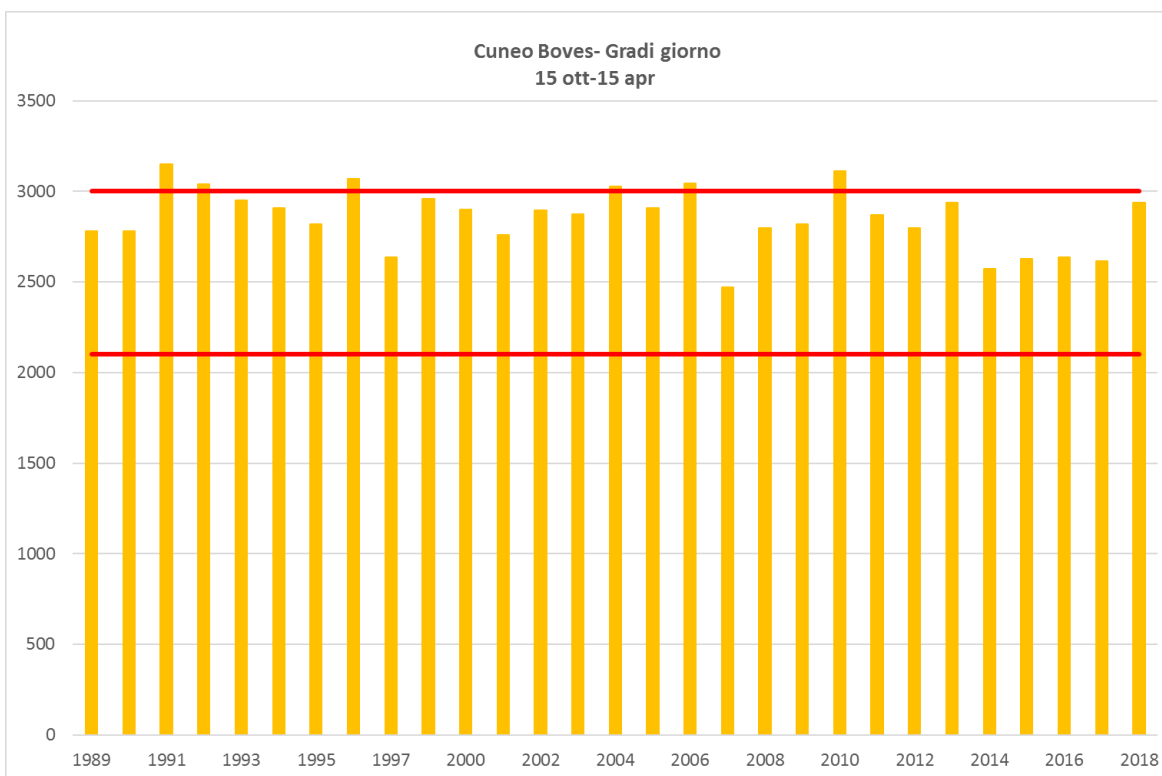


Figura 75 Gradi giorno della città di Cuneo (Boves) dal 1989 al 2018, calcolati dal 15 ottobre al 15 aprile. Le linee rosse rappresentano la fascia climatica "E".

La diminuzione, considerando i due periodi 1989-2003 e 2004-2018, è circa del 3%, come si evince nella tabella sottostante (Tabella 9).

gradi giorno medi	
1989-2003	2894
2004-2018	2811

Tabella 9 Gradi giorno medi della stazione di Boves per i periodi 1989-2003 e 2004-2018.

Tale diminuzione non è comunque sufficiente a modificare la fascia climatica a cui appartiene l'area urbana di Cuneo.

5.2 Ondate di caldo

Secondo la World Meteorological Organization (WMO) e la World Health Organization (WHO) il numero di eventi estremi correlati alle temperature aumenterà con frequenza sempre maggiore. Uno dei rischi previsti con maggiore probabilità in relazione alla salute della popolazione è legato alla frequenza delle Ondate di Calore e alla loro durata. Con questo termine ci si riferisce a un fenomeno naturale che determina situazioni di pubblica emergenza, come nell'estate del 2003, e che, anche quando si manifesta in modo meno grave, determina impatti sulla salute rilevanti e misurabili.

Pur trattandosi di un evento abbastanza ricorrente nel periodo estivo, non solo in Italia, non è ancora stata individuata una definizione ufficiale e univoca a livello globale.

Nonostante questo però, la comunità scientifica internazionale ha convenuto che l'ondata di calore sia un periodo con una durata minima di almeno due/tre giorni, in cui si verifica una situazione di caldo intenso, dove la temperatura è generalmente più calda della media, sia in condizioni asciutte sia umide.

L'intensità, la durata e il tempo sono tre fattori caratterizzanti che determinano la gravità dell'impatto sulla popolazione. Tali caratteristiche possono variare molto a seconda dell'area geografica e della stagione. Generalmente si possono identificare due diverse tipologie di ondate di calore.

La prima fa riferimento a ondate di calore che avvengono in luoghi con un clima continentale o mediterraneo. Queste sono dette Dry Heatwaves - ondate di calore secche - e sono molto spesso associate a periodi in cui si assiste alla presenza di cielo sereno, e quindi a forti input di radiazione solare. Se, inoltre, nella stessa circostanza si creano delle condizioni ventose, il fenomeno è ancor più aggravato.

La seconda tipologia riguarda le Moist Heatwave - ondate di calore umide - che sono caratterizzate da temperature estreme, condizioni umide sia durante il giorno sia durante la notte, con la presenza di nuvole durante il periodo notturno, che non favoriscono la dispersione del calore, facendolo così accumulare a quello che si viene a creare durante il giorno. Le ondate di calore umide sono molto spesso localizzabili in aree temperate a media latitudine e in climi marittimi (World Meteorological Organization et al., 2015).

Le Ondate di Calore sono tra gli eventi estremi più diffusi e possono ricoprire un'area piuttosto ampia nello stesso momento. La caratteristica principale che le differenzia dagli altri eventi estremi sta nel fatto che non lasciano una chiara catena di distruzione lungo il loro percorso, per questo vengono chiamate Silent Killers, cosa che le rende alquanto pericolose (Luber et. al, 2008).

5.2.1 Definizione di ondate di caldo

Per studiare il fenomeno delle ondate di calore nella città di Torino si possono utilizzare diversi indici proposti dal World Meteorological Organization (WMO) e dal World Health Organization (WHO) o sceglierne altri proposti dalla letteratura recente. Tali indici climatici consentono di descrivere lo stato e i cambiamenti che avvengono nel sistema climatico e permettono evidenziare e riassumere gli aspetti climatologici dell'area considerata.

Gli attributi di un'ondata di calore che ne quantificano l'intensità sono riassunti nella tabella sottostante:

1. HWN (HEAT WAVE NUMBER)	Il numero annuale di ondate di calore durante il periodo estivo (maggio-settembre)	Numero di eventi
2. HWD (HEAT WAVE DURATION)	La lunghezza dell'ondata di calore più lunga del periodo estivo (maggio-settembre)	Giorni
3. HWF (HEAT WAVE DAY FREQUENCY)	Il totale del numero di giorni del periodo estivo (maggio-settembre) in cui si verifica un'ondata di calore	Giorni

L'indice scelto nell'analisi è l'indice Excess Heat Factor (EHF) che definisce un'ondata di calore quando si verificano per 3 o più giorni consecutivi le condizioni positive di Excess Heat Factor ($EHF \geq 0$). Il fattore di eccesso di calore (EHF) è stato definito nel 2011 dalla Commissione per la Climatologia (CCL) della World Meteorological Organization (WMO), un team di esperti a livello internazionale sul rischio climatico e indici settoriali specifici (ET CRSCI) per migliorare il processo decisionale per la pianificazione, la gestione del rischio e le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici. In particolare l'indice EHF è stato utilizzato in diversi studi basati sulla relazione calore-salute (Ina Keggenhoff et al., 2015). La scelta di questo indice, a discapito di quelli più complessi utilizzati per il Bollettino di Previsione delle Ondate di Calore emesso nella stagione estiva da Arpa Piemonte, è dovuta principalmente alla possibilità di essere calcolato anche per gli scenari futuri, dove la disponibilità delle variabili meteorologiche è limitato nella tipologia e nella frequenza temporale.

L'Excess Heat Factor (EHF) è il prodotto della combinazione di due indici: EHI_{sig} e EHI_{accl} (che comprende una componente di acclimatazione). I valori positivi dei EHF indicano il verificarsi di un evento ondata di caldo. L' EHF è calcolato con la seguente formula:

$$EHF = EHI_{sig} \times \max(1, EHI_{accl}) \text{ } ^\circ\text{C}$$

L'EHF quindi combina una misura del calore in eccesso (EHI_{sig} , ovvero la deviazione rispetto alla temperatura media sul lungo periodo, calcolata sul periodo di riferimento, in questo caso 1988-2018), tenendo conto dell'acclimatazione locale nel breve periodo e dello stress termico (EHI_{accl} , ovvero la deviazione della temperatura media da quella dei precedenti 30 giorni). Infatti EHI_{accl} incorpora indirettamente l'effetto dell'umidità sulla tolleranza indiretta al calore, usando la temperatura media, piuttosto che la massima giornaliera. I valori dell'indice EHF sono calcolati su una media di 3 giorni di temperatura per ricavare un indice di intensità dell'onda di calore (Ina Keggenhoff et al., 2015).

Si analizza in dettaglio il significato dei due indici che vengono combinati per produrre L'Excess Heat Factor.

Il primo indice (EHI_{sig}), è stato realizzato dal BoM Australian Bureau of Meteorology e misura quanto è il livello di calore in eccesso rispetto alle condizioni climatiche locali, ovvero il 95° percentile della temperatura media. Esso considera la relazione tra temperature massime e minime mediate su un periodo di tre giorni rispetto ad un valore di riferimento (il 95° percentile della temperatura giornaliera T_i per un periodo di riferimento calcolato utilizzando tutti i giorni dell'anno) delle temperature medie osservate giornaliere (media della temperatura massima e minima di un singolo giorno in un periodo comune dalle 09:00 a.m. alle 09:00 a.m., ora locale).

In questo caso quindi se la media delle temperature giornaliere (DMT) dei 3 giorni supera il 95°percentile, si ha un evento significativo di eccesso di calore o un'ondata di calore (Ina Keggenhoff et al., 2015).

$$EHI_{sig} = (T_i + T_{i+1} + T_{i+2})/3 - T_{95} \quad \text{con } T_i = DMT = (T_{max} + T_{min})/2 \quad \text{riferita al giorno } i$$

EHIsig non è altro che un'anomalia della temperatura media giornaliera di tre giorni rispetto al 95° percentile della temperatura media giornaliera.

Il secondo indice, simile alla struttura dell'EHIsig, fa riferimento a quanto è caldo il periodo dei 3 giorni considerati rispetto ai 30 giorni precedenti (è un'anomalia di tre giorni DMT) (Nairn e Fawcett, 2013). Nel fare un confronto con i 30 giorni precedenti, l'Excess Heat index-acclimatization (EHlacc) prende in considerazione l'acclimatazione nel breve periodo (Ina Keggenhoff et al., 2015). Quindi esso rappresenta un indice di temperature anomale di breve periodo e la dimensione dell'anomalia fornisce il livello di stress termico, a differenza dell'EHIsig che fornisce un indice di lungo periodo (Ina Keggenhoff et al., 2015).

$$EHlacc = (T_i + T_{i+1} + T_{i+2})/3 - (T_{i-1} + \dots + T_{i-30})/30 \quad \text{dove } T_i \text{ è DMT} = (T_{max} + T_{min})/2$$

Per questo indice e per il periodo 15 maggio – 15 settembre (1988-2018), sono state valutate nella città di Cuneo il numero annuo delle ondate di calore, la lunghezza dell'evento più lungo e la somma dai giorni in cui si verifica un'ondata di calore. L'andamento di questi tre parametri è rappresentato in Figura 76.

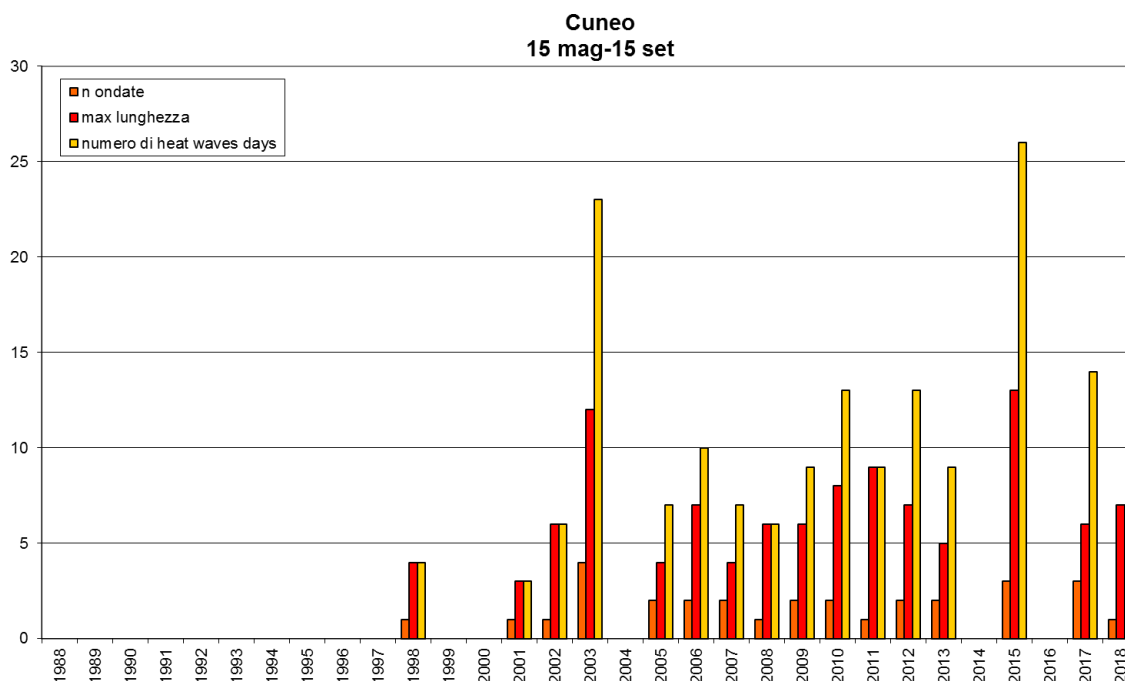


Figura 76 Indice Excess Heat Factor (EHF) della città di Cuneo calcolato sul periodo 15 maggio - 15 settembre (1988-2018). In arancione il numero di ondate di calore, in rosso la massima lunghezza e in giallo il numero di giorni in ondata di calore.

Dal grafico si osserva che l'indice è piuttosto concorde alle reali condizioni climatiche verificate. L'anno 2003 è chiaramente quello maggiormente soggetto alle ondate di calore: se ne stimano 4, la più lunga ha una durata di 12 giorni (dal 2 al 13 agosto), per un totale di giorni caratterizzati da un'ondata di caldo pari a 23, distribuiti nei mesi di giugno, luglio e agosto. Il secondo anno più caldo, il 2015, presenta 3 ondate di calore con una durata massima di 13 giorni (dall'11 al 23 luglio) e un totale di giorni cumulati in cui si verifica l'ondata pari a 26. Un altro anno, secondo questo indice, che merita

di essere nominato è il 2017, con un numero di ondate di calore pari a 3, quella con la massima lunghezza è stata di 6 giorni (dal 31 luglio al 5 agosto) per un totale di giorni in ondata pari a 14. Dalla Figura 76 è difficile evidenziare un trend statisticamente significativo, anche se si può osservare come le estati più critiche dal punto di vista del caldo si siano a partire dal 2000 e come negli ultimi anni ci sia pressoché sempre almeno un'ondata di caldo definita con questo indice.

Considerando la variazione delle temperature massime a Cuneo, si osserva che soltanto il 2015 si discosta di quasi due gradi rispetto al periodo 1988-2018; le temperature medie minime invece restano pressoché invariate (Figura 77).

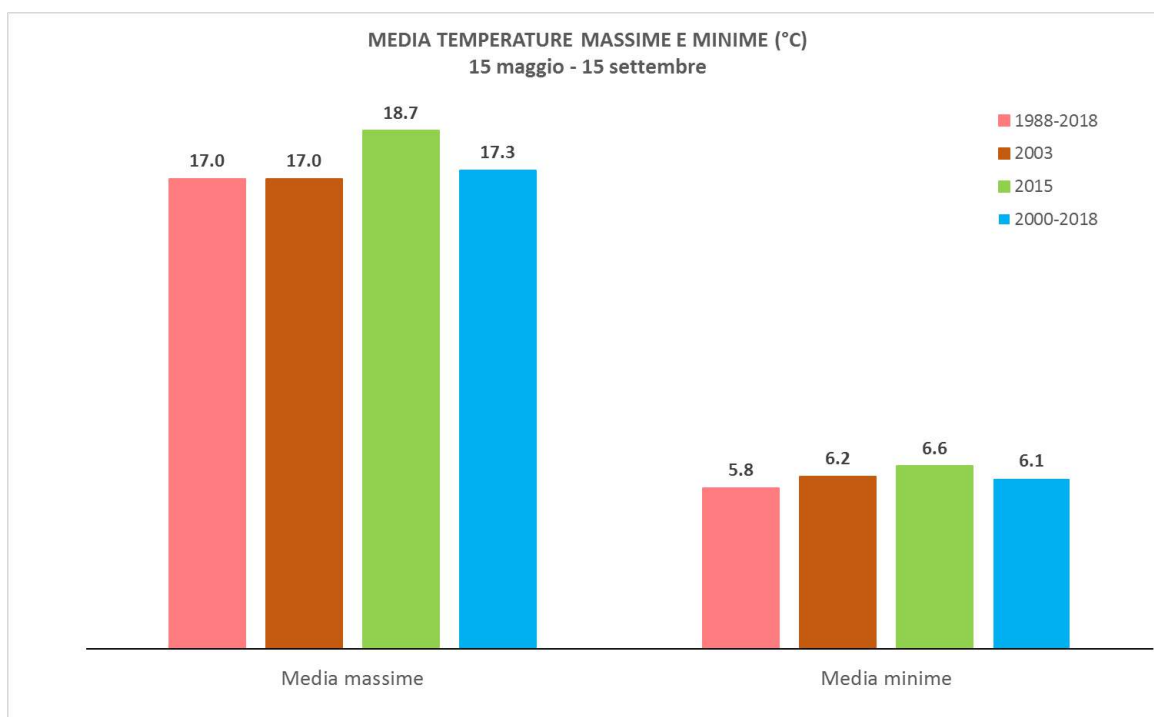


Figura 77 Media delle temperature massime e minime a Cuneo nel periodo 1988-2018, 2000-2018 e quelle degli anni più caldi.

Per studiare le interazioni tra i fenomeni atmosferici e l'organismo umano vengono utilizzati gli indici biometeorologici, atti a esprimere oggettivamente le condizioni di benessere o di disagio fisiologico dell'uomo in relazione alla combinazione di più fattori ambientali. Tali indici sono semplici formule empiriche basate su alcuni dei parametri meteorologici più comunemente rilevati dalle stazioni di misura: temperatura e umidità dell'aria, velocità del vento, pressione al suolo. Dall'applicazione di tali formule si ottiene una stima della temperatura effettivamente percepita dal corpo umano. La temperatura così stimata, deve essere confrontata con i valori soglia riportati nelle tabelle di classificazione biometeorologica ottenute attraverso studi effettuati su una popolazione campione. Le soglie contenute nelle tabelle permettono di individuare una precisa condizione fisiologica rappresentata da condizioni di benessere o disagio.

I principali indici biometeorologici sono:

- Temperatura apparente - stima il disagio fisiologico dovuto all'esposizione a condizioni meteorologiche caratterizzate da alte temperature ed elevati livelli igroscopici dell'aria, nonché da ridotta velocità del vento a 10 m dal suolo.

Formula: $AT[^\circ\text{C}] = -2.7 + 1.04T + 2.0e/10 - 0.65v$

T [K]=temperatura aria

e [hPa]=tensione di vapore

Soglie di disagio fisiologico definite in letteratura:

AT < 27 °C	Benessere
27 ≤ AT < 32	Cautela
32 ≤ AT < 40	Estrema cautela
40 ≤ AT < 54	Pericolo
AT ≥ 54	Elevato pericolo

- indice di Thom o Discomfort index - è uno degli indici più utilizzati per la stima della temperatura percepita ed è sensibile in un intervallo termico compreso tra i 21°C ed i 47°C.

Formula: $DI = T - (0.55 - 0.0055 \cdot UR) \cdot (T - 14.5)$

T [°C] = temperatura dell'aria

UR [%] = umidità relativa

Soglie di disagio fisiologico definite in letteratura:

DI < 21	Benessere
21 ≤ DI < 27	Cautela
27 ≤ DI < 29	Estrema cautela
29 ≤ DI < 32	Pericolo
DI ≥ 32	Elevato pericolo

- Humidex - valuta il benessere climatico nei giorni caldi ed umidi e si basa sulla relazione empirica che prende in considerazione la temperatura dell'aria e la tensione di vapore. E' sensibile per temperature comprese tra i 20 °C ed i 55 °C.

Formula: $H = T + (0.5555 \cdot (e - 10))$

T [°C] = temperatura dell'aria

e [hPa] = tensione di vapore

Soglie di disagio fisiologico definite in letteratura:

H < 27 °C	Benessere
27 ≤ H < 30	Cautela
30 ≤ H < 40	Estrema cautela

40 ÷ 55	Pericolo
H ≥ 55	Elevato pericolo

- Giorni tropicali: l'indicatore esprime il numero di giorni con temperatura massima dell'aria maggiore di 30°C nel periodo estivo.
- Notti tropicali: l'indicatore esprime il numero di giorni con temperatura minima dell'aria maggiore di 20°C nel periodo estivo.

Tenendo conto delle soglie di disagio fisiologico è stato calcolato il numero di giorni caratterizzato da disagio nei periodi 1988-2003, 2004-2018 e 1988-2018 (Figura 78) per valutare se gli ultimi anni mostrano un comportamento difforme rispetto all'intera serie disponibile.

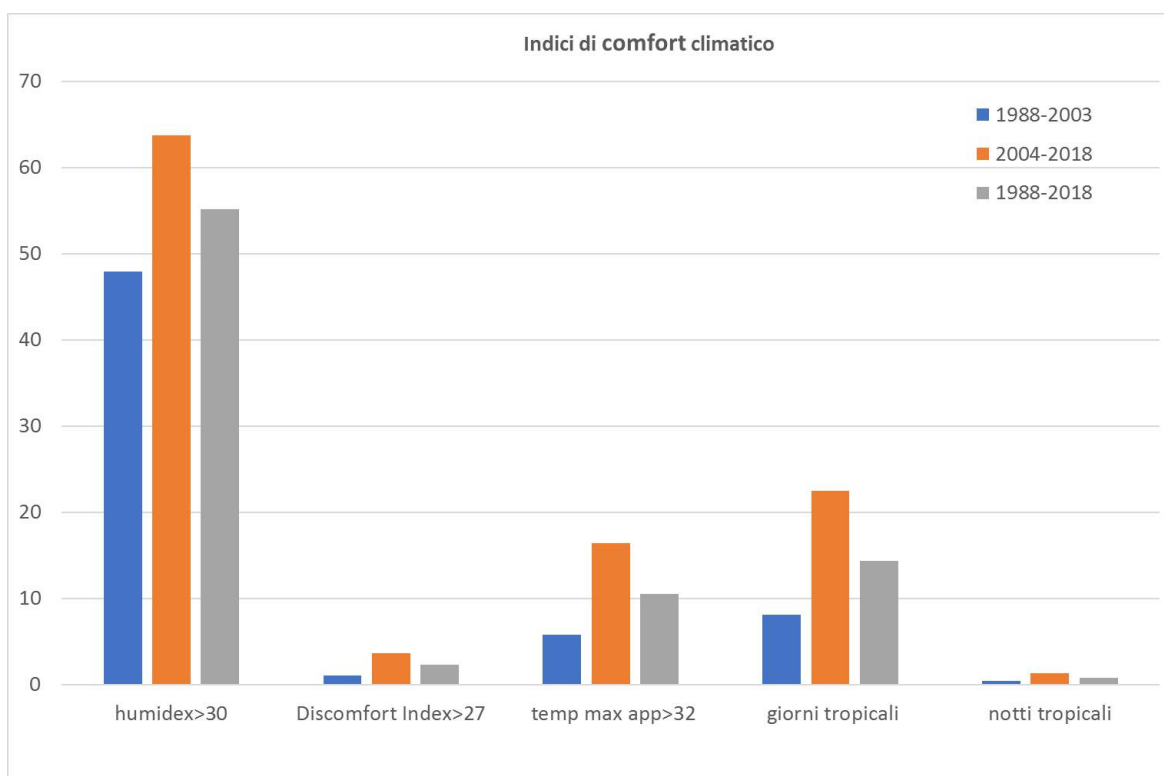


Figura 78 Indici di comfort climatico della città di Cuneo nei periodi 1988-2003, 2004-2018 e 1988-2018.

Dall'analisi dei dati emerge che per tutti gli indici si assiste ad un sensibile aumento del numero di giorni caratterizzati da disagio nell'ultimo quindicennio.

5.2.2 Ondate di caldo e mortalità

Le ondate di calore determinano una serie di conseguenze sulla società, in primis sulla salute umana. Il caldo intenso e persistente è associato ad aumenti sia della mortalità sia della morbilità, in particolare dei soggetti più fragili, sia per caratteristiche di età, di genere, di condizioni di salute e per condizioni di disagio sociale.

Questo è stato documentato in numerosi studi, la maggior parte dei quali prodotti da enti di sanità pubblica e organizzazioni internazionali; si vedano ad esempio i rapporti dell'IPCC e dell'Organizzazione mondiale della sanità (WHO), (IPCC, 2007). Un aspetto sicuramente preoccupante, in questo contesto, riguarda dunque l'intensificarsi degli estremi climatici associati all'aumento delle temperature. L'aumento di mortalità dovuta al caldo è correlata alle differenze tra gli estremi delle temperature e la temperatura media (soprattutto agli inizi dell'estate quando le persone non si sono ancora abituate alle temperature più alte) e quindi al fenomeno delle ondate di calore, definite come estesi periodi con temperature estremamente alte. Il rapporto tra ondate di calore e la mortalità è stato ampiamente studiato in letteratura. Per esempio, l'eccesso di mortalità durante la calda estate del 2003 in Europa è stato stimato in circa 50.000.

Per individuare la relazione tra le ondate di calore e l'eccesso di mortalità della popolazione dei soggetti più fragili (anziani over 65), sono state utilizzate le analisi effettuate dal Dipartimento Tematico per l'Epidemiologia e la Salute Ambientale di Arpa Piemonte, riportate nelle relazioni annuali relativi agli effetti delle ondate di caldo nel periodo 15 maggio – 15 settembre a partire dal 2008. Le relazioni sono consultabili al link:

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/ambiente-e-salute/prevenzione-e-previsione-dei-rischi-sanitari/monitoraggio-ondate-di-calore/documentazione-sulle-ondate-di-calore-e-sull'impatto-sulla-salute>

L'eccesso medio annuo di mortalità e il numero di giorni in cui si verifica l'ondata di caldo sembrano non mostrare alcuna relazione significativa, a dimostrazione del fatto che, in questa zona, a dominare la variabilità annuale della mortalità nella classe over 65 non sono le condizioni climatiche. Inoltre il basso numero di attesi non rende possibile effettuare valutazioni quantitative sugli effetti delle ondate di caldo.

5.2.3 Siccità

Uno dei parametri utilizzati per evidenziare le situazioni con scarsità di precipitazione è la lunghezza massima annuale dei periodi secchi (giorni consecutivi con precipitazione inferiore ad 1 mm). La Figura 79 evidenzia la variazione annuale di tale parametro per la città di Cuneo dal 1988 al 2018.

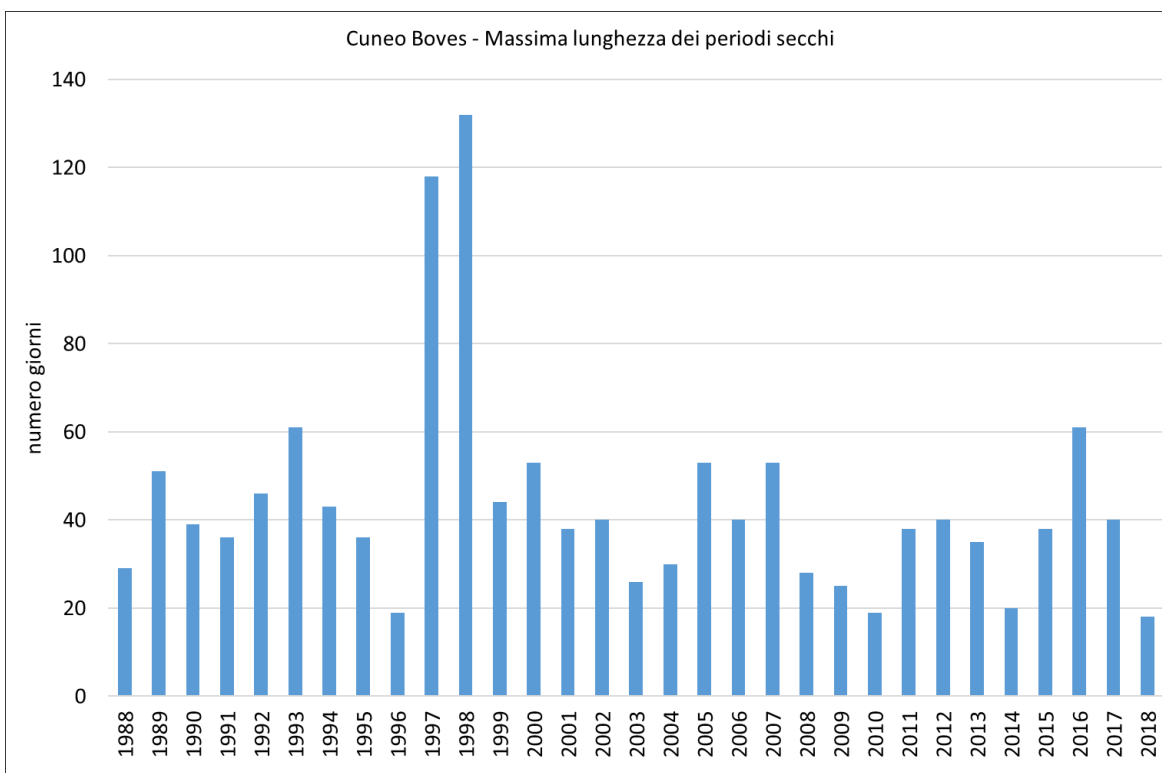


Figura 79 Andamento della massima lunghezza annuale dei periodi secchi a Cuneo dal 1988 al 2018.

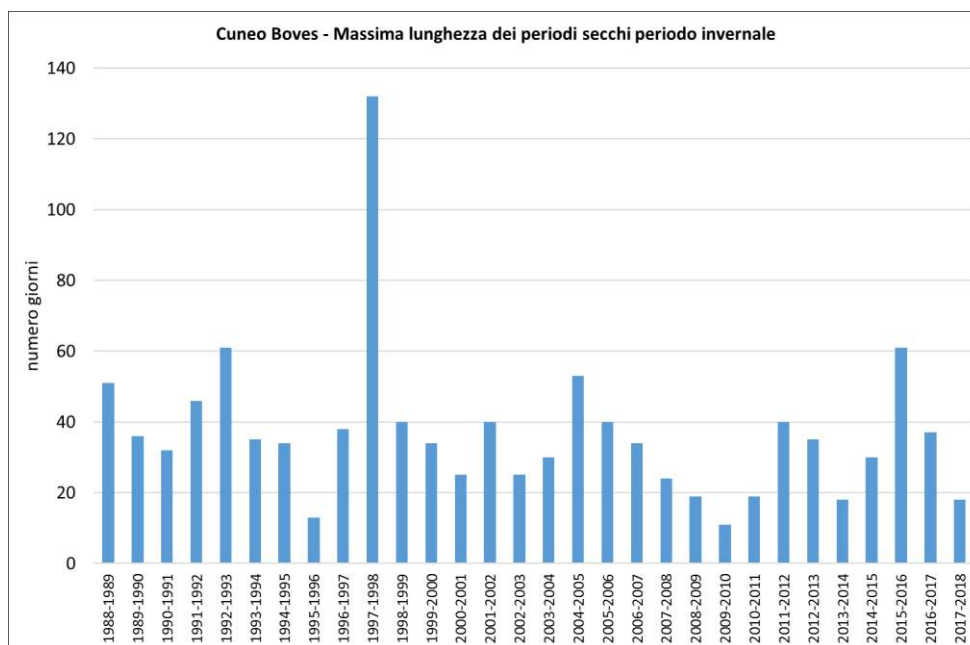
Si evidenziano gli anni 1997 con lunghezza massima dei periodi secchi pari a 118 giorni e il 1998 con 132 giorni. Non si evidenzia alcun trend nella serie storica né periodi sufficientemente lunghi (30 anni) caratterizzati da valori medi diversi.

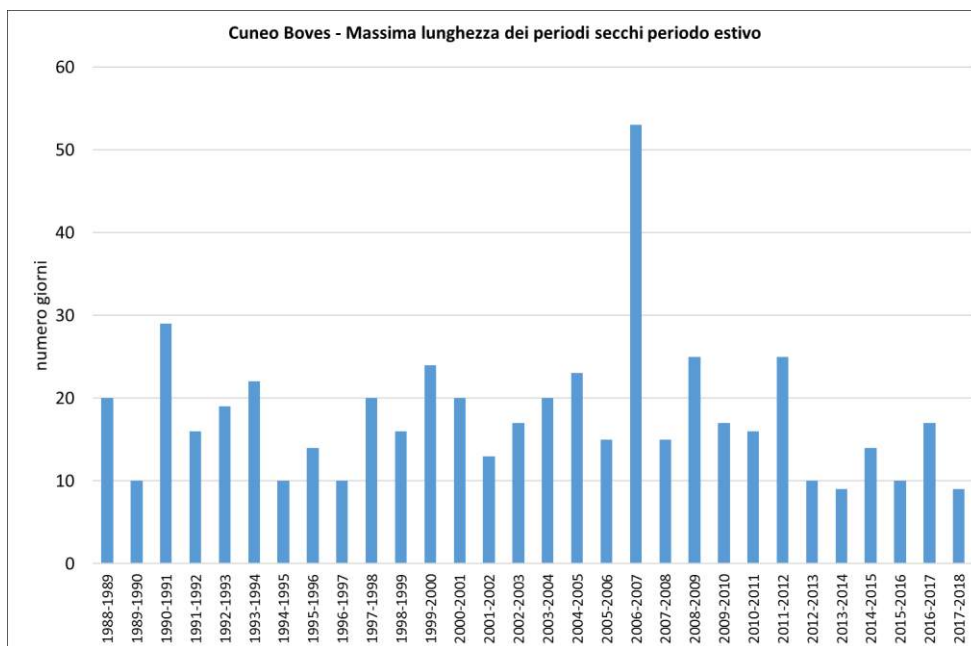
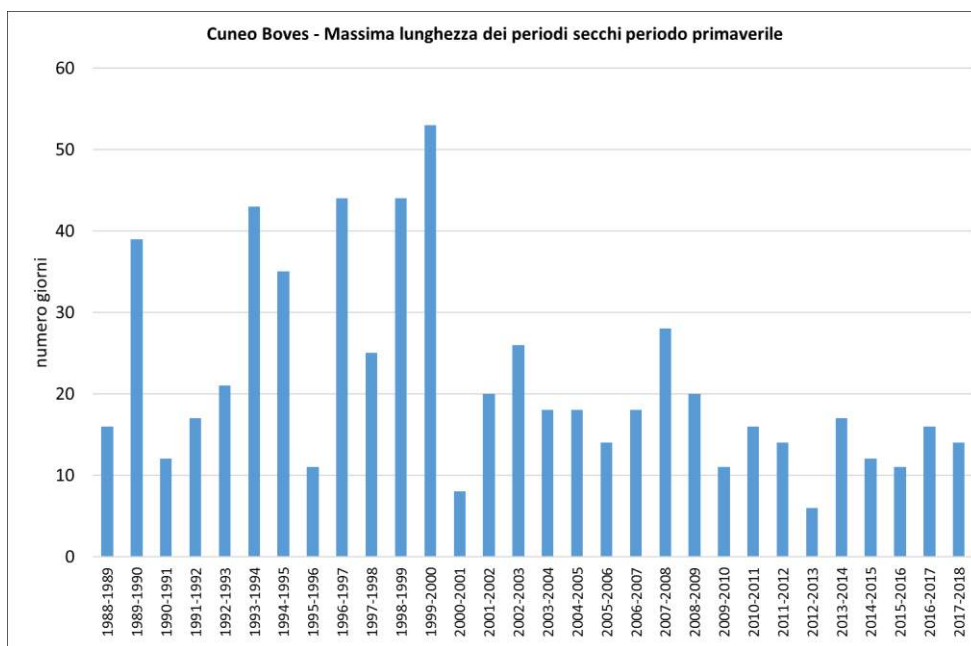
In media si osserva che nel periodo 2004-2018 il numero di giorni consecutivi senza pioggia risulta inferiore sia al valore medio dell'intera serie temporale (1988-2018) sia a quello del precedente quindicennio (1988-2003) (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

anni	massimo numero medio di giorni consecutivi senza pioggia
1988-2003	51
2004-2018	36
1988-2018	44

Tabella 10 Massimo numero medio di giorni consecutivi senza pioggia per i periodi 1988-2003, 2004-2018 e 1988-2018

Un'analogia osservazione può essere fatta considerando la stagione invernale, la stagione primaverile, la stagione estiva e quella autunnale: anche in questo caso si evidenzia una lieve tendenza negativa non statisticamente significativa (Figura 80).





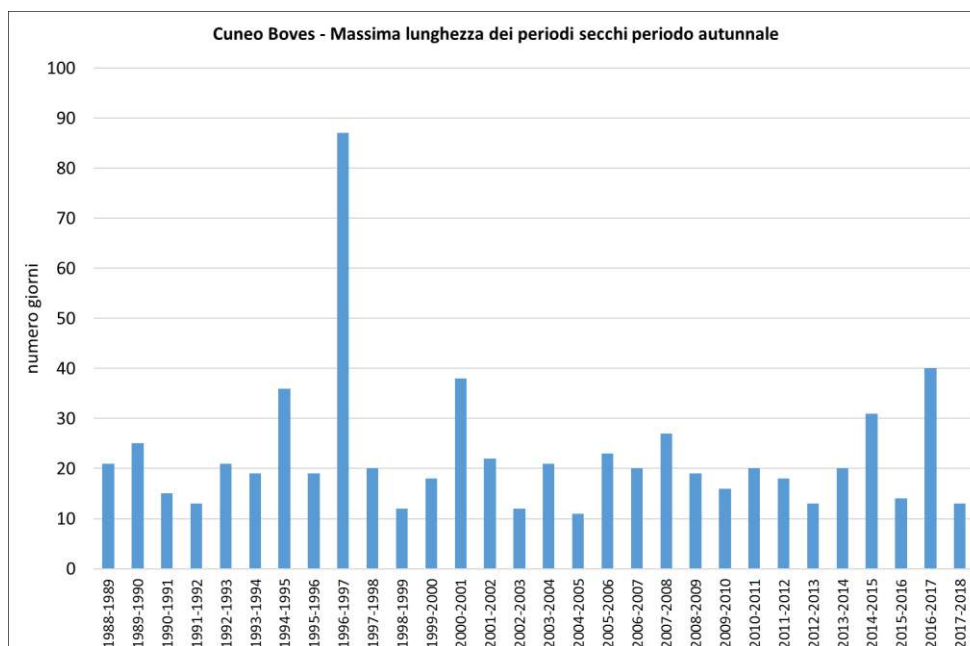


Figura 80 Massima lunghezza dei periodi secchi nella stagione invernale, primaverile, estiva e autunnale dal 1988-1989 al 2017-2018.

anni	massimo numero medio di giorni consecutivi senza pioggia			
	periodo invernale	periodo primaverile	periodo estivo	periodo autunnale
1988-2003	42	27	18	25
2004-2018	31	15	18	20
1988-2018	37	22	18	23

Tabella 11 Massimo numero medio di giorni consecutivi senza pioggia nelle stagioni invernale, primaverile estiva e autunnale per i periodi 1988-2003, 2004-2018 e 1988-2018.

Per tutte le stagioni (Tabella 11), tranne che per quella estiva, si osserva che in media negli ultimi 15 anni (2004-2018) il numero di giorni consecutivi senza pioggia risulta inferiore sia al valore medio dell'intera serie temporale (1988-2018) sia a quello del quindicennio precedente (1988-2003).