

2012

RENDICONTO
IDRO-METEOROLOGICO
2012

Pioggia, temperature, neve e dissesti



RENDICONTO IDRO-METEOROLOGICO 2012

Pioggia, temperature, neve e dissesti

RENDICONTO IDRO-METEOROLOGICO 2012

Pioggia, temperatura, neve e dissesti

RAPPORT HYDRO-METEOROLOGIQUE 2012

Pluie, température, neige et éboulements

**Pubblicazione a cura della
Publié par les soins de la**

Regione Autonoma Valle d'Aosta
Assessorato opere pubbliche, difesa del suolo
e edilizia residenziale pubblica
Dipartimento programmazione, difesa del suolo
e risorse idriche
Centro funzionale regionale

*Région Autonome Vallée d'Aoste
Assessorat des ouvrages publics, de la protection des sols
et du logement public
Département de la programmation, de la protection des sols
et des ressources hydriques
Centre fonctionnel régional*

**Coordinamento operativo
Coordination opérationnelle**

Sara Maria Ratto

**Elaborazione dati, testi e immagini e cura di
Réalisation par les soins de**

Marco Cauduro
Denise Ponziani
Hervé Stevenin

**Revisione dei testi
Révision des textes**

Ketty Carere
Giulio Contri
Sara Maria Ratto

**Hanno inoltre collaborato
nel fornire dati e immagini
Pour les données et les images
ont aussi collaboré**

Marco Armand
Fabio Brunier
Umberto Pellegrini
ARPA Valle d'Aosta nelle persone di:
Edoardo Cremonese
Fabrizio Diotri

**Impaginazione
Mis en page**

Tipografia Valdostana S.p.A. – Aosta 2014

Si ringrazia ARPA Valle d'Aosta per la fornitura dei dati meteorologici, nonché tutti coloro che hanno contribuito direttamente o indirettamente alla presente pubblicazione.

Copyright © 2014 – Tutti i diritti riservati

INTRODUZIONE

Il Centro funzionale regionale della Valle d'Aosta, nell'ambito delle sue attività, si occupa di acquisire, validare, elaborare e distribuire i dati derivanti dalla rete di stazioni idro-meteorologiche. A tale proposito, ogni anno, pubblica un rendiconto con l'obiettivo di restituire al pubblico i dati raccolti e presentarli con elaborazioni che permettano un confronto con i dati storici mettendo in evidenza alcune curiosità, senza trascurare il rigore scientifico.

Il presente volume restituisce un quadro dell'anno 2012 che, in generale, non ha presentato anomalie significative rispetto alle caratteristiche medie degli ultimi anni.

Si ricorda, tuttavia, un mese di febbraio particolarmente secco e caratterizzato da una rapida evoluzione delle temperature, a partire da valori vicini ai minimi storici, nelle prime due settimane, fino a valori superiori alla media storica, nell'ultima settimana; il successivo mese di marzo è stato caratterizzato da temperature al di sopra della media che hanno portato ad un rapido abbassamento del manto nevoso; le temperature dei mesi successivi sono rientrate nella media, con l'unica eccezione della seconda metà di agosto, che ha visto tutta l'Italia interessata da temperature record.

Le precipitazioni annuali sono risultate nella media, con valori più abbondanti nella valle del Lys e nella valle di Champorcher, nella zona del Monte Bianco e del Gran San Bernardo. Non si sono registrati eventi pluviometrici di particolare intensità e di conseguenza il livello dei torrenti, nelle diverse sezioni monitorate, si è attestato ampiamente al di sotto del livello di esondazione. Per lo stesso motivo il numero totale di dissesti segnalati è risultato ridotto rispetto agli anni precedenti.

Il Dirigente del Centro funzionale regionale
SARA MARIA RATTO

INDICE

Al lettore	6
1. PRECIPITAZIONI	8
1.1 Il 2012 in Valle d'Aosta	9
Precipitazione annuale	9
Precipitazioni mensili e stagionali	11
Precipitazioni massime	12
Indici climatici	13
1.2 Quattro stazioni a confronto con la storia	15
Precipitazioni annuali	15
Precipitazioni mensili e stagionali	17
Precipitazioni massime	22
Indici climatici	22
2. TEMPERATURE	25
2.1 Il 2012 in Valle d'Aosta	26
Temperatura media annuale	26
Temperature stagionali e mensili	27
Zero termico	30
Indici climatici per dodici stazioni rappresentative	32
2.2 Quattro stazioni a confronto con la storia	38
Temperature medie annuali	38
Temperature medie mensili	39
Indici climatici	41
3. LIVELLI E PORTATE NELLA DORA BALTEA	43
Dalla misura dei livelli alla stima delle portate	44
Coefficienti di deflusso	45
Portate massime	46
4. NEVE	47
Altezza della neve al suolo	48
Copertura nevosa ed equivalente in acqua della neve	50
5. DISSESTI	54
Dissesti del 2012 in Valle d'Aosta	55
6. SINTESI DEGLI EVENTI	57
29 aprile 2012	57
27 novembre 2012	59

Al lettore

Raccolta ed elaborazione dei dati

Le elaborazioni contenute nel volume sono state effettuate a partire dai dati provenienti dalla rete di monitoraggio idro-meteorologica regionale e dalla rete di misura di parametri ambientali dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta. Le reti si compongono complessivamente di 109 stazioni automatiche e 19 stazioni manuali attualmente attive. Le principali grandezze misurate dalle stazioni meteorologiche sono precipitazione, temperatura, altezza neve, altezza idrometrica, velocità e direzione del vento, radiazione solare, soleggiamento, umidità e pressione atmosferica. Non tutte le stazioni presentano l'intera gamma di strumenti per la misura di tutti i parametri elencati.

Le serie storiche di dati disponibili derivano talvolta dall'unione di misure manuali e misure automatiche; nel tempo, infatti, si è assistito alla sostituzione della strumentazione manuale, che richiede la presenza costante di un operatore, con strumentazione automatica che acquisisce il dato, trasmettendolo direttamente al database. Sostituzione di sensori, spostamento della strumentazione e avvicendamento di osservatori sono tutti elementi che possono creare problemi sull'omogeneità della serie e devono essere tenuti in considerazione durante le elaborazioni dei dati. Per questo motivo le serie storiche utilizzate nelle elaborazioni sono generalmente di breve durata (10-12 anni); in alcune elaborazioni puntuali, tuttavia, è stato possibile un confronto con serie storiche di lunghezza maggiore (dai 30 ai 110 anni) ritenute omogenee: esse sono poco numerose e non sempre uniformemente distribuite sul territorio regionale.

Le elaborazioni incluse in questo volume riguardano principalmente i dati raccolti dal 1° gennaio al 31 dicembre 2012; fanno eccezione le elaborazioni dei dati di portata e di neve, per le quali viene preso in considerazione l'anno idrologico (1° ottobre 2011 - 30 settembre 2012).

Le elaborazioni dei dati in base alle stagioni, tengono conto della definizione di stagione meteorologica: l'inverno comprende i mesi di dicembre, gennaio e febbraio, la primavera i mesi di marzo, aprile e maggio, l'estate i mesi di giugno, luglio e agosto, mentre l'autunno quelli di settembre, ottobre e novembre. L'inverno del 2012 inizia quindi il 1° dicembre 2011 e termina il 29 febbraio 2012: dicembre 2012 non è dunque incluso nelle elaborazioni stagionali.

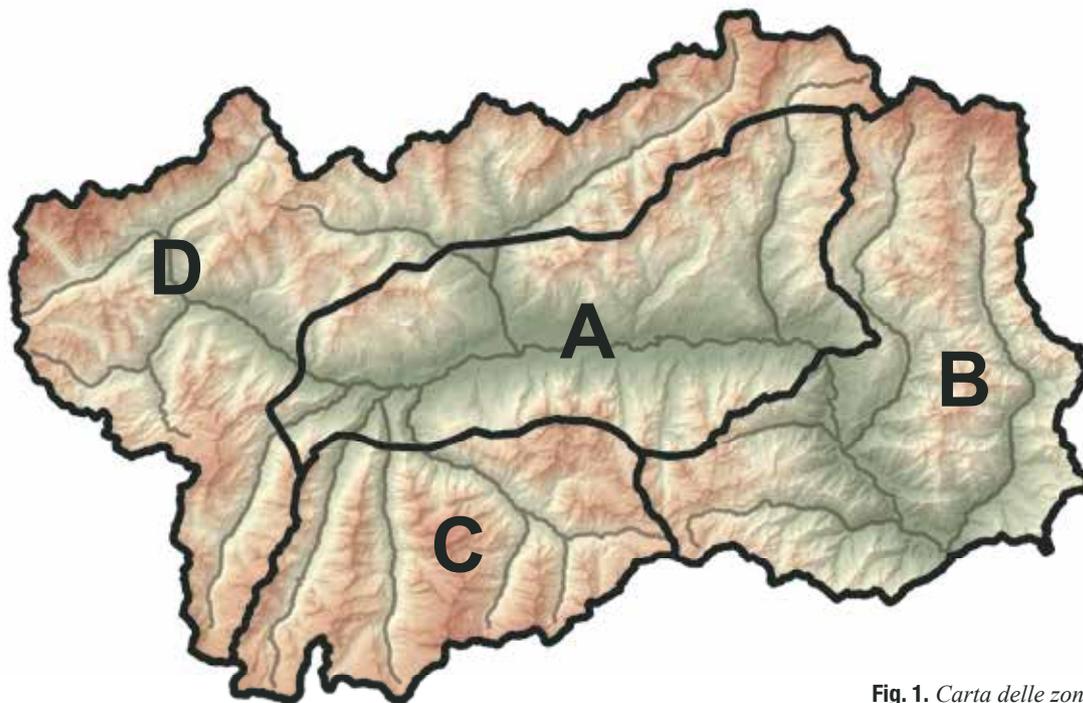


Fig. 1. Carta delle zone di allerta.

Suddivisione del territorio regionale in zone di allerta

In alcune elaborazioni riguardanti le precipitazioni, è stata presa in considerazione la suddivisione del territorio regionale in quattro aree, come mostrato in figura 1.

Questa suddivisione è utilizzata nella gestione del sistema di allerta, e deriva dalla necessità di individuare zone, del territorio regionale, meteorologicamente omogenee.

La definizione delle zone di allerta deriva dall'osservazione dei dati meteorologici, dalla conseguente constatazione dell'esistenza di diversi regimi pluviometrici e dall'analisi della provenienza delle perturbazioni che le caratterizzano.

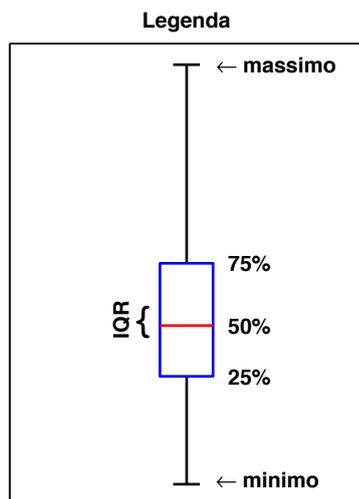


Fig. 2. Grafico di tipo *boxplot* per la schematizzazione di una distribuzione di dati.

Guida alla lettura dei grafici

Il grafico di tipo *boxplot* (figura 2) è utilizzato, nel presente rendiconto, per riassumere e schematizzare una serie storica di dati. Gli estremi rappresentano il valore massimo e il valore minimo della serie.

Il rettangolo centrale è chiamato IQR (*Inter Quantile Range*): la linea rossa indica la mediana, che rappresenta il valore centrale dei dati misurati; le basi del rettangolo indicano il 25° e il 75° percentile. Il 25° percentile è il valore al di sotto del quale ricade il 25% dei dati misurati, analogamente il 75° percentile è il valore al di sotto del quale ricade il 75% dei dati. La metà dei dati misurati ricade, quindi, all'interno del rettangolo, tra il 25° e il 75° percentile.

Questo tipo di grafico permette il confronto tra un dato, riguardante l'anno in esame, e la relativa serie storica. Il singolo dato è stato rappresentato generalmente dall'altezza di una barra colorata (si veda figura 3), sovrapposta al *boxplot* raffigurante la serie storica: qualora l'altezza della barra cada all'interno del rettangolo IQR (figura 3a), il dato è stato considerato in

linea con la media storica ovvero nella norma; nel caso in cui la barra colorata cada fuori dal rettangolo, ma sia comunque compresa tra il massimo e il minimo, il valore è stato considerato significativamente superiore (o inferiore) alla media (figura 3b); allorché la barra colorata superi il massimo (figura 3c) o sia inferiore al minimo, il valore relativo all'anno in esame è stato misurato per la prima volta dall'inizio della serie storica.

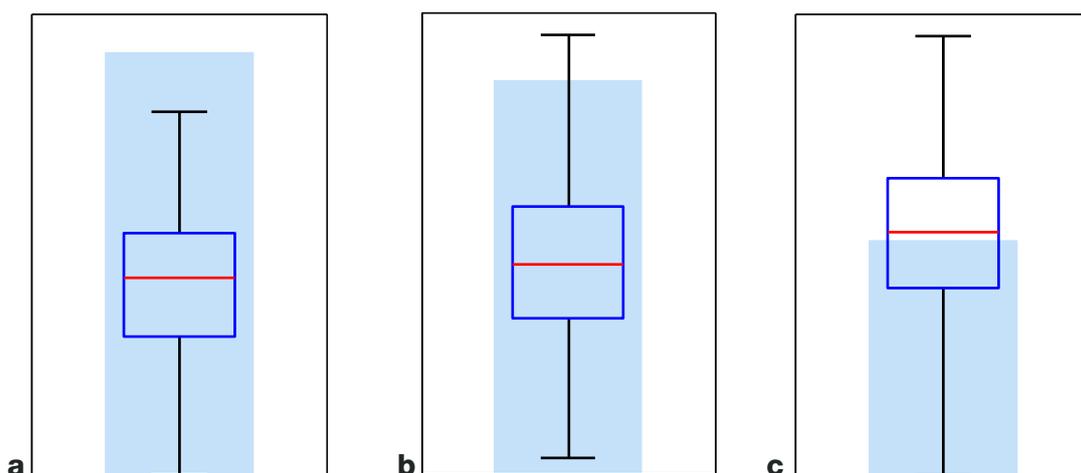


Fig. 3. Tre possibili esempi di grafici in cui per una stazione meteorologica viene confrontato il dato inerente all'ultimo anno (barra colorata), rispetto alla relativa serie storica (*boxplot*).

1. PRECIPITAZIONI

Il capitolo riguardante le precipitazioni è diviso in due parti. La prima parte è dedicata all'analisi delle precipitazioni registrate nell'anno 2012, esaminando la loro distribuzione sul territorio regionale e confrontandole con quelle registrate nei 12 anni precedenti (dal 2000 al 2011); per alcune analisi è stata presa in considerazione la suddivisione del territorio in 4 zone di allerta, la cui definizione è stata descritta nella guida al lettore in premessa. Una seconda parte è dedicata all'analisi delle precipitazioni registrate in 4 stazioni (Aosta, Rhêmes-Notre-Dame, Pontboset e Gressoney-La-Trinité), scelte tra quelle con una lunga serie storica di dati a disposizione, che, nel caso della stazione di Aosta, supera il secolo.

Per le analisi di questo capitolo, sono stati considerati i dati provenienti da pluviometri in grado di stimare anche le precipitazioni invernali (pluviometri riscaldati o a peso): infatti, questi pluviometri sono in grado di fondere la neve e restituire un valore di precipitazione liquida equivalente.

“MASSIME & MINIME ...”

La precipitazione totale del 2012 in Valle d'Aosta è risultata in media pari a 875 mm, leggermente inferiore a quella del 2010 e del 2011, e comunque nella norma se confrontata con i dati storici a disposizione. Le zone in cui si sono registrate le precipitazioni più abbondanti sono la valle di Champorcher, la valle del Lys, la zona del Monte Bianco e del Gran San Bernardo. La stazione in cui è stata misurata la massima precipitazione totale è quella situata nei pressi del colle Gran San Bernardo (1747 mm), mentre la minima è stata registrata a Saint-Christophe (455 mm).

Le precipitazioni misurate a livello stagionale, se confrontate con i dati storici, risultano nella norma. Tuttavia si può constatare che i primi mesi dell'anno (in particolare febbraio e marzo) sono risultati meno piovosi rispetto alla media storica; sono seguiti da un mese di aprile più piovoso della media, che risulta, per il 2012, il mese con le precipitazioni più abbondanti. Nel corso dell'anno non si sono verificati eventi di particolare intensità, la precipitazione giornaliera massima supera di poco i 100 mm (misurati a Pontboset). Nel grafico in figura 1.1 è riportata la precipitazione giornaliera misurata dalla stazione di Aosta, nel corso del 2012, dal quale è evidente la quasi totale assenza di precipitazioni a febbraio e a marzo e la presenza di numerosi giorni di pioggia ad aprile.

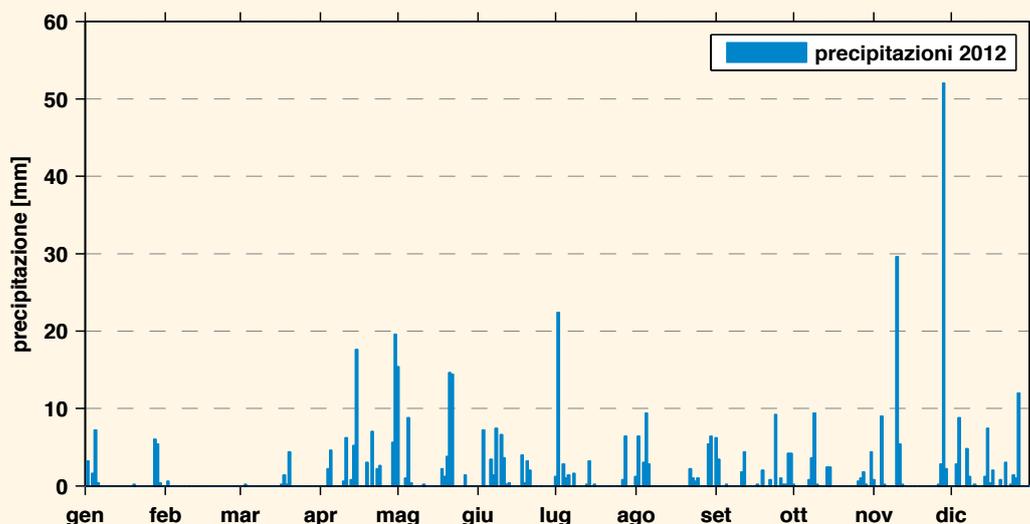


Fig. 1.1. Precipitazione giornaliera misurata ad Aosta, in piazza Plouves.

1.1 IL 2012 IN VALLE D'AOSTA

Precipitazione annuale

La precipitazione annuale non è uniforme su tutto il territorio regionale, come si può facilmente osservare dalla carta seguente (figura 1.2): essa è ottenuta a partire dai dati rilevati dai pluviometri delle stazioni meteorologiche, estendendo i valori a tutto il territorio tramite un algoritmo di interpolazione che prende in considerazione anche l'aumento della precipitazione cumulata in funzione della quota.

In linea con la piovosità media storica della Valle d'Aosta, anche nel 2012, le precipitazioni minori si sono registrate nella parte centrale della Regione che comprende la vallata centrale da Saint-Vincent ad Arvier, la Valtournenche, il vallone di Saint-Barthélemy e le valli del Grand San Bernardo. Sono state più abbondanti nella bassa valle, nelle valli di Champorcher e del Lys e sulla catena del Monte Bianco.



Fig. 1.2. Carta della precipitazione totale del 2012.

Per le stazioni automatiche, attive da almeno cinque anni, è stato effettuato un confronto tra la precipitazione registrata nel 2012 e la precipitazione media degli anni precedenti.

Nella carta in figura 1.3 sono evidenziate le differenze tra i due valori: si osserva che solo nella stazione del colle del Gran San Bernardo le precipitazioni del 2012 hanno superato la media degli anni antecedenti; nel resto della Valle d'Aosta le precipitazioni appaiono uguali o inferiori alle medie degli anni precedenti.

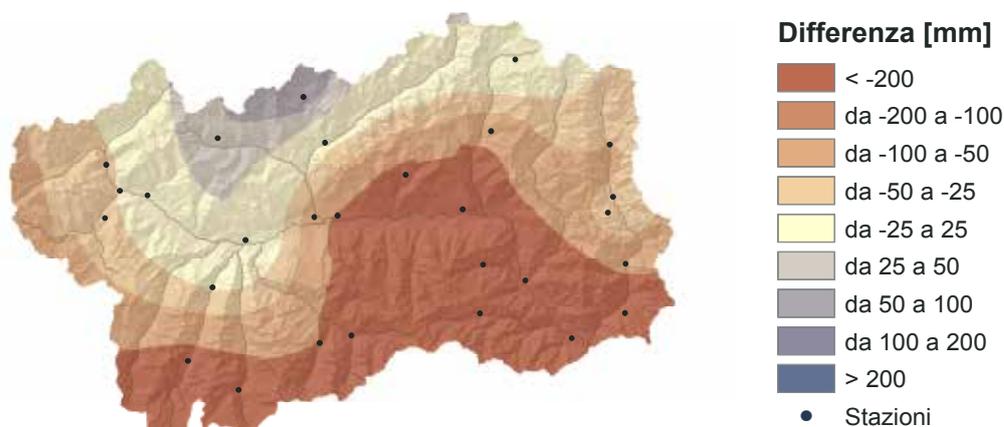


Fig. 1.3. Confronto tra la precipitazione totale del 2012 e la precipitazione annuale media del periodo 2000-2011.

Il grafico in figura 1.4 mostra l'andamento della precipitazione annuale media dal 2000 al 2012. Tali valori sono ottenuti, in questo caso, come media matematica delle precipitazioni totali annue misurate dalle stazioni meteorologiche.

Il numero e la disposizione delle stazioni meteorologiche attive non è costante nel periodo 2000-2012: dopo l'anno 2000 il numero di stazioni automatiche è gradualmente aumentato mentre alcune stazioni manuali sono state dismesse, non è dunque stato possibile utilizzare un insieme fisso di stazioni per costruire questa serie storica, ma le stazioni considerate sono state scelte tra quelle a disposizione in modo che la loro distribuzione sul territorio sia il più possibile uniforme. Tuttavia la serie di dati utilizzati non è perfettamente omogenea e di conseguenza è possibile una sottostima della precipitazione media in particolare per gli anni dal 2000 al 2003 a causa della carenza di stazioni posizionate ad alta quota.

Il numero di stazioni disponibili negli anni precedenti il 2000 non è stato considerato sufficiente per questo tipo di analisi. Ciò premesso, dal grafico si evidenzia che gli anni più piovosi risultano essere il 2000, il 2002 e il 2008 e gli anni più secchi il 2003 e il 2005. L'anno 2012 può essere considerato nella norma.

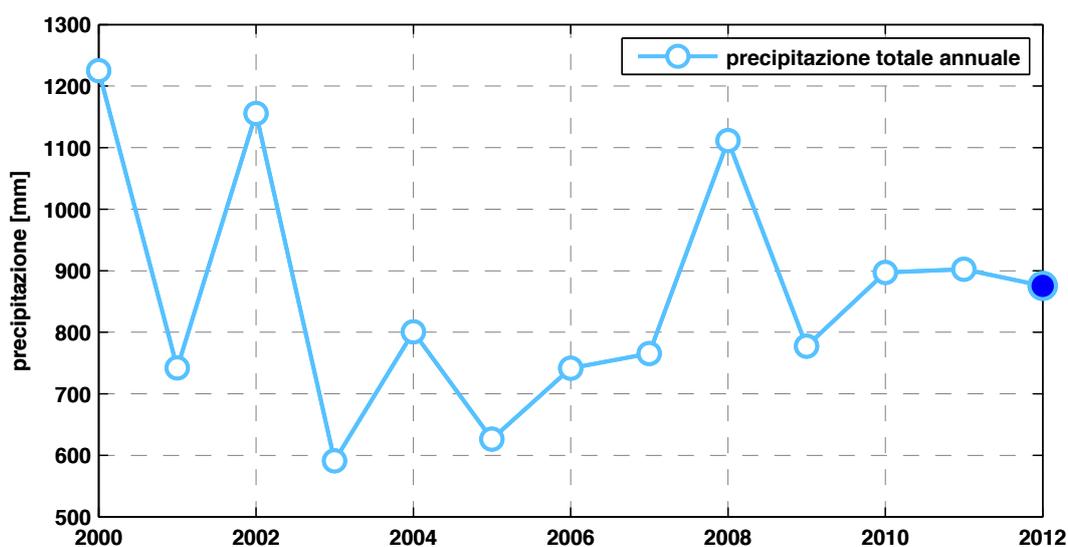


Fig. 1.4. Precipitazione totale annuale: valore medio per la Valle d'Aosta, dal 2000 al 2012.

Nella tabella 1 sono riportati i valori (media, minimo e massimo) di precipitazione totale del 2012, riferiti a tutta la Valle d'Aosta e alle quattro zone di allerta. Il valore medio è stato calcolato come media matematica dei valori registrati dalle stazioni della rete meteorologica.

La massima precipitazione annua è stata registrata dalla stazione posizionata in prossimità del colle del Gran San Bernardo (1747 mm) e la minima è stata misurata a Saint-Christophe (455 mm).

Precipitazione totale del 2012 [mm]	Valle d'Aosta	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Massimo	1747	1101	1492	1022	1747
Minimo	455	455	673	590	558
Media	876	606	1020	734	958

Tab. 1.1. Valori massimi, minimi e medi di precipitazione annuale registrati dalle stazioni della rete meteorologica, in tutta la Valle d'Aosta e nelle diverse zone di allerta.

Nel grafico in figura 1.5 le barre colorate rappresentano l'insieme dei valori di precipitazione annuale misurati dalle stazioni meteorologiche per ogni zona di allerta e il punto blu il loro valore medio. Il grafico evidenzia quanto la precipitazione totale annua sia diversa per le varie zone della Valle: la zona B risulta l'area mediamente più piovosa, mentre la zona A quella meno piovosa. La zona D è, invece, risultata essere quella meno omogenea, in quanto i valori di precipitazione, misurati dalle stazioni poste in questa porzione di territorio, differiscono tra loro più di quanto accade nelle altre zone.

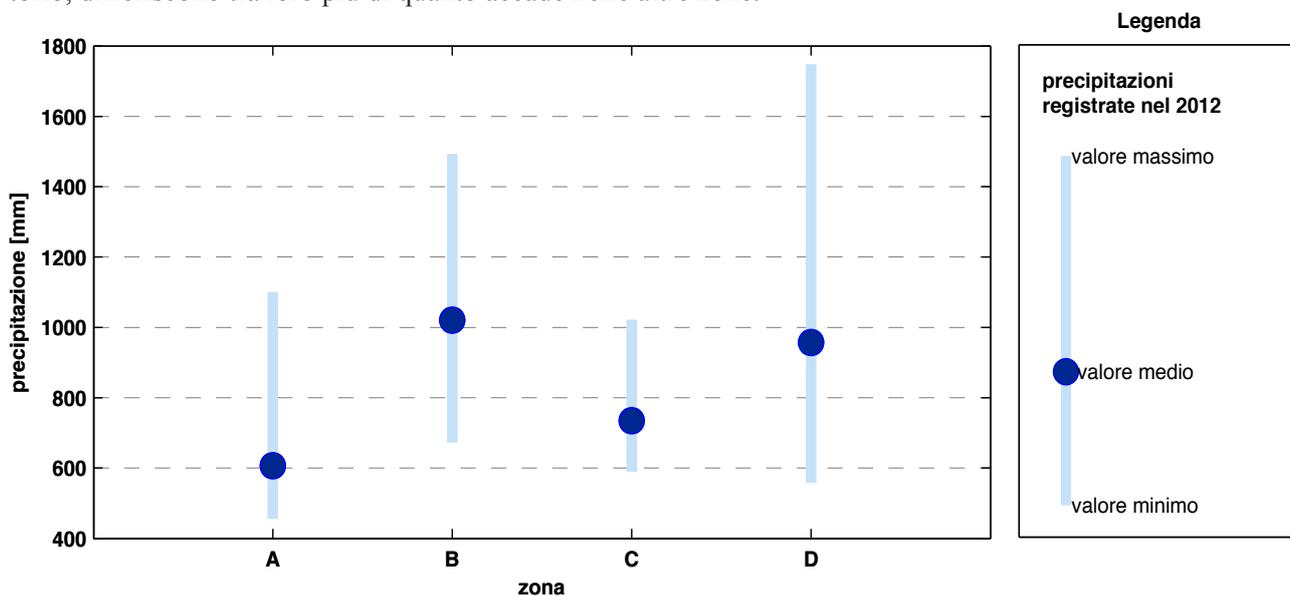


Fig. 1.5. Distribuzione dei valori di precipitazione totale annuale nelle diverse zone di allerta.

Precipitazioni mensili e stagionali

In questo paragrafo si presentano le analisi relative alle precipitazioni mensili e stagionali.

Nel grafico in figura 1.6 è rappresentata la precipitazione media per ogni mese del 2012 (linea viola); essa è posta a confronto con l'insieme delle precipitazioni mensili medie degli anni precedenti, rappresentato dai rettangoli azzurri. Anche in questo caso i valori medi mensili sono ottenuti come media matematica delle precipitazioni misurate dalle stazioni meteorologiche.

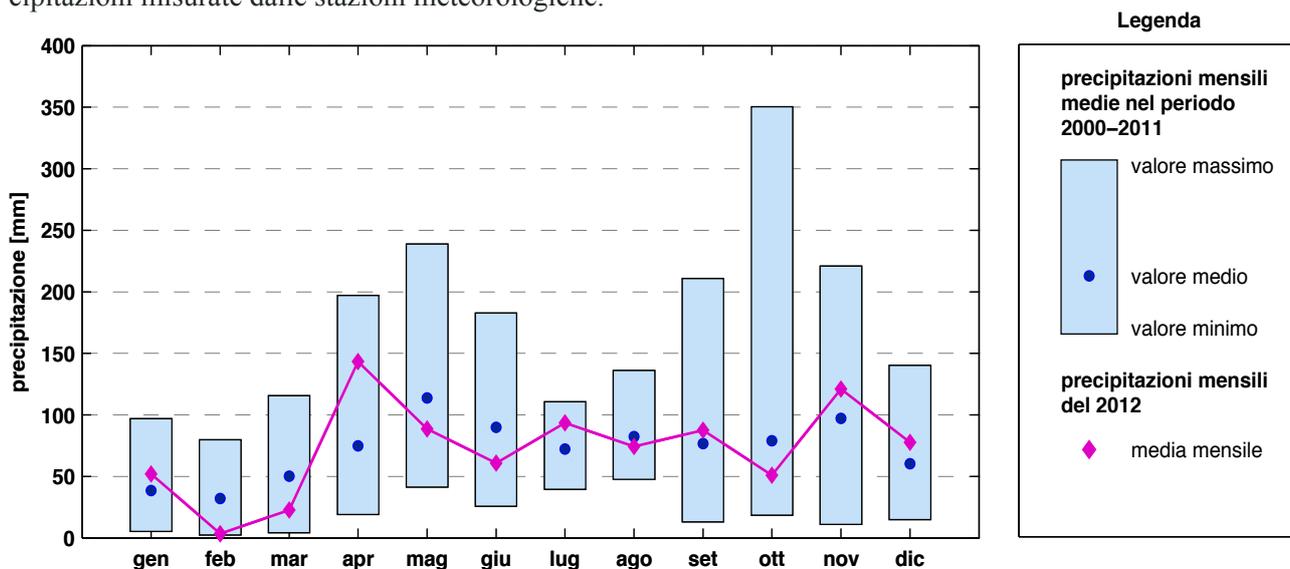


Fig 1.6. Precipitazioni mensili medie del 2012, a confronto con le precipitazioni mensili medie dal 2000 al 2011.

I mesi di febbraio e marzo appaiono poco piovosi rispetto ai dati storici a nostra disposizione, in particolare la pioggia media di febbraio è di soli 3 mm. Le piogge di aprile, invece, sono state superiori alla media storica. Tuttavia, se si considerano le precipitazioni a livello stagionale (figura 1.7), si nota che i valori sono prossimi alla media storica, ad eccezione delle precipitazioni invernali (comprendenti anche dicembre 2011), che la superano di circa 40 mm.

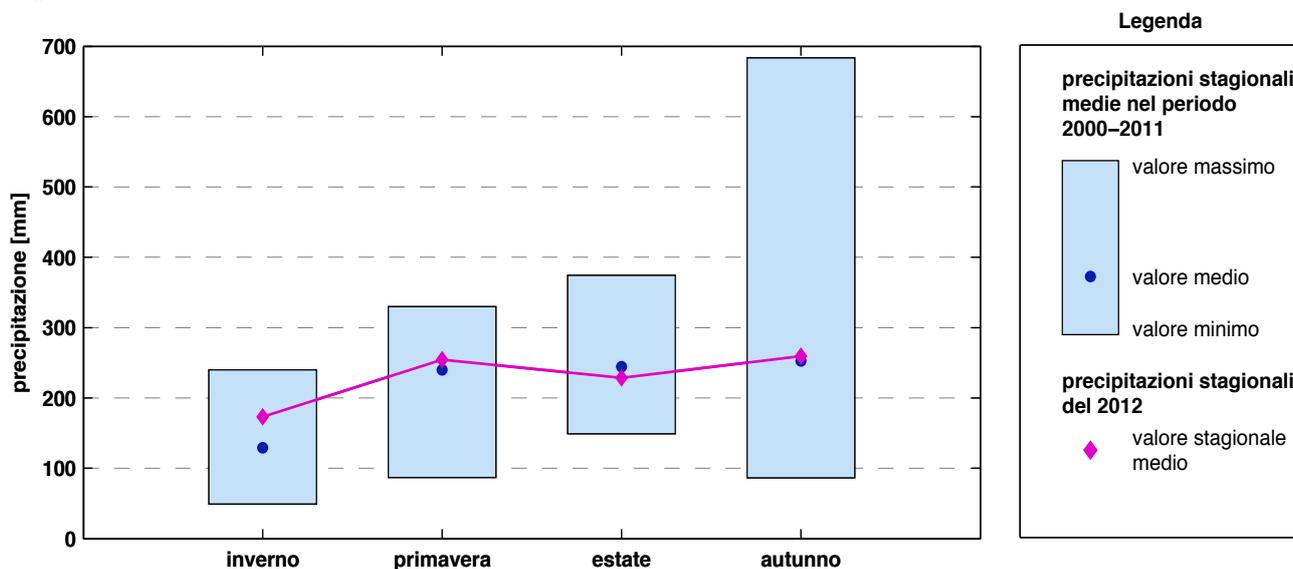


Fig. 1.7. Precipitazioni stagionali medie del 2012, a confronto con le precipitazioni stagionali medie dal 2000 al 2011.

Precipitazioni massime

Nella tabella 1.2. sono riportate le precipitazioni massime, giornaliere e orarie, suddivise per zona di allerta. In evidenza le precipitazioni massime rispetto a tutta la Valle d'Aosta che per il 2012 sono state misurate dalle stazioni di Pontboset (Fournier) e di Gressoney-Saint-Jean (Vallone di Loo). I massimi giornalieri e orari riportati in tabella si riferiscono, per maggiore completezza, ad eventi registrati da tutte le stazioni meteorologiche delle reti di monitoraggio, al contrario delle altre analisi riportate nel presente capitolo che prendono in considerazione solo i pluviometri in grado di stimare anche la precipitazione invernale.

Zona	Precipitazione	Max [mm]	Dove	Quando
A	Giornaliera	57	Pollein, Grand Place	28 novembre
	Oraria	17	Saint-Pierre, Lago delle Rane	2 agosto
B	Giornaliera	102	Pontboset, Fournier	28 novembre
	Oraria	31	Gressoney-S.J., Vallone di Loo	28 luglio
C	Giornaliera	60	Cogne, Lillaz	29 aprile
	Oraria	14	Cogne, Lillaz	2 luglio
D	Giornaliera	80	Bionaz, Place Moulin	29 aprile
	Oraria	15	Courmayeur, Ferrache	4 luglio

Tab. 1.2. Precipitazioni massime giornaliere e orarie, per le diverse zone di allerta.

Nel 2012 non si sono registrati eventi particolarmente intensi: i massimi giornalieri sono stati registrati a fine aprile e a fine novembre, tali eventi sono descritti nel dettaglio nel capitolo finale del presente rendiconto; i massimi orari sono tutti associati a temporali estivi e non sono stati registrati dissesti in concomitanza di tali eventi.

Nel grafico in figura 1.8 sono riportate le precipitazioni massime, giornaliere ed orarie, degli ultimi anni: spicca l'evento alluvionale del 2000, con una massima precipitazione giornaliera pari a 330 mm, ben superiore a quelle degli anni successivi, generalmente compresa tra 100 e 200 mm. Nel 2012 la precipitazione giornaliera massima è stata di 101 mm, decisamente inferiore alla media storica (di 165 mm).

I massimi orari, generalmente associati a temporali estivi, variano tra i 29 mm del 2001 e i 57 mm del 2007 e hanno una media di 42 mm; la precipitazione oraria massima, registrata nel 2012, è di 31 mm, dunque anch'essa inferiore alla media.

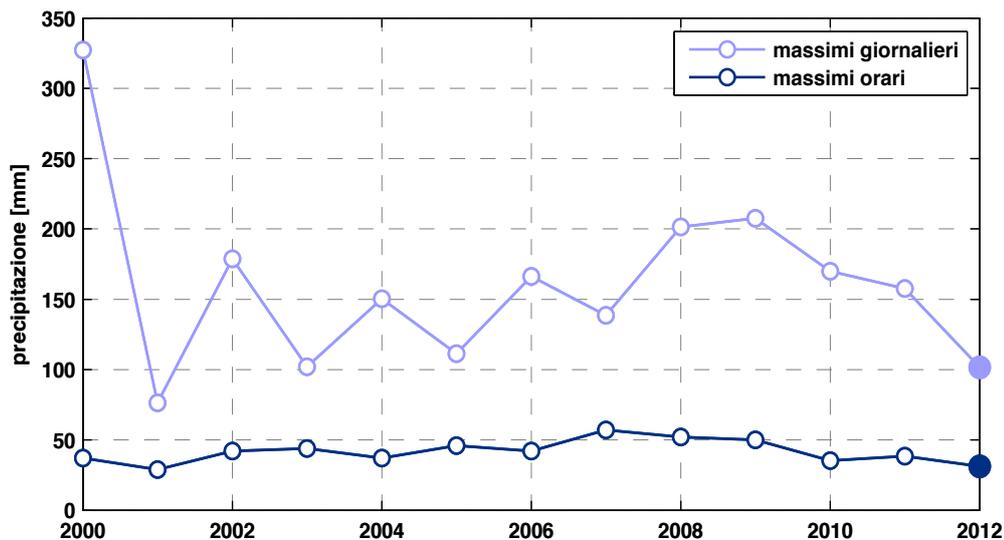


Fig. 1.8. Valori massimi, giornalieri e orari, registrati dalle stazioni meteorologiche della Valle d'Aosta nel periodo 2000-2012.

Indici climatici

In questo paragrafo sono presentati alcuni indici che caratterizzano la frequenza delle precipitazioni.

- *Numero giorni di pioggia*: indica il numero di giorni in un anno con precipitazione maggiore di 1 mm.
- *Numero giorni di pioggia forte*: indica il numero di giorni in un anno con precipitazione maggiore di 15 mm.
- *Numero giorni di pioggia molto forte*: indica il numero di giorni in un anno con precipitazione maggiore di 45 mm.
- *Numero massimo di giorni consecutivi di pioggia*: indica il numero massimo in un anno di giorni consecutivi con precipitazione maggiore di 1 mm.
- *Numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia*: indica il numero massimo in un anno di giorni consecutivi con precipitazione inferiore a 1 mm.

Nella tabella 1.3 sono elencati i valori medi di tali indici relativi all'anno 2012, per tutto il territorio valdostano e per le diverse zone di allerta. I valori medi sono ottenuti come media matematica dei valori ricavati dai dati delle diverse stazioni meteorologiche.

Valori medi degli indici di precipitazione [numero giorni in un anno]	Valle d'Aosta	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Giorni di pioggia	108	93	99	110	122
Giorni di pioggia forte	5	3	9	3	4
Giorni di pioggia molto forte	1	0	3	1	0
Numero massimo di giorni consecutivi di pioggia	6	5	6	6	6

Tab. 1.3. Numero medio degli indici climatici per tutta la Regione Valle d'Aosta e per le zone di allerta.

Il grafico di figura 1.9 riassume il numero medio di giorni di pioggia per le zone di allerta.

Si può osservare come il numero medio di giorni di pioggia sia maggiore per la zona D, ma le piogge forti o molto forti siano più frequenti nella zona B. La zona A risulta quella meno piovosa.

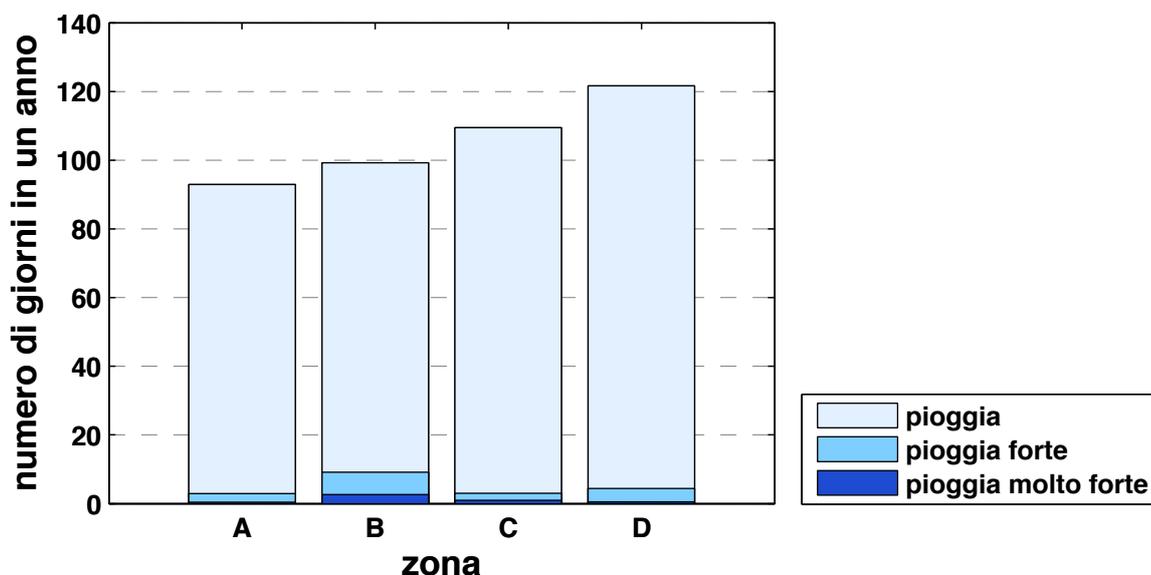


Fig. 1.9. Numero di giorni di pioggia del 2012, per le zone di allerta.

Nella tabella 1.4 sono indicate le stazioni meteorologiche che hanno registrato il numero massimo e il numero minimo di giorni di pioggia.

Spicca il valore particolarmente elevato di giorni di pioggia per la stazione installata nei pressi del colle del Gran San Bernardo: sono stati registrati nel 2012 ben 167 giorni di pioggia (si ricorda che tale indice tiene conto anche della precipitazione nevosa). Occorre, tuttavia, evidenziare che per i pluviometri posti ad alta quota sussiste un rischio di sovrastima del dato di precipitazione poiché il vento forte può sollevare la neve e farla ricadere all'interno del pluviometro, facendo aumentare formalmente i giorni di pioggia. In relazione anche a questo aspetto, prima di effettuare elaborazioni, i dati di tutti i pluviometri sono stati validati e corretti in tutti quei casi in cui era evidente la presenza di tale fenomeno; tuttavia, è possibile che il dato sia ancora leggermente sovrastimato.

Massimi e minimi degli indici di precipitazione [numero giorni in un anno]	Massimo	Dove	Minimo	Dove
Giorni di pioggia	167	S.-Rhémy-en-Bosses, G.S.Bernardo	71	Verrès, Capoluogo
Giorni di pioggia forte	17	Gressoney-S.J., Vallone Loo	1	Ollomont, By
Giorni di pioggia molto forte	6	Gressoney-S.J., Vallone Loo	0	Chamois, Lac de Lou
Numero massimo di giorni consecutivi di pioggia	10	S.-Rhémy-en-Bosses, G.S.Bernardo	-	

Tab. 1.4. Numero massimo e minimo degli indici climatici e luogo in cui sono stati registrati.

1.2. QUATTRO STAZIONI A CONFRONTO CON LA STORIA

Precipitazioni annuali

In questo paragrafo vengono presentati i dati storici di precipitazione ricavati da quattro stazioni meteorologiche della Valle d'Aosta. Le stazioni, scelte tra quelle che presentano una serie storica più lunga e affidabile, sono Aosta, Rhêmes-Notre-Dame, Pontboset e Gressoney-La-Trinité. Le serie storiche sono state controllate e in parte integrate dei dati mancanti, per confronto con stazioni poste nelle vicinanze. La stazione di Aosta è quella che presenta la serie storica più lunga, disponendo di dati digitalizzati, continuativamente, dal 1891 ad oggi.

Nella tabella 1.5 sono indicate le precipitazioni totali del 2012 e nei grafici seguenti (figura 1.10) sono riportate le precipitazioni annuali dall'inizio della serie di misure ad oggi.

Precipitazione totale annuale [mm]	Aosta	Rhêmes N.D.	Pontboset	Gressoney L.T.
Anno 2012	507	756	1089	1020

Tab. 1.5. Cumulate annuali del 2012 delle quattro stazioni considerate per il confronto con lo storico.

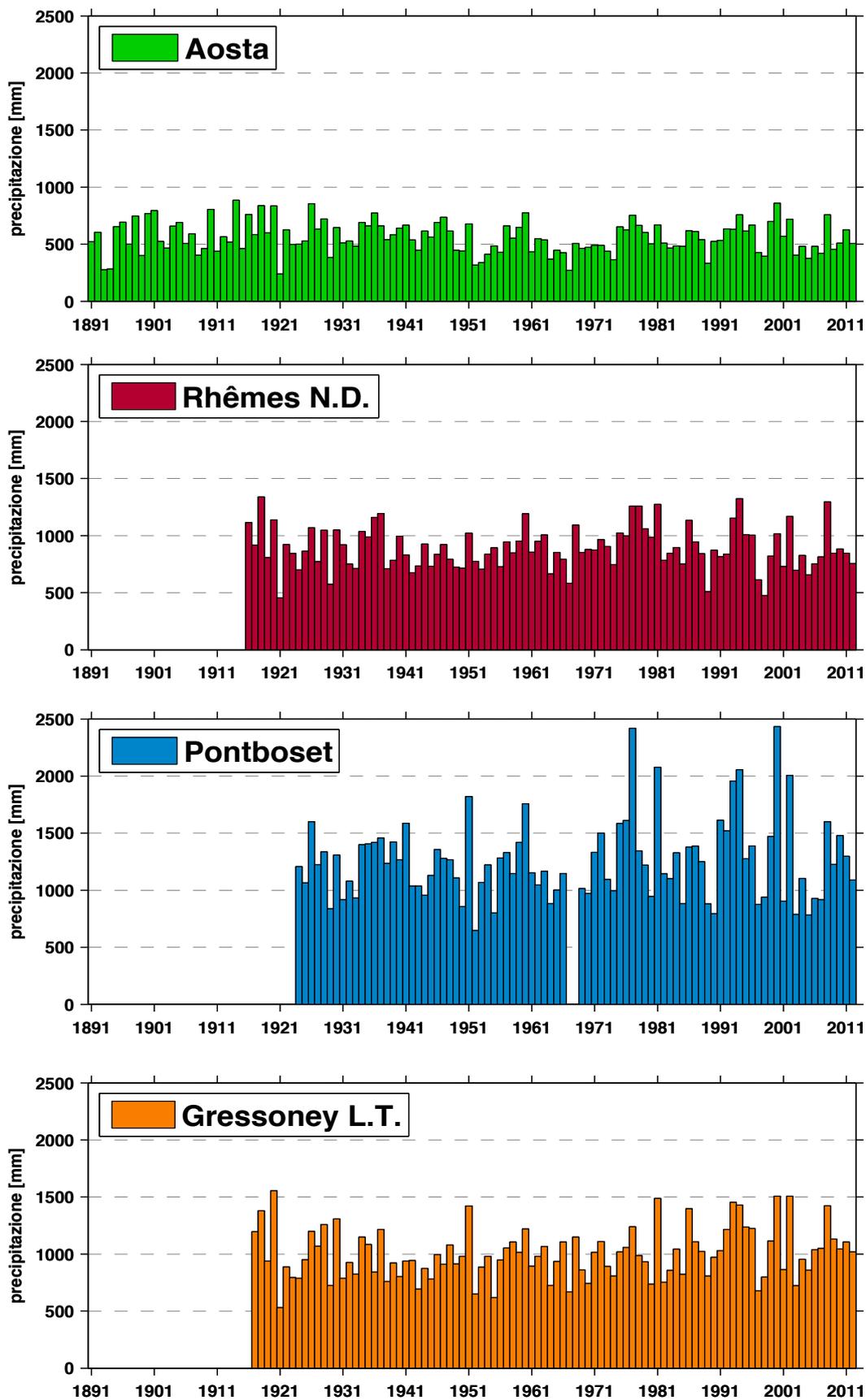


Fig.1.10. Serie storica delle precipitazioni annuali per quattro stazioni meteorologiche.

Il grafico in figura 1.11 propone un confronto tra la precipitazione del 2012 e i dati della serie storica: la distribuzione dei dati storici è rappresentata utilizzando il *boxplot* (si veda la guida alla lettura). I dati storici mostrano che la precipitazione annuale media nella zona di Aosta è circa 560 mm, a Rhêmes-Notre-Dame 890 mm, a Gressoney-La-Trinité 1000 mm e a Pontboset 1260 mm. I valori estremi sono il minimo di 240 mm misurati nel 1921 ad Aosta e il massimo di 2434 mm a Pontboset nel 2000.

Per tutte le stazioni la precipitazione del 2012 ricade all'interno dell'intervallo di valori misurati in passato, in particolare per le stazioni di Aosta, Pontboset e Gressoney-La-Trinité il valore ricade tra il 25° e il 75° percentile dei dati storici, mentre per la stazione di Rhêmes-Notre-Dame la precipitazione annuale (756 mm) è di pochi millimetri inferiore al 25° percentile (762 mm).

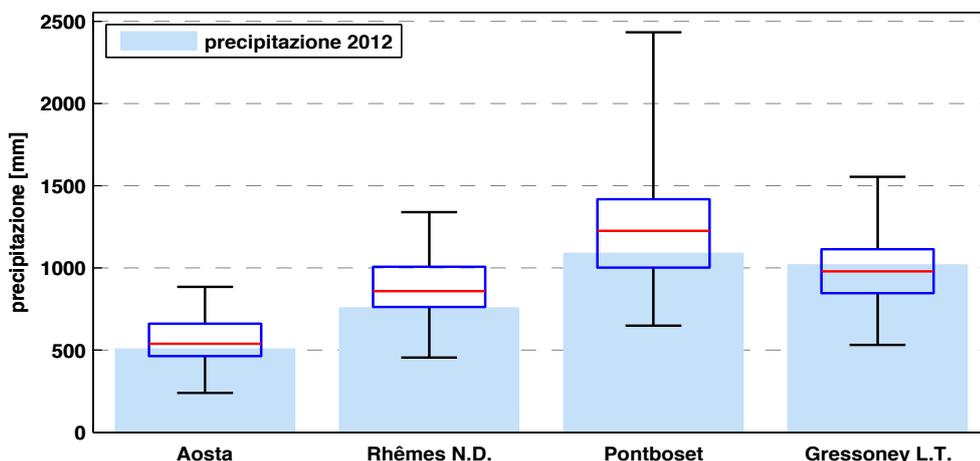


Fig.1.11. Precipitazione totale del 2012 a confronto con i dati delle serie storiche.

Precipitazioni mensili e stagionali

• Aosta

Il grafico in figura 1.12 rappresenta le precipitazioni mensili per il 2012, messe a confronto con i dati della serie storica. Secondo i dati storici il mese mediamente più piovoso è ottobre (valore mediano di 52 mm), e il valore record di 296 mm è stato registrato nell'ottobre del 2000; il mese mediamente meno piovoso è gennaio, con un valore mediano di 27 mm.

Rispetto al 2012, aprile e novembre risultano i mesi più piovosi dell'anno, con un valore di precipitazione superiore alla norma, mentre i mesi febbraio e marzo appaiono meno piovosi della norma.

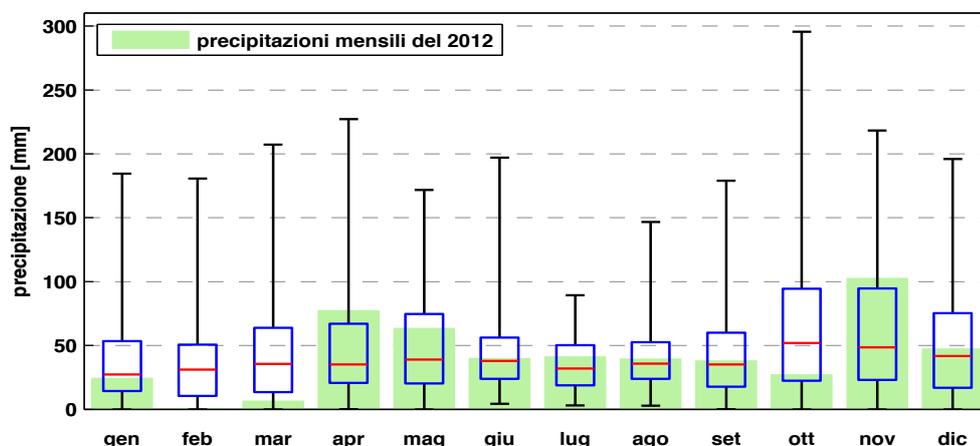


Fig. 1.12. Precipitazioni mensili della stazione di Aosta.

In un contesto stagionale, tuttavia, i valori di precipitazione del 2012 risultano tutti prossimi alla media storica (figura 1.13).

Osservando i dati storici si deduce che la stagione mediamente più piovosa è l'autunno (valore mediano 162 mm), seguito dalla primavera (140 mm), dall'inverno (114 mm) e dall'estate (113 mm). Il massimo stagionale assoluto, per la stazione di Aosta, è stato raggiunto nell'autunno del 2000 (504 mm). Il massimo invernale (349 mm) è associato alle precipitazioni dell'inverno 1902, ricordato nelle cronache per le abbondanti nevicate che fecero crollare alcuni tetti. Il massimo primaverile (427 mm) è relativo all'anno 1898, le cui abbondanti nevicate all'inizio del mese di marzo sono riportate nelle cronache dell'epoca. Il massimo estivo di 259 mm, associato all'estate del 1957, è imputabile all'evento alluvionale che ha colpito la Valle d'Aosta nei giorni 12-15 giugno.

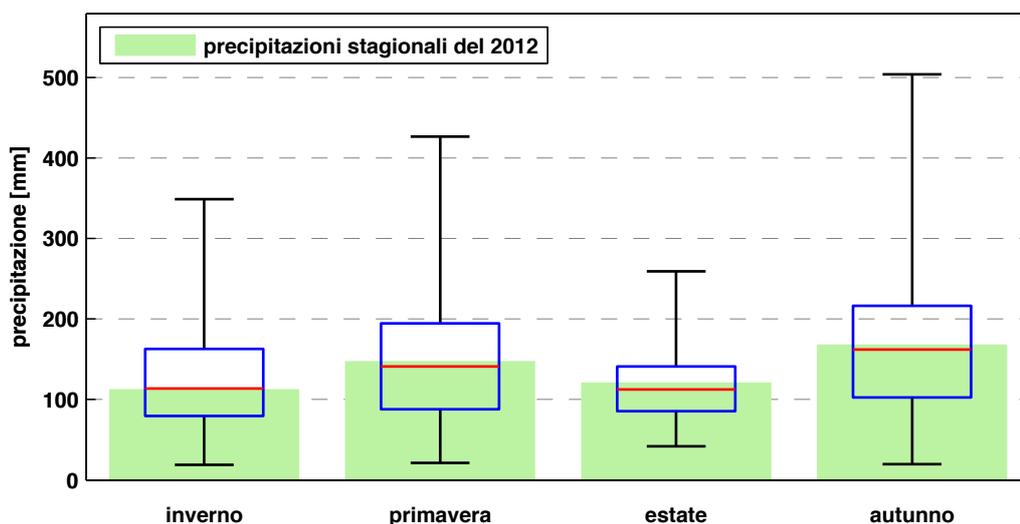


Fig. 1.13. Precipitazioni stagionali della stazione di Aosta.

• Rhêmes-Notre-Dame

Il grafico in figura 1.14 rappresenta le precipitazioni mensili a Rhêmes-Notre-Dame, per il 2012, messe a confronto con i dati della serie storica. I mesi mediamente più piovosi sono maggio e ottobre (valori mediани rispettivamente di 74 e 76 mm); il record storico per la stazione di Rhêmes-Notre-Dame è di 416 mm registrati nel mese di aprile 1918 (precipitazioni non associate ad eventi alluvionali importanti) che superano i 366 mm registrati ad ottobre 2000.

I mesi di aprile, luglio e dicembre 2012 appaiono più piovosi della norma, mentre i mesi di febbraio, marzo e agosto meno piovosi.

In un contesto stagionale, tuttavia, i valori di precipitazione stagionale risultano tutti compresi tra il 25° e il 75° percentile (figura 1.15).

Per quanto riguarda la serie storica dei dati della stazione di Rhêmes-Notre-Dame, si può osservare che le stagioni mediamente più piovose sono l'autunno e la primavera (valore mediano rispettivamente 240 e 220 mm) seguite dall'estate (204 mm) e dall'inverno (170 mm). Il massimo assoluto delle precipitazioni stagionali è associato alla primavera del 1918 (606 mm), di cui si ricordano le abbondanti nevicate verificatesi nel mese di aprile (per un totale di 416 cm di neve caduta). Il massimo primaverile supera di pochi millimetri le precipitazioni registrate nell'autunno del 2000 (593 mm). Le precipitazioni massime dell'inverno e dell'estate sono associate rispettivamente agli anni 1955 e 1973, nei quali, tuttavia, non sono stati registrati eventi di particolare intensità.

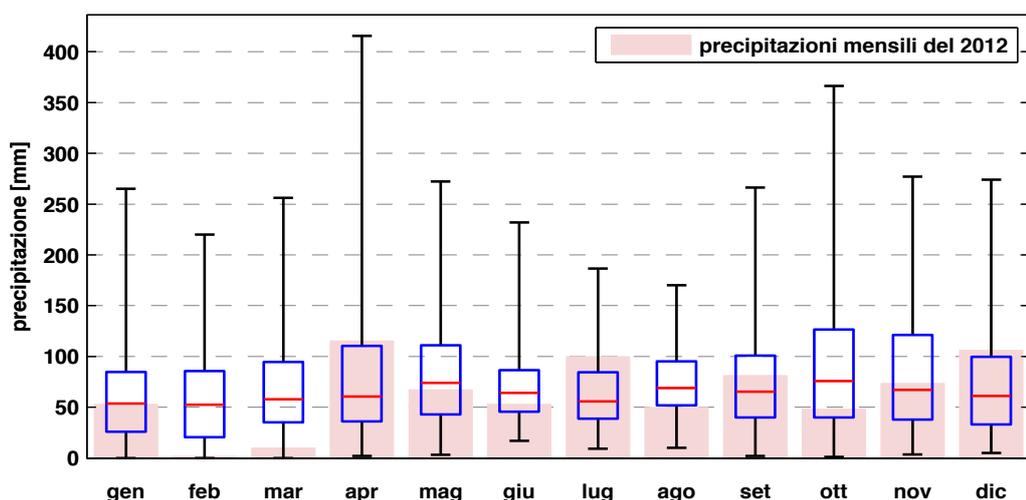


Fig. 1.14. Precipitazioni mensili per la stazione di Rhêmes-Notre-Dame.

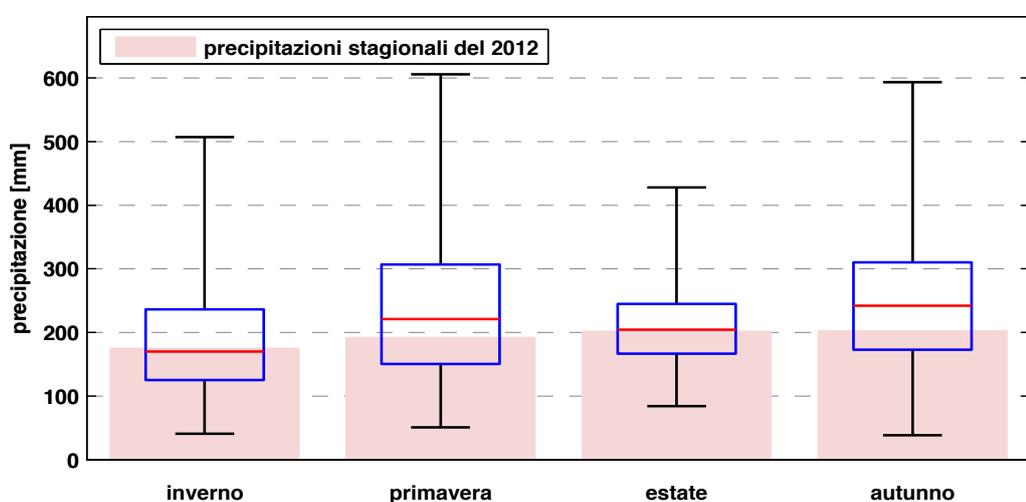


Fig. 1.15. Precipitazioni stagionali per la stazione di Rhêmes-Notre-Dame.

• Pontboset

Il grafico in figura 1.16 rappresenta le precipitazioni mensili a Pontboset, per il 2012, messe a confronto con i dati della serie storica. Secondo i dati storici, il mese mediamente più piovoso è maggio, con un valore mediano di circa 135 mm e quello meno piovoso è gennaio, con circa 28 mm; il massimo assoluto (879 mm) è stato registrato a ottobre, in corrispondenza dell'alluvione del 2000.

Per l'anno 2012, il mese di aprile risulta più piovoso della norma, mentre i mesi di febbraio, giugno e dicembre meno piovosi.

Le precipitazioni invernali a Pontboset (figura 1.17) risultano inferiori alla norma, mentre per le altre stagioni sono prossime alla media storica.

Analizzando la serie storica si può notare che le stagioni mediamente più piovose sono l'autunno (valore mediano 382 mm) e la primavera (377 mm) seguite dall'estate (265 mm) e dall'inverno (145 mm). Si evidenzia che le precipitazioni dell'autunno 2000 (1547 mm) sono le massime stagionali registrate a Pontboset dal 1924. Esse superano di quasi 500 mm quelle della primavera 1981, anno in cui le forti precipitazioni della fine del mese di marzo (632 mm) chiudono una stagione invernale particolarmente secca (minimo storico stagionale di 11 mm). Il massimo estivo è di 586 mm, ed è relativo all'estate del 2002, anno in cui è stato registrato un

evento alluvionale, nel mese di giugno, particolarmente intenso nella parte sud-orientale della Regione. Il massimo invernale (543 mm) è associato all'inverno 1974, anno in cui, però, non sono stati registrati eventi di particolare entità.

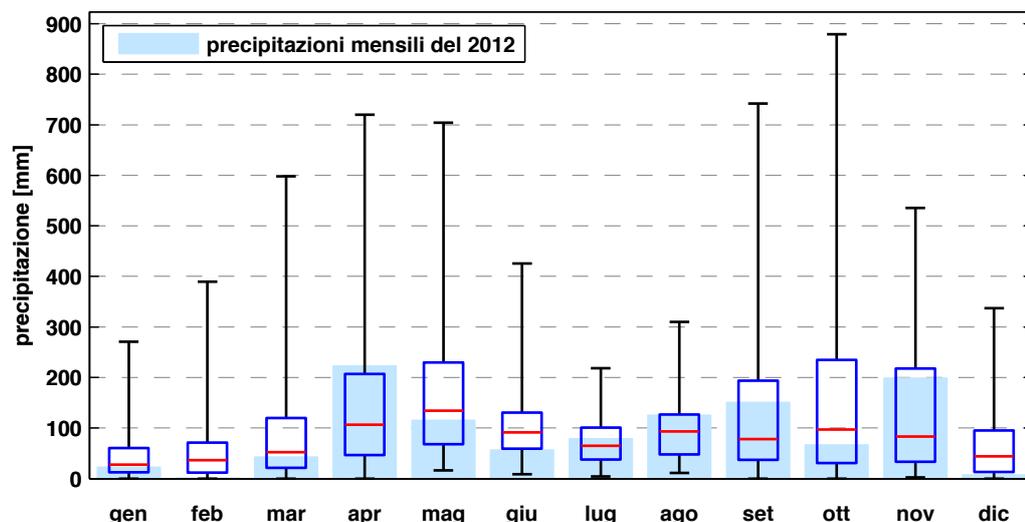


Fig. 1.16. Precipitazioni mensili per la stazione di Pontboset.

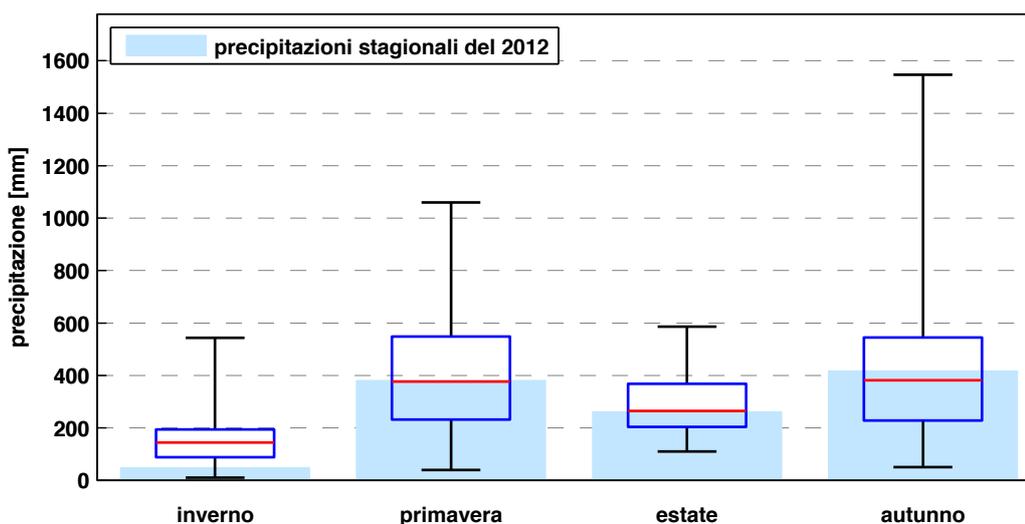


Fig. 1.17. Precipitazioni stagionali per la stazione di Pontboset.

• Gressoney-La-Trinité

Il grafico in figura 1.18 rappresenta le precipitazioni mensili registrate a Gressoney-La-Trinité nel 2012, a confronto con i dati della serie storica. In base ai dati storici, il mese mediamente più piovoso è maggio, con una media che supera i 100 mm, e quello meno piovoso è gennaio, con un valore mediano di 34 mm; la massima precipitazione mensile di tutta la serie è stata invece registrata a dicembre 1916 (658 mm).

Per quanto riguarda il 2012, le precipitazioni registrate a Gressoney-La-Trinité, nel mese di febbraio, risultano inferiori al 25° percentile. Quelle dei mesi di aprile e novembre risultano invece superiori al 75° percentile.

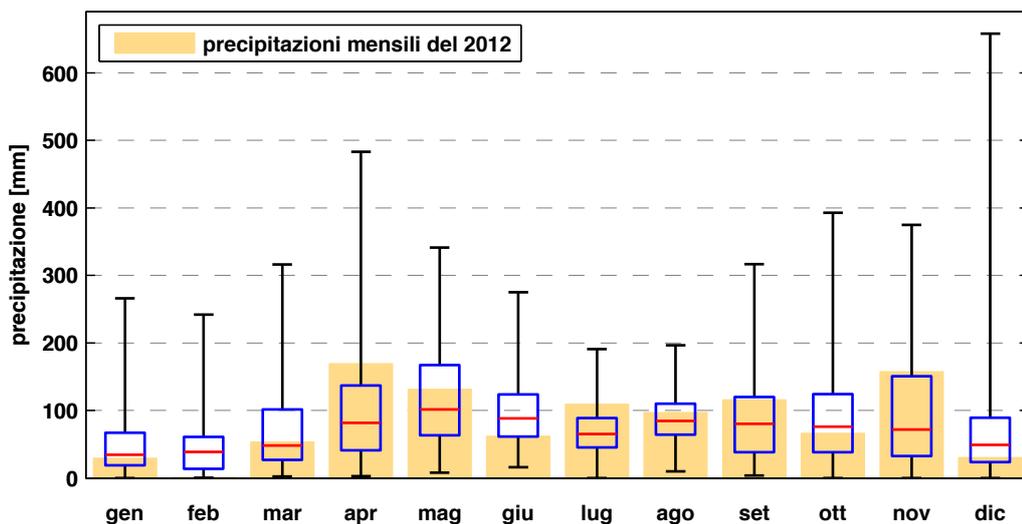


Fig. 1.18. Precipitazioni mensili per la stazione di Gressoney-La-Trinité.

Le precipitazioni stagionali del 2012 a Gressoney-La-Trinité risultano tutte nella norma (figura 1.19).

Dai dati storici risulta che le stagioni mediamente più piovose sono la primavera (286 mm di media) e l'autunno (271 mm), seguite dall'estate (252 mm) e dall'inverno (142 mm).

Il massimo autunnale associato all'alluvione del 2000 (752 mm) è superato, di pochi millimetri, da quello primaverile (759 mm), relativo al 1981, in cui si è verificato un evento intenso a fine marzo, che ha interessato particolarmente le Valli del Lys, di Champorcher, del Gran Paradiso; tuttavia, rispetto all'autunno del 2000, l'evento del 1981 non è associato a gravi dissesti e inondazioni, probabilmente per via della neve caduta sopra i 1600 metri. Da segnalare il massimo invernale di 507 mm, associato all'inverno del 1916/1917, ricordato negli annali meteorologici per le abbondanti nevicate e per le temperature rigide: esso risulta, in base ai dati a disposizione, tra gli inverni più nevosi per numerose località valdostane. Il massimo estivo è associato al 2002 la cui estate è ricordata come una stagione piovosa, in particolare nella parte sud-orientale della Regione.

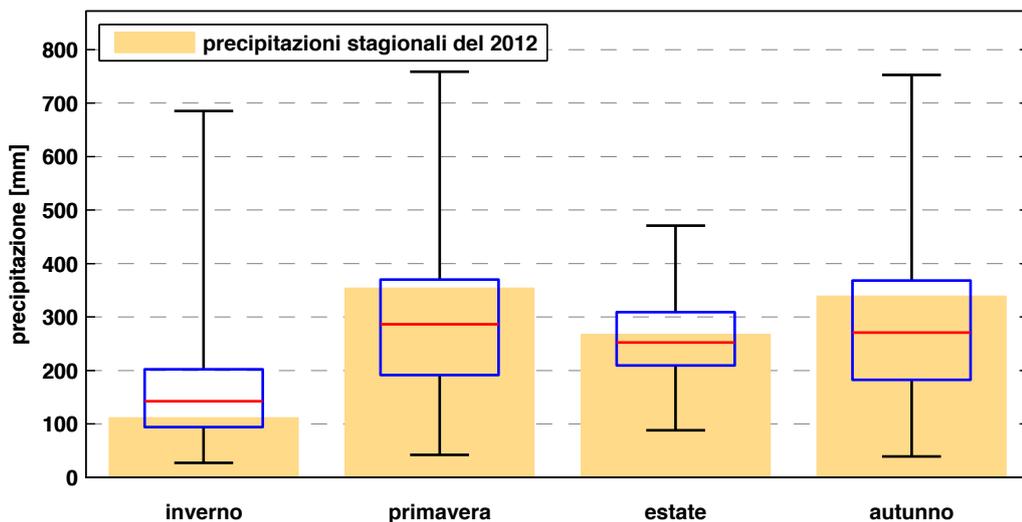


Fig. 1.19. Precipitazioni stagionali per la stazione di Gressoney-La-Trinité.

Precipitazioni massime

In questo paragrafo sono presentate le precipitazioni massime orarie e giornaliere per le quattro stazioni prese in considerazione. I valori delle precipitazioni massime per il 2012 sono riportati in tabella 1.6.

Non è possibile un confronto con i dati delle serie storiche per quanto riguarda i massimi orari, in quanto storicamente i dati di precipitazione sono stati misurati manualmente una volta ogni 24 ore e, dunque, non sono disponibili dati orari per l'intero periodo storico considerato.

Precipitazioni massime 2012 [mm]	Aosta	Rhêmes N.D.	Pontboset	Gressoney L.T.
giornaliera	52	28	102	70
oraria	7	8	27	19

Tab. 1.6. Precipitazioni massime giornaliere e orarie del 2012 per le quattro stazioni in esame.

Nel grafico in figura 1.20 si può osservare che le precipitazioni giornaliere massime registrate ad Aosta mediamente si avvicinano ai 50 mm, e non hanno mai superato i 150 mm, mentre a Pontboset sono mediamente comprese tra 100 e 150 mm, con un massimo assoluto di 371, registrato il 6 novembre 1994, superiore ai 327 mm misurati il 15 ottobre 2000.

I massimi giornalieri registrati nel 2012 si situano nella norma per le stazioni di Aosta, Pontboset e Gressoney-La-Trinité. Risultano, invece, inferiori alla norma per la stazione di Rhêmes-Notre-Dame.

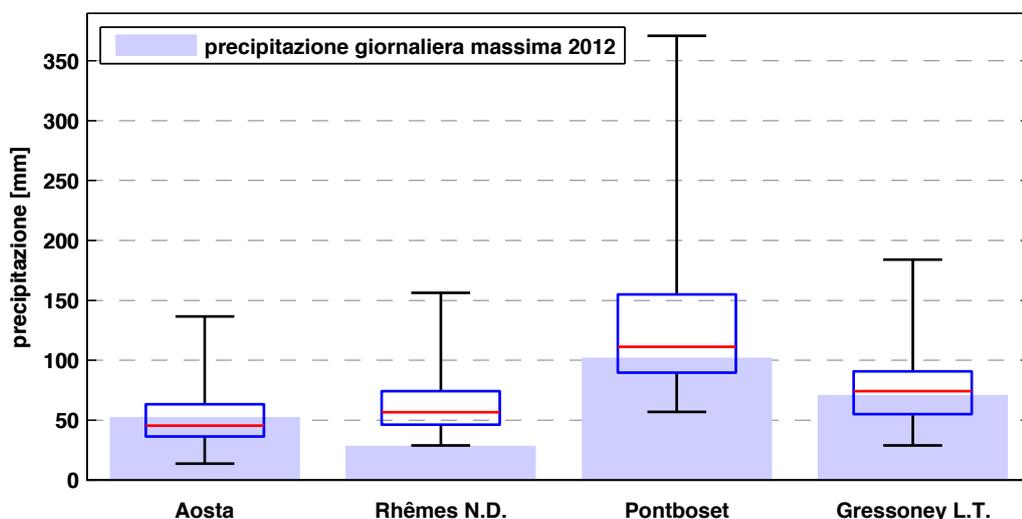


Fig. 1.20. Precipitazioni giornaliere massime del 2012 a confronto con i dati delle serie storiche.

Indici climatici

In questo paragrafo si confrontano con i dati storici, per le 4 stazioni prese a riferimento, gli indici climatici introdotti nel paragrafo 1.1. La tabella 1.7 riporta i valori degli indici calcolati per le quattro stazioni in esame per il 2010.

Indici di precipitazione 2012 [numero giorni in un anno]	Aosta	Rhêmes N.D.	Pontboset	Gressoney L.T.
Giorni di pioggia	87	117	92	102
Giorni di pioggia forte	2	2	9	9
Giorni di pioggia molto forte	1	0	4	2
Numero massimo di giorni consecutivi di pioggia	5	5	5	6
Numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia	48	31	33	31

Tab. 1.7. Indici di pioggia del 2012 per le quattro stazioni in esame.

Il numero di giorni di pioggia, ossia con precipitazione misurata uguale o superiore a 1 mm, varia per le quattro stazioni: dal grafico in figura 1.21 si nota che per la zona di Aosta, in un anno sono misurati mediamente circa 70 giorni di pioggia, mentre per Gressoney-La-Trinité il numero medio di giorni di pioggia è di poco inferiore a 100. Questo rispecchia il diverso regime pluviometrico delle zone di appartenenza delle quattro stazioni.

Il numero di giornate piovose del 2012 (figura 1.21) risulta superiore al valore mediano, per tutte le stazioni, nonostante le precipitazioni totali siano inferiori alla norma.

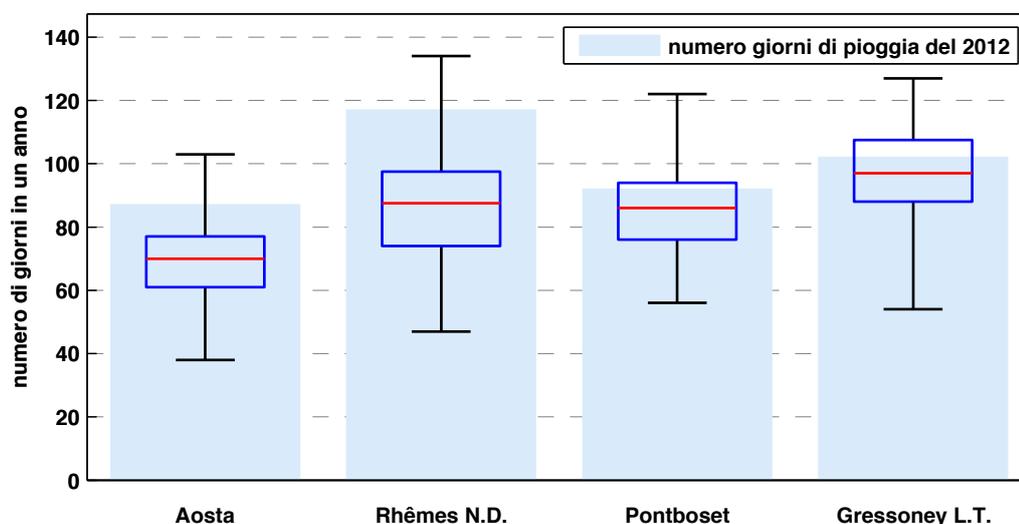


Fig. 1.21. Numero di giorni di pioggia del 2012 a confronto con i dati delle serie storiche.

Il numero di giorni di pioggia forte è generalmente maggiore a Pontboset rispetto alle altre stazioni, dove risulta mediamente 13 giorni e dove non sono mai stati misurati più di 25 giorni di pioggia forte. Per la stazione di Aosta la media è di 4 giorni di pioggia forte in un anno e per Rhêmes-Notre-Dame e Gressoney-La-Trinité rispettivamente 8 e 9 giorni. Il massimo numero di giorni di pioggia forte è stato registrato ad Aosta nel 1901 (11 giorni), a Rhêmes-Notre-Dame nel 1978 (16 giorni), a Pontboset nel 1977 (25 giorni) e a Gressoney-La-Trinité nel 1918 (21 giorni).

Il numero di giorni di pioggia forte del 2012, rispetto ai dati storici a disposizione, risulta coincidente con il valore mediano per la stazione di Gressoney-La-Trinité e inferiore alla norma per le altre stazioni.

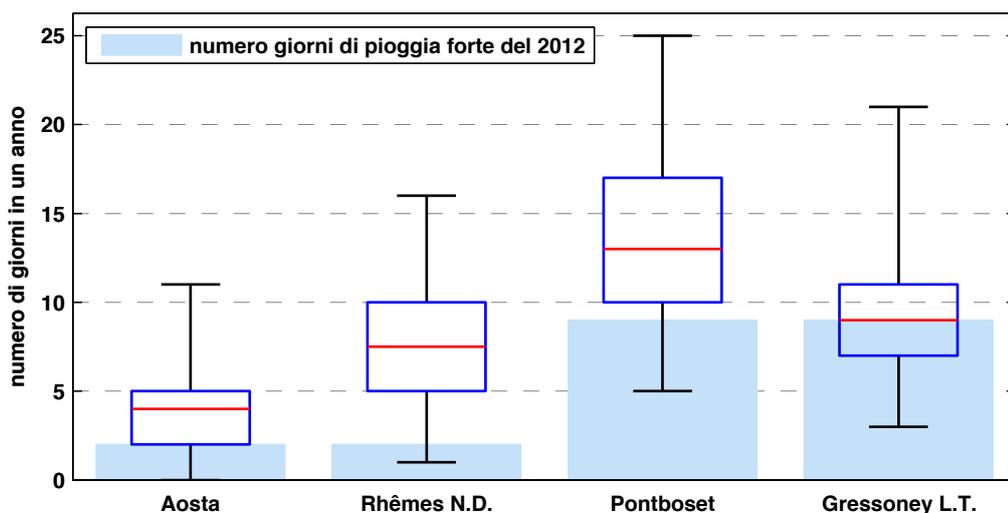


Fig. 1.22. Numero di giorni con precipitazione superiore a 15 mm.

Il numero di giorni con precipitazione superiore a 45 mm (figura 1.23), per il 2012, coincide con il valore mediano della serie storica per la stazione di Aosta, mentre è inferiore alla norma per le stazioni di Rhêmes-Notre-Dame, di Pontboset e di Gressoney-La-Trinité.

Dai dati delle serie storiche emerge che, mediamente, il numero di giorni di pioggia molto forte varia tra un solo giorno in un anno ad Aosta e 6 giorni all'anno a Pontboset. I massimi valori delle serie si hanno in corrispondenza degli anni 1918 (ad Aosta), 1928 (a Rhêmes-Notre-Dame), 1977 (a Pontboset) e 1918 (a Gressoney-La-Trinité).

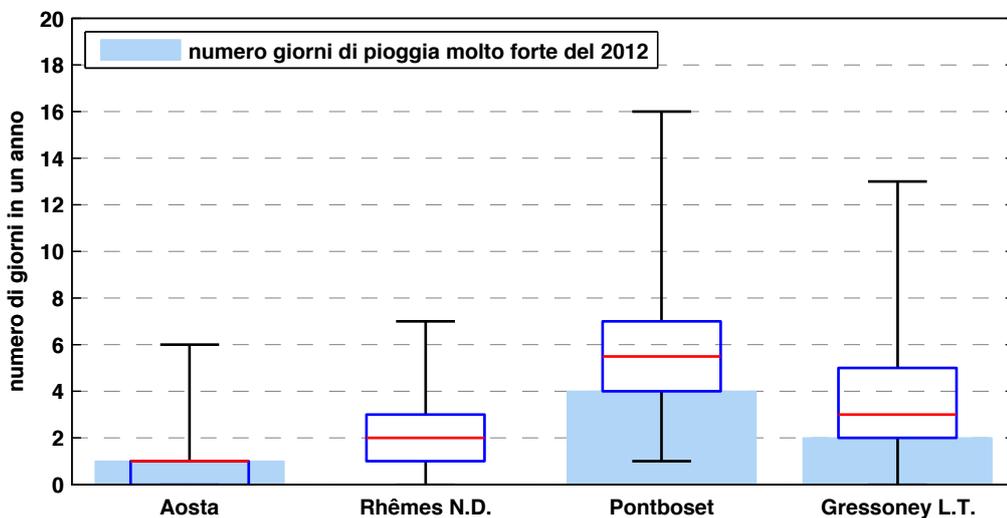


Fig. 1.23. Numero di giorni con precipitazione superiore a 45 mm.

2. TEMPERATURE

Il presente capitolo è diviso in due parti. Nella prima parte sono descritte le temperature misurate da tutte le stazioni meteorologiche poste sul territorio valdostano; l'attenzione è in seguito focalizzata su un campione rappresentativo di dodici di queste stazioni, per le quali sono introdotti alcuni indici climatici; per tre di queste gli indici sono calcolati, inoltre, con dettaglio mensile.

La seconda parte è dedicata al confronto tra le temperature misurate in quattro stazioni (Saint-Christophe, Issime, Valgrisenche e Gressoney-La-Trinité) e le loro serie storiche. Le stazioni scelte sono quelle che presentano una serie di dati lunga almeno 30 anni e giudicata sufficientemente affidabile. Non coincidono con quelle scelte per il confronto dei dati di precipitazione, poiché, storicamente, non in tutte le stazioni sono state misurate entrambe le grandezze e, inoltre, molte serie di dati di temperatura sono risultate non omogenee.

“MASSIME & MINIME ...”

Il 2012 è stato un anno tra i più caldi dell'ultimo trentennio, la cui temperatura media tuttavia è in linea con quella degli ultimi 12 anni; tra gli eventi da segnalare, si ricorda un periodo di freddo intenso nella prima metà di febbraio seguito da un rapido aumento della temperatura e da un mese di marzo particolarmente mite; le temperature più elevate sono state raggiunte nella seconda metà del mese di agosto, che ha registrato valori superiori alla media in particolare alle quote più alte.

Nel grafico in figura 2.1 è rappresentato l'andamento delle temperature massime e minime giornaliere, misurate nella stazione meteorologica di Aosta situata in piazza Plouves. Da notare l'andamento della temperatura nel mese di febbraio, caratterizzato da minime decisamente inferiori allo zero, nelle prime due settimane, e da un successivo rapido aumento fino al raggiungimento, nell'ultima settimana, di valori tipici della tarda primavera, con massime superiori a 20 °C. Nel mese di marzo la temperatura si mantiene in linea con i valori raggiunti a fine febbraio: ne risulta un mese mediamente più caldo della media storica di circa 2 °C. Nel mese di aprile si registra una diminuzione della temperatura, che ritorna in linea con la media stagionale. Da notare una brusca diminuzione delle temperature massime a metà del mese di maggio e un picco superiore ai 35 °C nella terza settimana di agosto. I mesi successivi vedono una graduale diminuzione delle temperature, in linea con le medie stagionali, fino alla seconda metà di dicembre, quando si osserva un aumento delle massime e delle minime, ritornando a valori simili al mese di novembre.

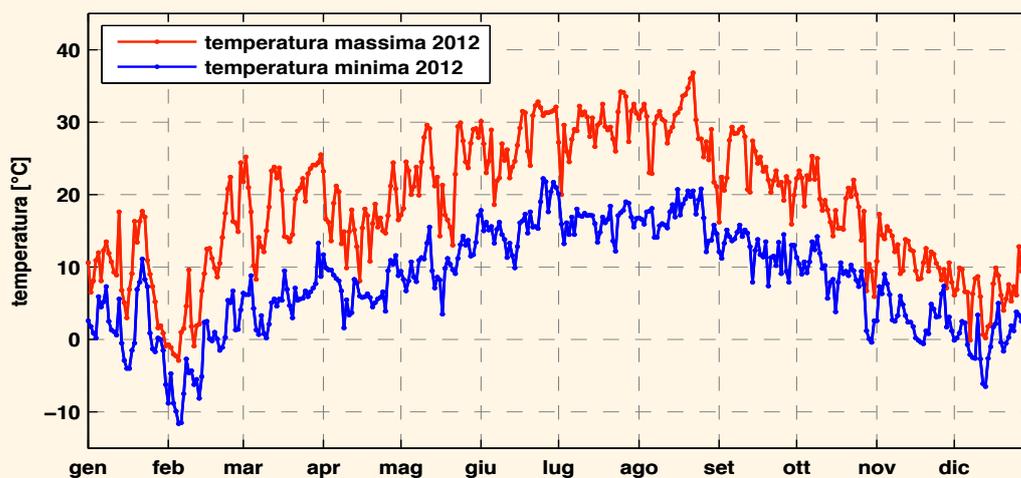


Fig. 2.1. Temperature massime e minime giornaliere misurate dalla stazione meteorologica di Aosta, situata in piazza Plouves.

2.1 IL 2012 IN VALLE D'AOSTA

Temperatura media annuale

La temperatura dell'aria, in prossimità del suolo, oscilla giornalmente tra un valore minimo, raggiunto generalmente poco prima del sorgere del sole, e un valore massimo, nelle prime ore pomeridiane.

In base ai dati registrati ad intervalli regolari (generalmente uguali o inferiori all'ora) da ogni stazione meteorologica è, quindi, possibile determinare i valori di temperatura massima, minima e media giornaliera. Il valore di temperatura media giornaliera varia ovviamente durante l'anno, in base alle stagioni, essendo minimo in inverno e massimo in estate.

Per ogni località in cui è situata una stazione meteorologica, dalle temperature medie giornaliere è di conseguenza possibile ricavare la temperatura media annua. Il valore di temperatura media annua è strettamente legato alla quota: ogni 100 metri la temperatura diminuisce mediamente di 0.58 °C. In base a queste osservazioni e ai dati ricavati dalle stazioni meteorologiche distribuite sul territorio regionale, è stato possibile produrre una carta delle temperature medie di tutto il territorio regionale.

Dalla carta in figura 2.2, per esempio, si evince che ad Aosta la temperatura media del 2012 è compresa tra 9 e 12 °C.

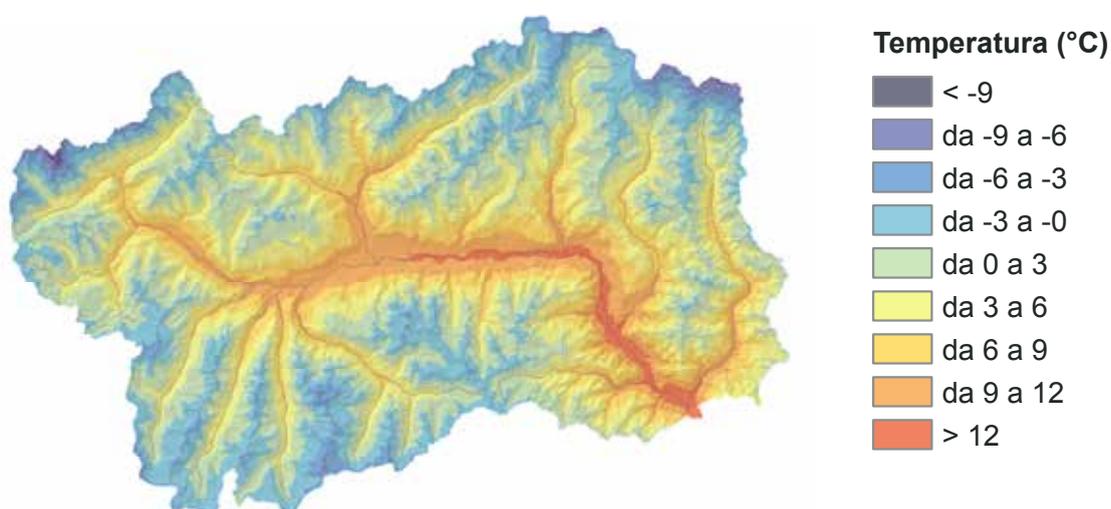


Fig. 2.2. Carta della temperatura media annuale del 2012.

La quota non è l'unico parametro da cui dipende la temperatura, che varia anche a seconda dell'esposizione, della vegetazione, della copertura nevosa, etc.

Tentativi di realizzare mappe che tenessero conto anche di questi fattori sono stati effettuati, tuttavia il lavoro non ha dato risultati apprezzabili; le differenze sono risultate, infatti, inferiori all'errore strumentale.

Calcolato per brevi intervalli di tempo, inferiori al giorno, il coefficiente con cui varia la temperatura rispetto alla quota (gradiente termico) non risulta costante perché influenzato anche da stagionalità, condizioni atmosferiche e inversione termica. Non è quindi possibile stabilire un valore del gradiente con validità permanente.

Diverso è il risultato per il gradiente termico calcolato per la temperatura media annua. Nel grafico in figura 2.3 ogni punto rappresenta la temperatura media annua di una stazione, in funzione della sua quota. I punti in arancione si riferiscono all'anno 2012, mentre quelli in grigio alla temperatura media degli anni precedenti (dal 2000 al 2011). Si può notare che i punti dello stesso colore si situano approssimativamente su una retta, evidenziata nel grafico, la cui inclinazione rappresenta il gradiente termico. Dall'analisi dei dati risulta che il valore del gradiente della temperatura media annua, per gli anni considerati, è compreso tra 0.56 °C e 0.58 °C ogni 100 metri. Ciò significa che la temperatura media annua diminuisce di circa 3 °C ogni 500 metri di quota.

Il grafico permette, inoltre, di confrontare la temperatura del 2012 con quella degli anni precedenti. Si deduce che a tutte le quote l'anno 2012 è stato di pochi decimi di grado più caldo della media di riferimento (circa 0.3°C).

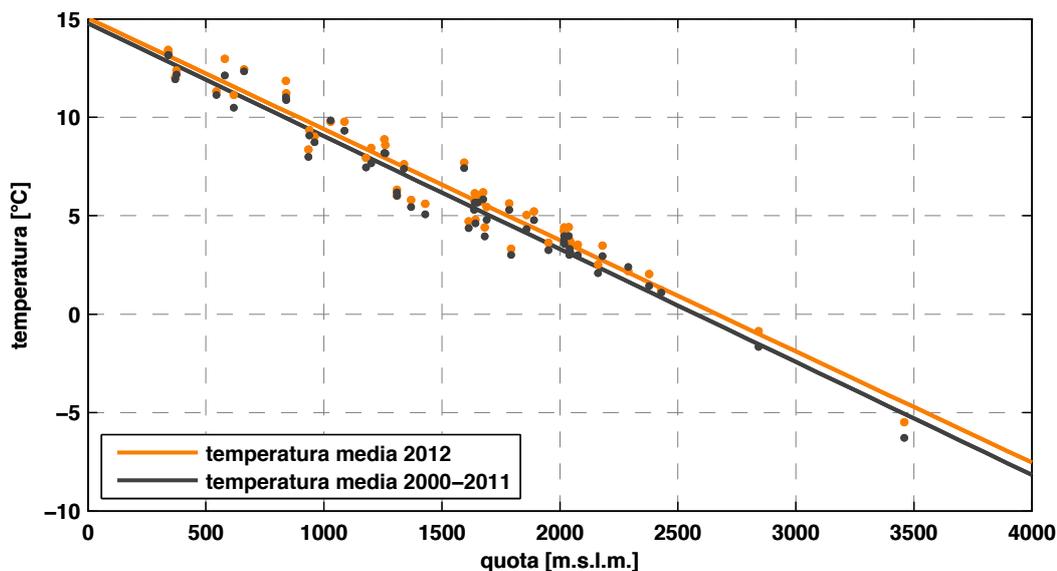


Fig. 2.3. Temperatura media annuale in funzione della quota. Confronto tra il 2012 e la media storica.

Temperature stagionali e mensili

In modo analogo sono state ottenute le mappe per le temperature medie stagionali. Per convenzione, sono state considerate le stagioni meteorologiche: l'inverno comprende i mesi di dicembre, gennaio e febbraio, la primavera i mesi da marzo a maggio, l'estate quelli di giugno, luglio e agosto, e l'autunno il periodo compreso tra settembre e novembre. L'inverno del 2012 comprende, quindi, anche il mese di dicembre del 2011, mentre il mese di dicembre 2012 non è stato incluso in questo tipo di elaborazione.

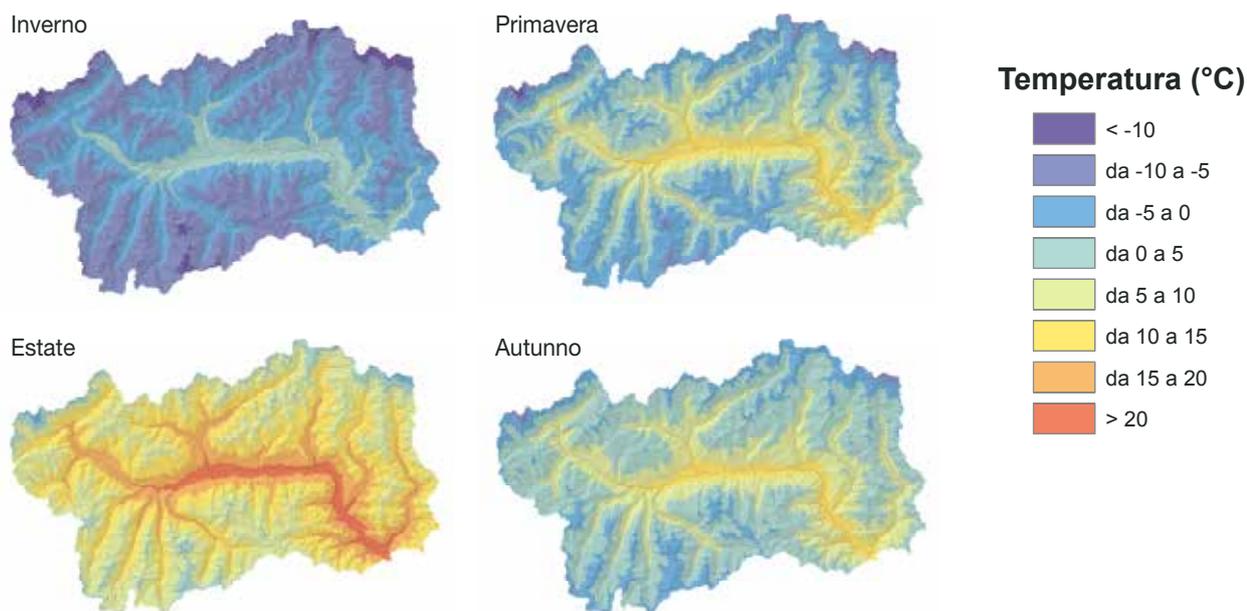


Fig. 2.4. Carte delle temperature medie stagionali del 2012.

Dalle carte in figura 2.4 si può osservare, ad esempio, che la temperatura media di Aosta è compresa tra 0 e 5 °C in inverno, mentre è superiore a 20 °C in estate.

Anche per quanto riguarda le stagioni, la temperatura media varia in maniera uniforme rispetto alla quota. Possiamo, quindi, calcolare il gradiente termico della temperatura media stagionale per il 2012 e confrontarla con il valore ottenuto per gli anni precedenti. Il risultato è riportato nei grafici seguenti (figura 2.5): si osservi che la temperatura invernale è stata superiore alla temperatura media degli inverni precedenti, solo alle basse quote, mentre le temperature primaverili e estive superano la media alle quote più alte. La temperatura autunnale risulta perfettamente in linea con la media degli ultimi 12 anni.

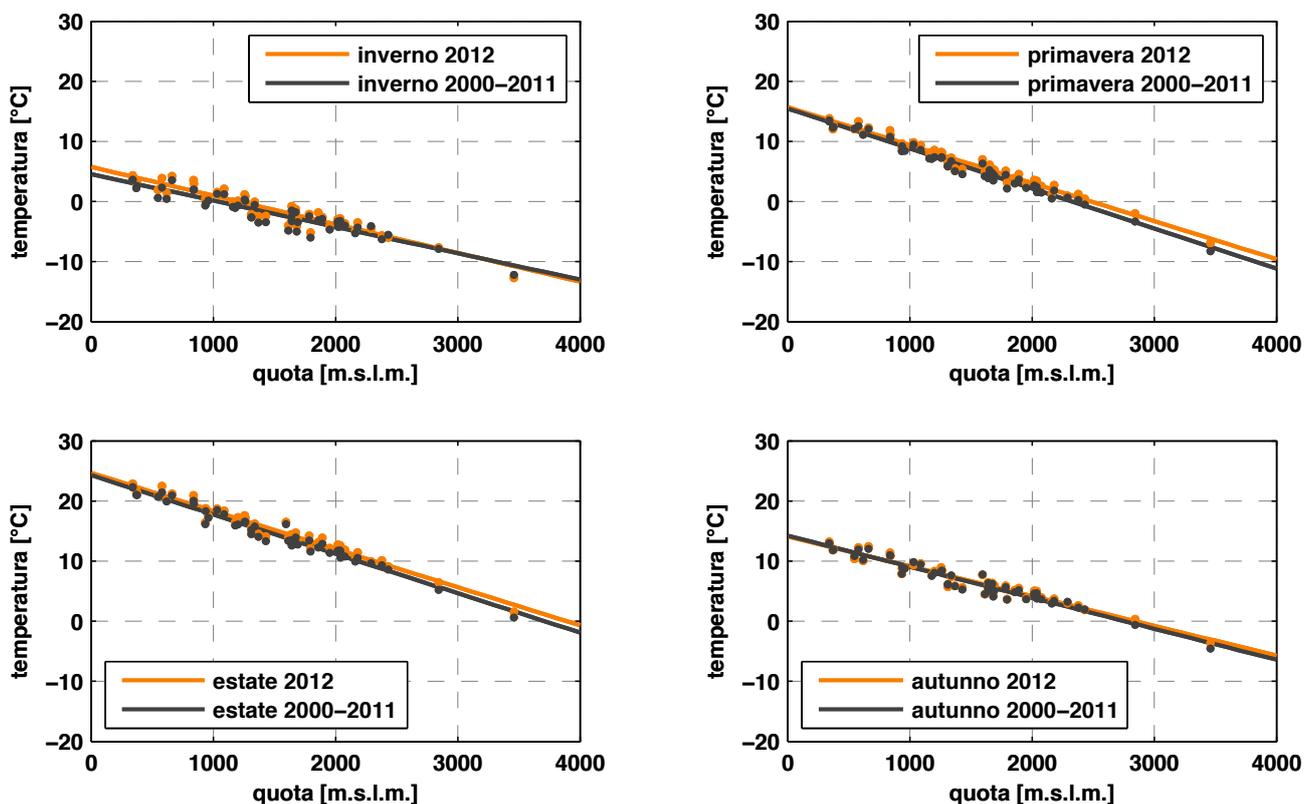


Fig. 2.5. Temperature medie stagionali in funzione della quota.

Nel grafico in figura 2.6 è riportata la temperatura media mensile valutata alla quota di 2100 m s.l.m., ossia la quota media del territorio valdostano. La temperatura media mensile del 2012 è comparata alle temperature medie mensili calcolate negli anni precedenti, dal 2000 al 2011, i cui valori sono inclusi nei rettangoli colorati.

La temperatura media dei mesi di gennaio, marzo e agosto risulta superiore alla media degli anni precedenti: agosto è stato il mese più caldo dell'anno, e la sua temperatura media è stata di circa 2 °C superiore a quella degli anni precedenti; la temperatura media del mese di marzo è stata di ben 3.5 °C superiore alla media dei 12 anni precedenti; la temperatura media di gennaio ha superato di circa 1 °C la media storica.

Il mese più freddo dell'anno è stato febbraio la cui temperatura media risulta inferiore di circa 2 gradi rispetto alla media storica. La temperatura media dei mesi di aprile e dicembre risulta inferiore alla media storica di circa 1 °C.

In particolare, le temperature di gennaio sono state superiori alla media, soprattutto alle basse quote, a causa della prevalenza di una circolazione atmosferica con correnti nord-occidentali che ha implicato frequenti episodi di foehn, configurazione del tutto analoga a quella registrata nel dicembre 2011.

Nelle figure 2.7 e 2.8 sono analizzate più dettagliatamente le condizioni meteorologiche dei mesi di febbra-

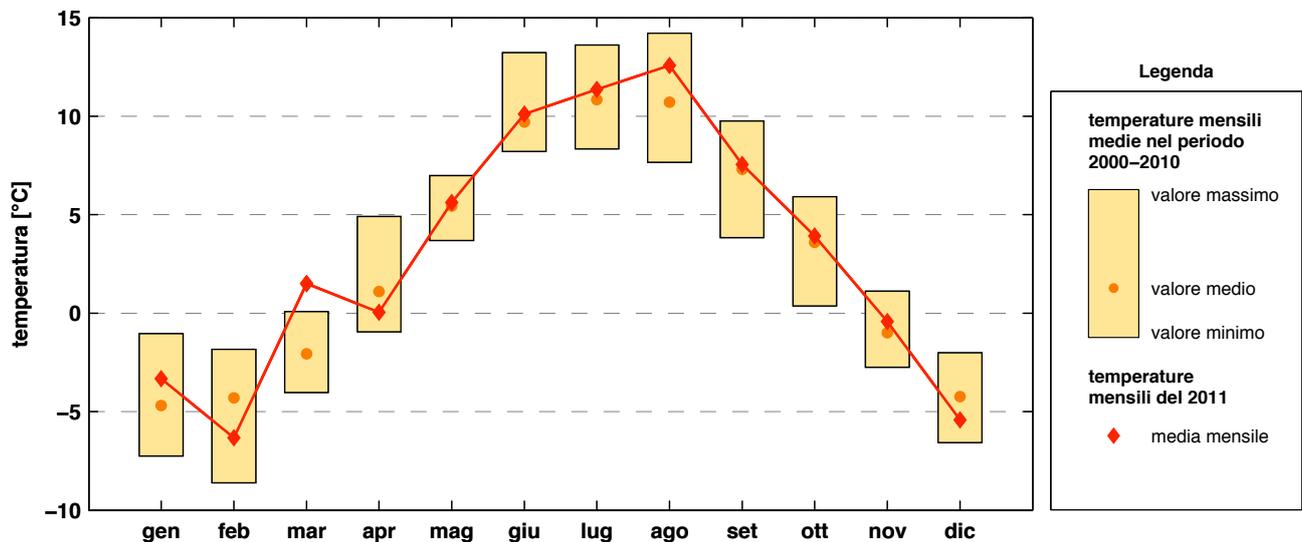


Fig. 2.6. Temperature medie mensili del 2012 a confronto con le medie mensili degli ultimi 12 anni.

io e di agosto 2012, che presentano alcune anomalie interessanti. Il tipo di elaborazione in figura 2.7 è analogo a quelle precedenti, e permette il confronto della temperatura media mensile del 2012 e la media di quelle ottenute negli anni precedenti (dal 2000 al 2011).

Il mese di febbraio è stato mediamente più freddo rispetto alla media storica, a tutte le quote. Dall'analisi delle carte di geopotenziale medio (figura 2.8), utilizzate per identificare le strutture meteorologiche principali che hanno caratterizzato il periodo in esame, si può notare che il mese di febbraio è caratterizzato dalla presenza su gran parte dell'Italia di una struttura depressionaria con associata aria fredda proveniente dall'Europa nord-orientale; la Valle d'Aosta, a differenza di buona parte del resto dell'Italia, di cui si ricordano le abbondanti nevicate, è stata però caratterizzata da un mese secco poiché le fredde correnti nord-orientali portano, nella nostra Regione, fenomeni precipitativi marginali.

Il mese di marzo è stato caratterizzato dalla quasi costante presenza dell'anticiclone delle Azzorre, che si è mosso rispetto al mese precedente verso est, garantendo così bel tempo, cielo sereno e alte temperature.

Il mese di agosto vede tutta l'Italia interessata da aria calda proveniente dal nord-Africa (figura 2.8), che ha provocato temperature record in sud-Italia; in Valle d'Aosta si sono registrate temperature superiori alla media (figura 2.7) ma con valori massimi all'interno della variabilità storica.

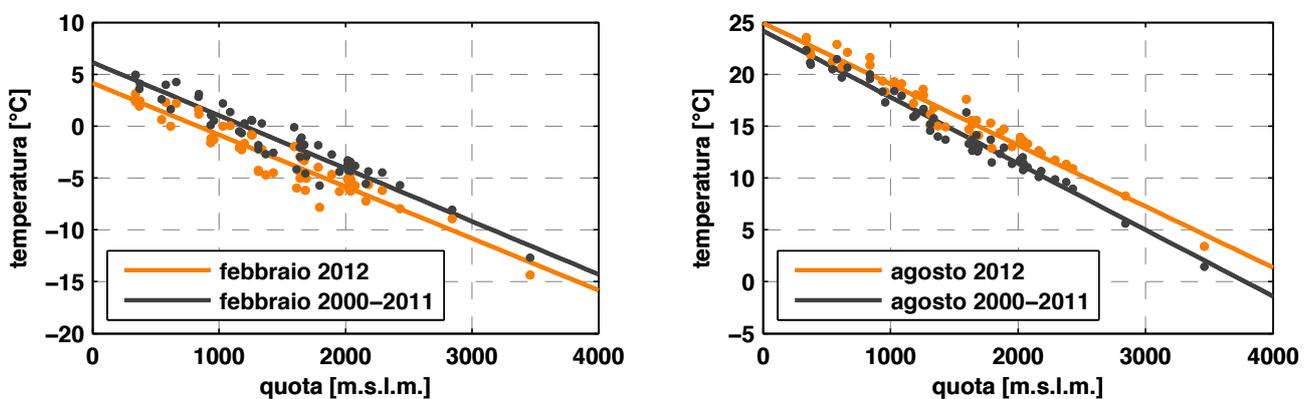


Fig. 2.7. Temperature medie dei mesi di febbraio (a) e agosto (b) in funzione della quota.

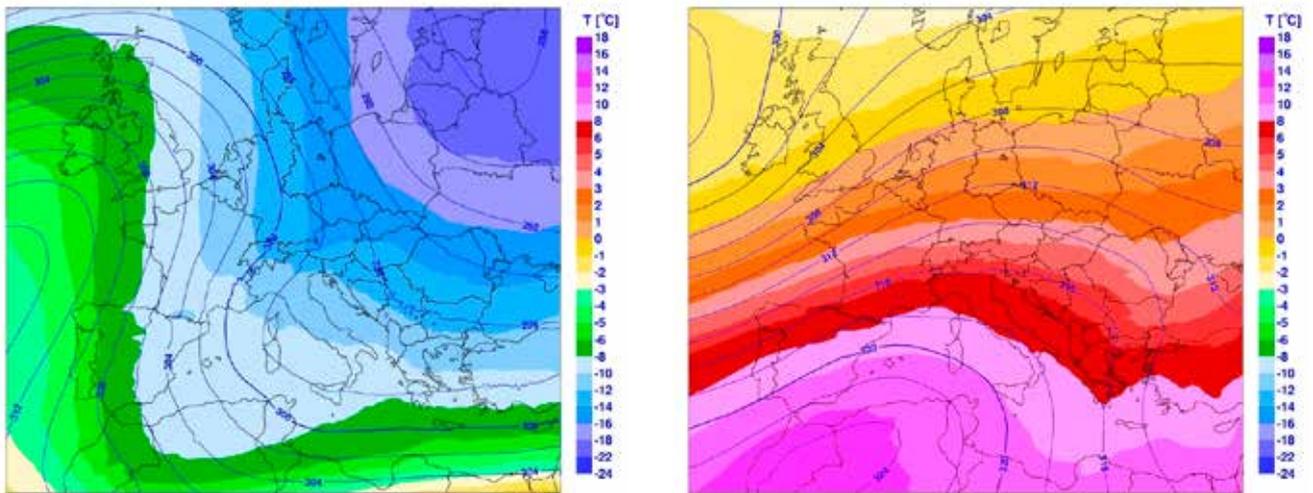


Fig. 2.8. Carta di geopotenziale medio mensile a 700 hPa dei mesi di febbraio (a) e agosto (b) 2012.

Zero termico

Lo zero termico indica l'altitudine al di sopra della quale la temperatura dell'aria rimane inferiore a 0°C. In condizioni atmosferiche "normali" la temperatura dell'aria diminuisce via via che ci si allontana dalla superficie terrestre, di conseguenza a quote inferiori allo zero termico la temperatura risulta positiva; non si può affermare lo stesso in caso di inversione termica (situazione frequente nei mesi invernali), quando, pur con una quota dello zero termico elevata, si possono osservare temperature nei fondovalle inferiori allo zero: bisogna quindi ricordare che, in generale, lo zero termico è la quota più alta, nella troposfera, alla quale si toccano gli 0°C.

È utile conoscere la quota dello zero termico perché, in caso di precipitazioni, è di grande aiuto per individuare la quota alla quale le precipitazioni passano dallo stato solido (neve) a quello liquido (pioggia), detta *quota neve*. In genere la quota neve si situa tra i 300 e i 700 metri al di sotto dello zero termico.

Bisogna, inoltre, precisare che lo zero termico si riferisce alla temperatura dell'aria misurata in libera atmosfera, ossia ad una distanza sufficiente dalla superficie terrestre per non risentire dei cicli giornalieri di riscaldamento e raffreddamento del suolo.

Lo zero termico si misura tramite palloni sonda, ossia un pallone aerostatico che, sollevandosi, trasporta vari sensori tra cui un termometro con lo scopo di misurare la temperatura dell'aria a diverse quote.

In montagna la quota a cui si misurano 0°C dalle stazioni meteorologiche poste sul territorio può variare considerevolmente rispetto allo zero termico, a seconda delle condizioni meteorologiche: se il cielo è sereno, e il vento debole, durante il giorno la quota a cui la temperatura dell'aria raggiunge gli 0°C può essere più elevata dello zero termico (tranne nel caso di versanti costantemente in ombra), mentre di notte può essere decisamente più bassa; se il cielo è coperto, invece, la quota a cui si misurano 0°C al suolo tende a coincidere, sia di giorno sia di notte, con lo zero termico in libera atmosfera.

I valori di zero termico riportati nelle elaborazioni seguenti sono stati ottenuti in base ad un'interpolazione dei dati trasmessi dalle stazioni meteorologiche (poste generalmente a 2 metri dal suolo). Lo zero termico così ottenuto è chiaramente influenzato dalla conformazione del terreno; per minimizzare questo problema dall'insieme di stazioni sono state scartate quelle poste nel fondovalle che hanno cicli termici accentuati e frequenti fenomeni di inversione termica.

Nel grafico in figura 2.9 è rappresentata gli andamenti della quota massima e della quota minima giornaliera dello zero termico.

Nei mesi invernali lo zero termico è variato tra la quota minima della Valle d'Aosta (300 m s.l.m.) e circa 3700 m s.l.m. raggiunti nell'ultima settimana di febbraio.

Nei mesi estivi la quota minima dello zero termico è risultata 2300 m s.l.m. circa, raggiunti nelle notti del mese di giugno e di fine agosto; mentre i picchi massimi, intorno ai 5500 m s.l.m., sono stati raggiunti a fine luglio (più precisamente il 26) e nella seconda metà di agosto (nei giorni 19 e 20).

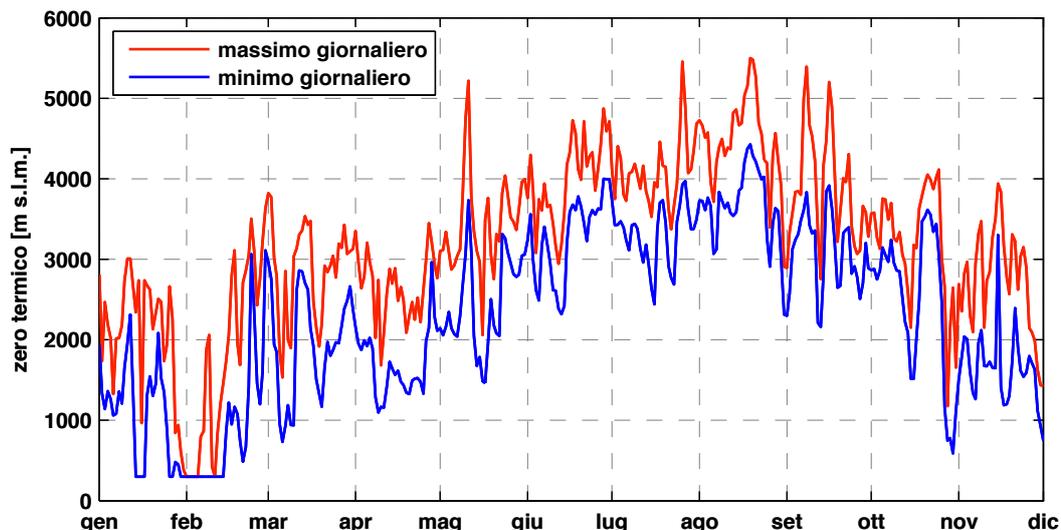
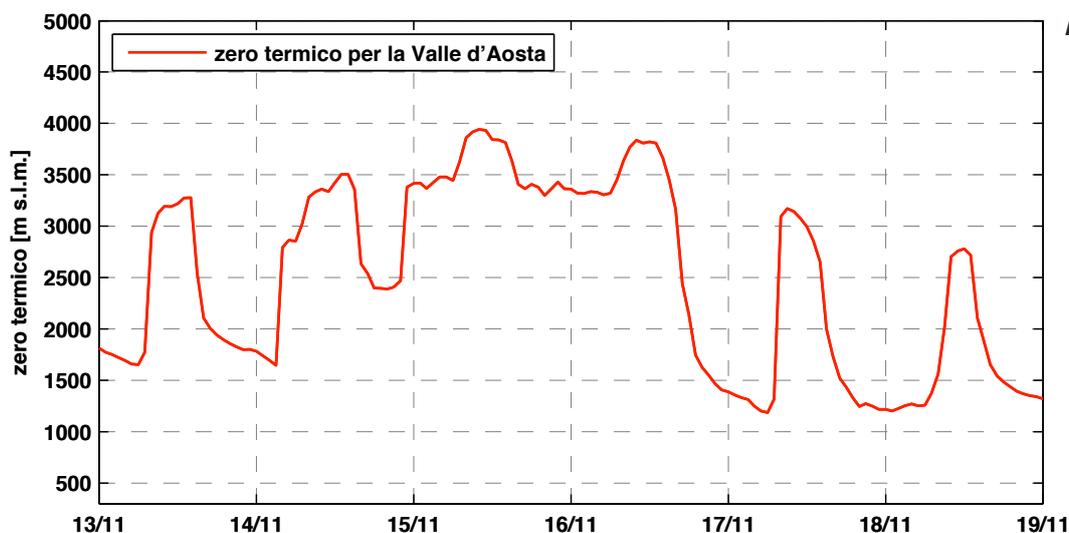


Fig. 2.9. Zero termico 2012.

La quota dello zero termico, come già detto, coincide con la quota più alta alla quale si toccano gli 0°C, dunque in condizioni di inversione termica si possono osservare temperature ben al di sotto dello zero anche a quote inferiori. Infatti in questi casi la temperatura non ha un andamento lineare rispetto alla quota ed è possibile che stazioni poste nel fondovalle registrino temperature inferiori a quelle poste sui versanti, come nell'esempio illustrato nei grafici in figura 2.10. I grafici permettono il confronto tra l'andamento dello zero termico e quello della temperatura misurata presso tre stazioni, scelte come esempio, nei giorni dal 13 al 19 novembre 2012. Le stazioni rappresentate nel grafico sono quelle di Saint-Christophe (quota 545 m s.l.m.), di Cogne Grand-Crot (quota 2279 m s.l.m.) e di Courmayeur Punta Helbronner (quota 3460 m s.l.m.). Si osserva che lo zero termico supera, in particolare nei giorni 15 e 16 novembre, i 3000 m s.l.m., tuttavia la temperatura minima registrata a Saint-Christophe, a quote ben inferiori, è risultata al di sotto dello zero; la temperatura minima misurata a Cogne, negli stessi giorni, è invece positiva, mentre quella di Punta Helbronner è inferiore a zero, tuttavia superiore a quella misurata a Saint-Christophe.



A.

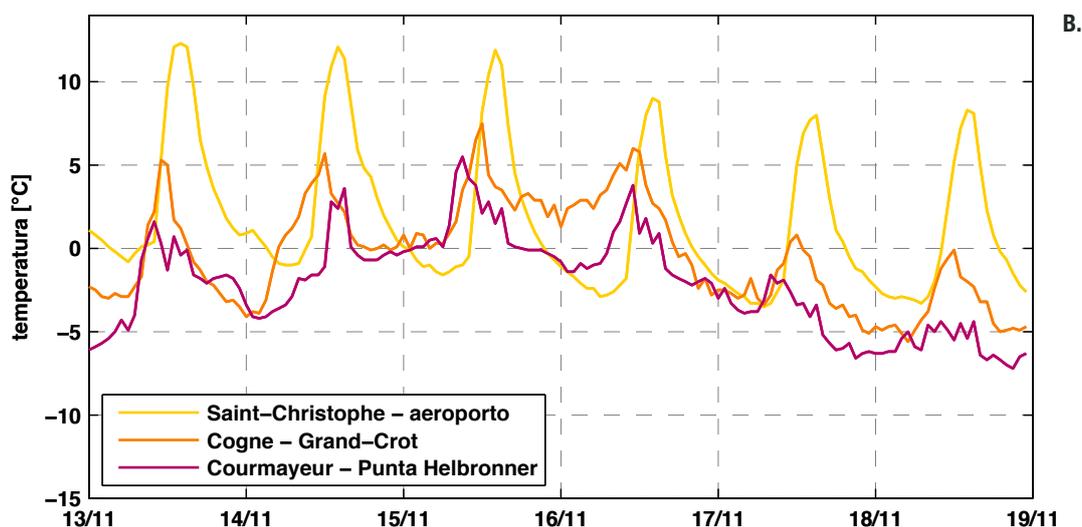


Fig. 2.10. Andamento dello zero termico (A) e della temperatura (B) dal 13 al 19 novembre 2012.

Indici climatici per dodici stazioni rappresentative

Nelle pagine seguenti sono riportate alcune elaborazioni effettuate per un campione di dodici stazioni ritenute rappresentative del territorio regionale.

Le stazioni esaminate sono state scelte a titolo di esempio tra quelle della rete di monitoraggio, situate a quote comprese tra i 375 e i 2842 m s.l.m. La quota è la grandezza che maggiormente influisce sulla temperatura, per cui si è scelto di rappresentare nei grafici le stazioni in ordine di quota. Per ognuna delle stazioni è stato calcolato il valore di alcuni semplici indici climatici relativi all'anno 2012; in seguito è presentato il dettaglio mensile di tali indici solamente per tre di queste stazioni, per ovvi motivi di sintesi.

Stazione meteorologica (comune)	Località	Quota [m s.l.m.]
Verrès	Capoluogo	375
Aosta	piazza Plouves	580
Morgex	Capoluogo	938
Pontboset	Fournier	1087
Lillianes	Granges	1256
Fénis	Clavalité	1531
Rhêmes-Notre-Dame	Chaudanne	1794
Ayas	Alpe Aventure	2080
Valsavarenche	Orvielle	2170
Saint-Rhémy-en-Bosses	Gran San Bernardo	2360
Valtournenche	Lago Goillet	2541
Morgex	Lavancher	2842

Tab. 2.1. Località e quota di 12 stazioni scelte nella rappresentazione degli indici climatici.

• Temperature massime e minime

Nella tabella 2.2 sono riportate le temperature massime e minime registrate nel 2012 dalle 12 stazioni esaminate, e la data relativa. Dalla tabella si evidenzia che le giornate più calde del 2012 sono quelle tra il 19 e il 22 agosto, quando la temperatura ha superato i 36 °C ad Aosta; unica eccezione la stazione di Verrès, in cui il giorno più caldo è stato il 25 giugno. Le giornate più fredde dell'anno sono state quelle tra il 4 e il 6 febbraio, quando le temperature minime sono risultate inferiori a -10 °C in tutta la Valle d'Aosta.

Stazione	T Max (°C)	Quando	T Min (°C)	Quando
Verrès	33.4	25 giugno	-10.1	6 febbraio
Aosta	36.8	22 agosto	-11.6	5 febbraio
Morgex	33.2	21 agosto	-17.3	5 febbraio
Pontboset	27.6	21 agosto	-13.3	5 febbraio
Lillianes	28.3	21 agosto	-14.4	5 febbraio
Fénis	27.8	19 agosto	-17.7	5 febbraio
Rhêmes-N.D.	25.7	21 agosto	-23.2	5 febbraio
Ayas	26.7	19 agosto	-18.2	5 febbraio
Valsavarenche	24.2	19 agosto	-24.2	5 febbraio
S.Rhémy-en-B.	24.4	19 agosto	-19.9	12 febbraio
Valtournenche	23.1	19 agosto	-21.0	5 febbraio
Morgex-L.	20.0	19 agosto	-22.3	4 febbraio

Tab. 2.2. Temperature massime e minime assolute misurate nel 2012.

• Temperature medie

La temperatura media annuale è ottenuta come media matematica delle temperature medie giornaliere calcolate per ogni stazione. Questo parametro fornisce un primo indice delle temperature annuali. È evidente che la temperatura media dipende dalla quota a cui sono situate le stazioni di misura, come già rilevato nei primi paragrafi di questo capitolo.

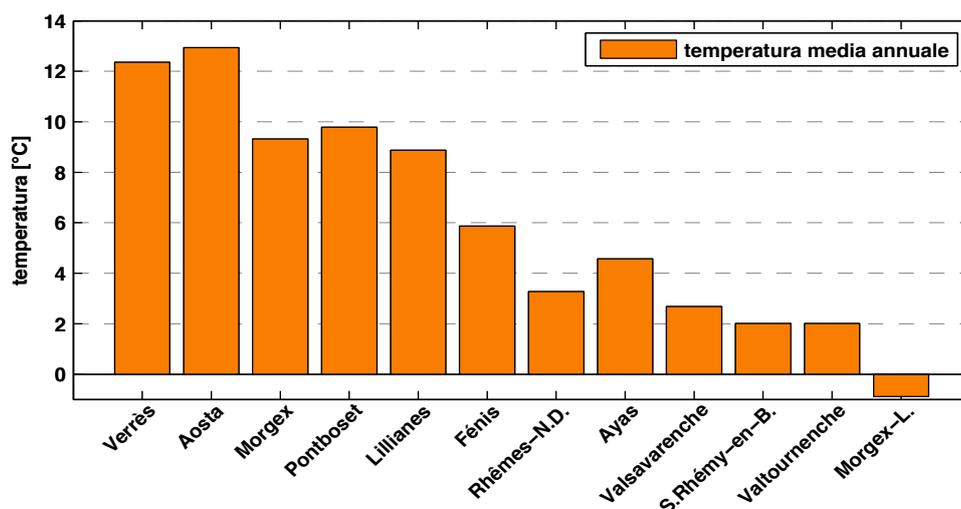


Fig. 2.11. Temperature medie annuali ricavate da dodici stazioni meteorologiche scelte come esempio.

• Giornate di gelo e ghiaccio

I *giorni di gelo* (FD) sono quelli in cui la temperatura minima è risultata inferiore a 0 °C. Nel 2012 il numero di giorni di gelo, per le stazioni esaminate, è compreso tra un minimo di 46 ad Aosta e un massimo di 247 a Morgex-Lavancher. I giorni in cui la temperatura si mantiene inferiore a 0 °C per tutte le 24 ore sono chiamati *giorni di ghiaccio* (ID). Nel 2012 sono stati rilevati 7 giorni di ghiaccio a Verrès e 107 a Morgex-Lavancher.

Si osservi l'andamento tendenzialmente crescente dei valori di questi due indici rispetto alla quota; si può supporre che le inversioni di tendenza siano dovute al contesto locale in cui è posizionata la stazione.

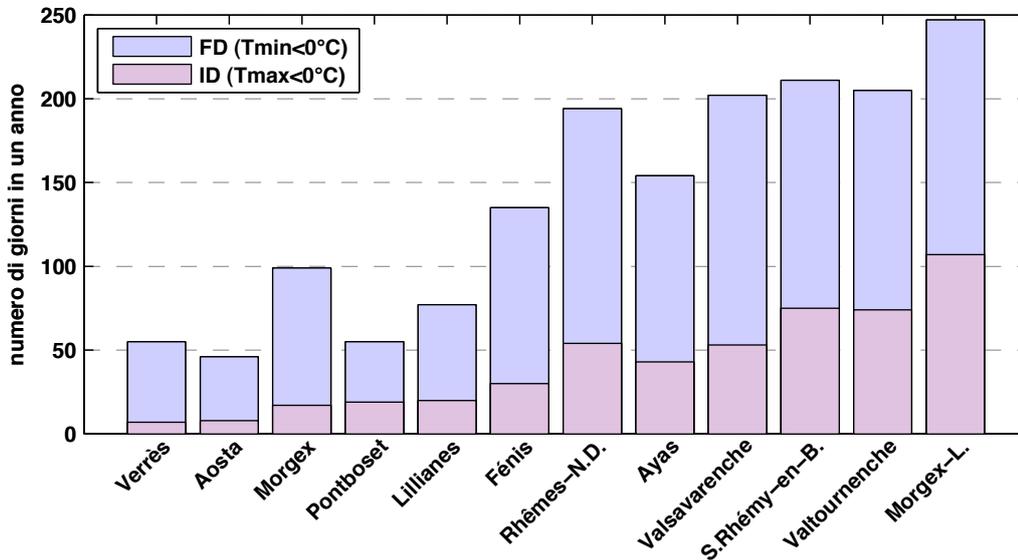


Fig. 2.12. Numero di giorni di gelo e di ghiaccio del 2012.

• Giornate estive e notti tropicali

Si considerano *giornate estive* (SU) quelle in cui la temperatura massima giornaliera supera i 25 °C. Il numero di giornate estive del 2012 è 98 ad Aosta, e diminuisce gradualmente fino ad annullarsi per le stazioni posizionate sopra i 2100 metri. Come indice climatico si considera, inoltre, il numero di notti in cui la temperatura minima rimane superiore a 20 °C (*notti tropicali* - TR); nel 2012 si sono registrate 10 notti tropicali per la stazione di Aosta (influenza della posizione in centro città), 2 per la stazione di Verrès e una a Pontboset e Lillianes.

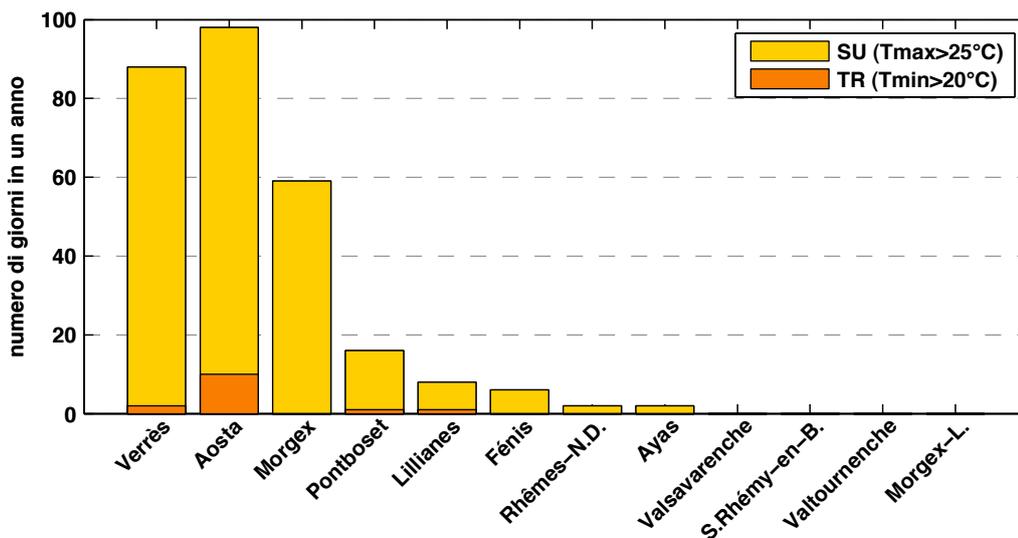


Fig. 2.13. Numero di giornate estive e di notti tropicali del 2012.

• Indici climatici mensili

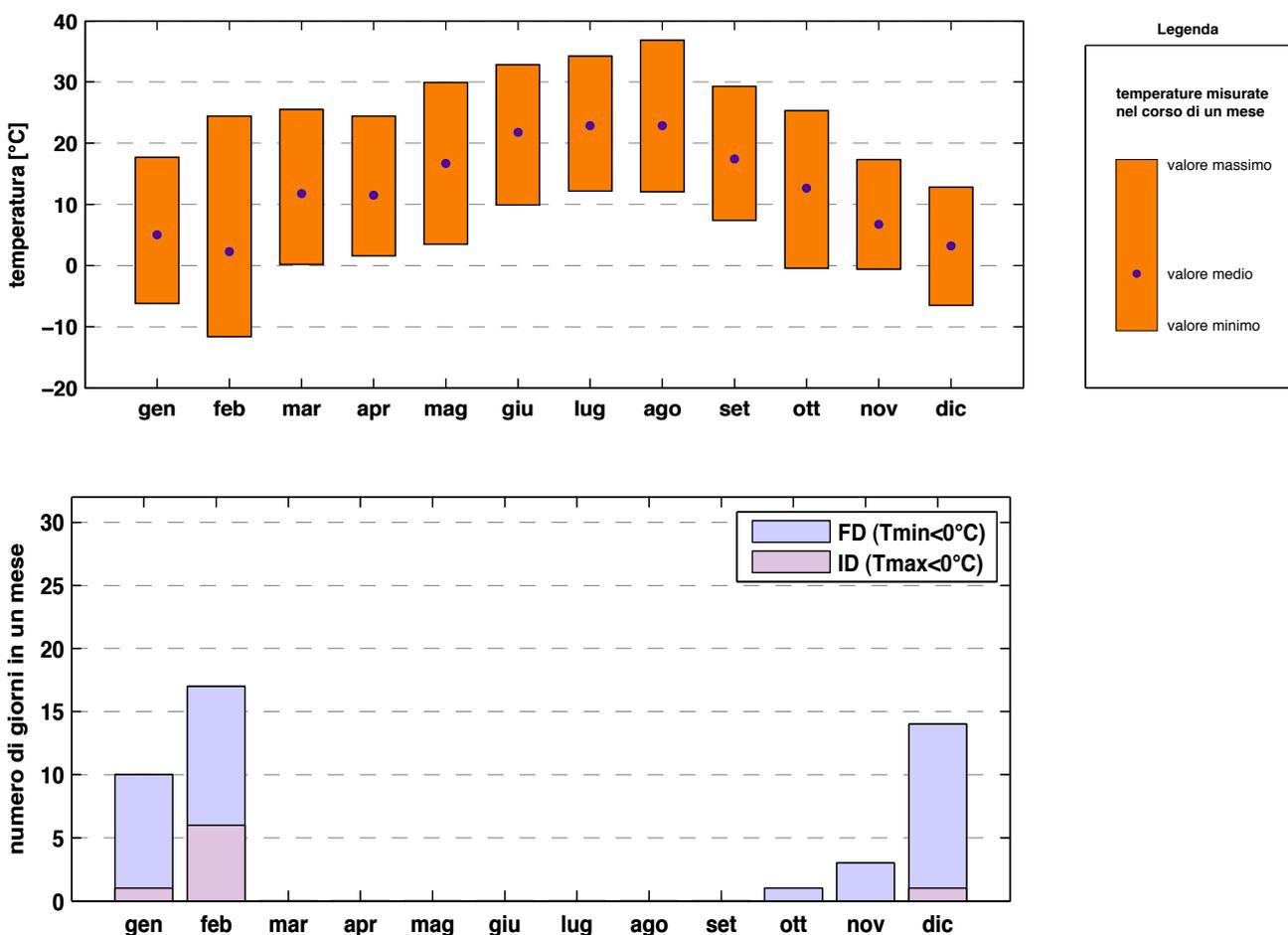
Nei grafici seguenti è rappresentato il dettaglio mensile degli indici climatici introdotti nelle pagine precedenti; tali indici sono rappresentati, per ovvi motivi di sintesi, solamente per tre stazioni del fondovalle (Aosta, Verrès e Morgex), scelte come esempio.

Si può notare che la temperatura media dei mesi estivi ha valori simili (punti viola), tuttavia lo spettro di temperature misurate negli stessi mesi non è lo stesso: per le stazioni di Aosta e Morgex è più ampio nel mese di agosto, quando sono state raggiunte punte superiori ai 35 °C; la temperatura media di agosto a basse quote risulta simile a quella degli anni precedenti, mentre è più alta in quota. Da osservare il mese di febbraio, il mese con lo spettro di temperature più ampio, dove la differenza tra la massima e la minima supera i 35 °C: infatti la prima parte del mese è stata caratterizzata da giornate molto fredde, seguite da un rapido innalzamento della temperatura, fino a raggiungere negli ultimi giorni del mese valori superiori a 20 °C. Febbraio è anche il mese che ha registrato il maggior numero di giorni di ghiaccio, ossia con temperatura massima inferiore a 0 °C.

Interessante notare come, per la stazione di Aosta, i mesi estivi abbiano temperatura media simile, tuttavia il maggior numero di giornate estive è stato registrato a luglio, mentre giugno è stato il mese con maggior numero di notti tropicali, e agosto il mese che ha registrato i picchi di temperatura più alti.

Da osservare la presenza di giornate estive a marzo (3 a Verrès e 2 ad Aosta).

AOSTA - PIAZZA PLOUVES



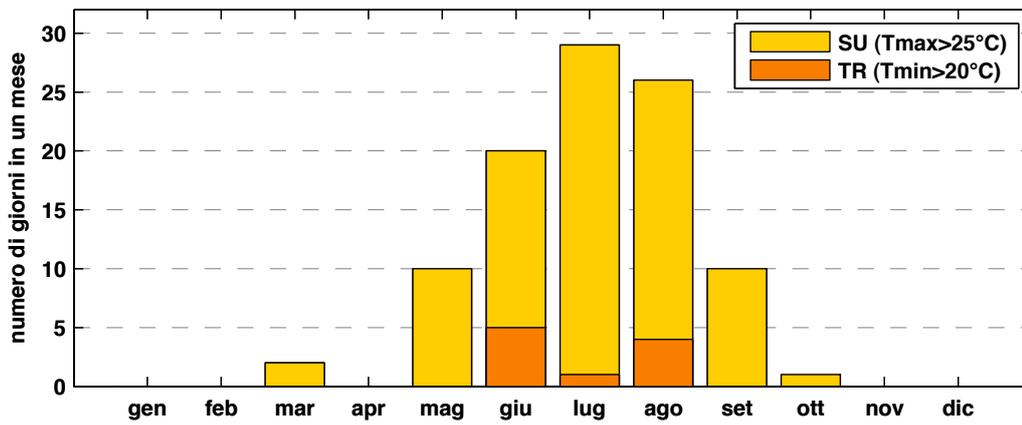
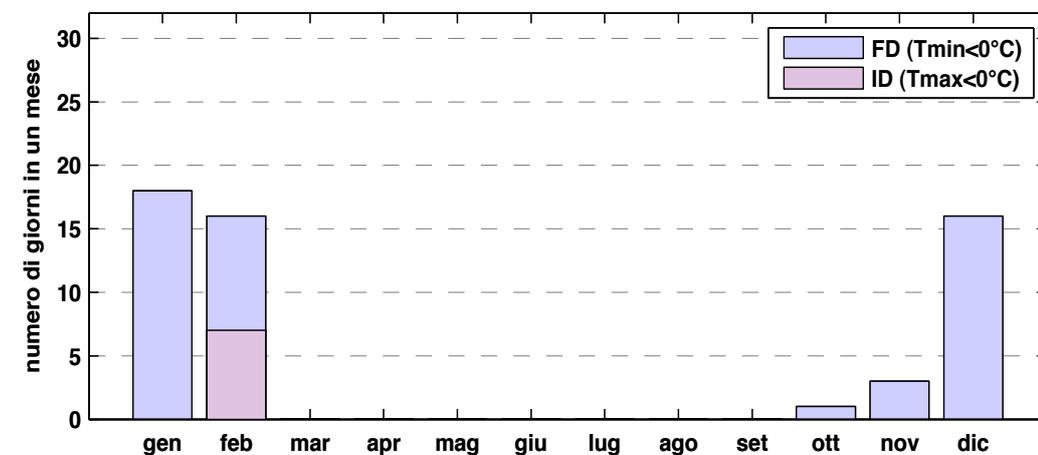
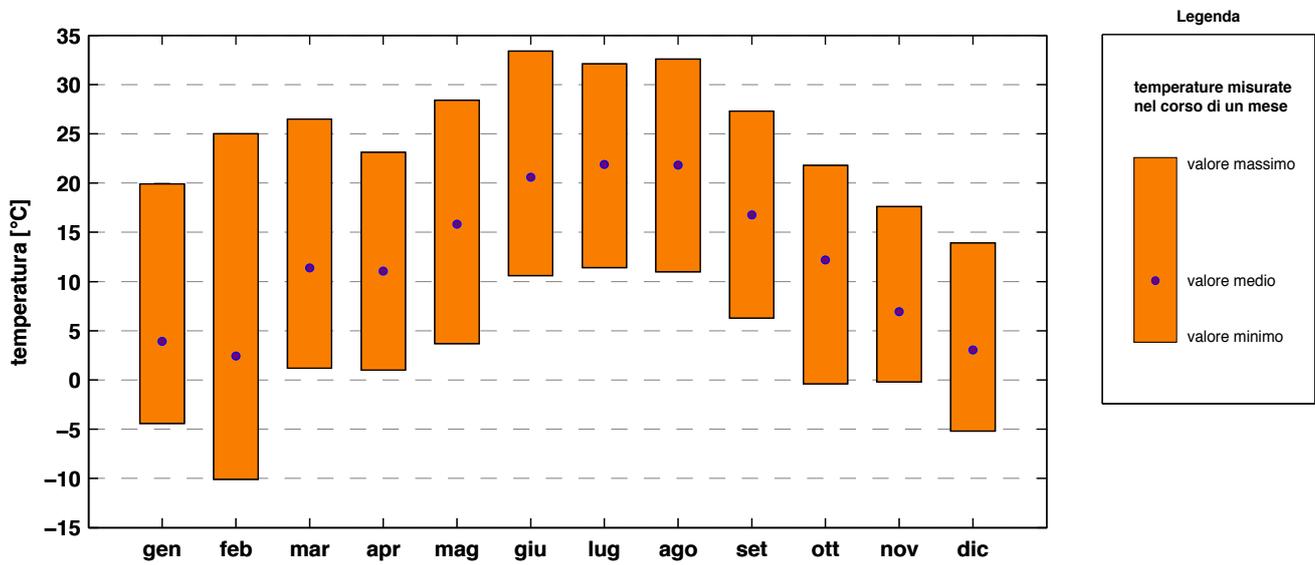


Fig. 2.14. Indici mensili del 2012 per la stazione di Aosta.

VERRÈS - CAPOLUOGO



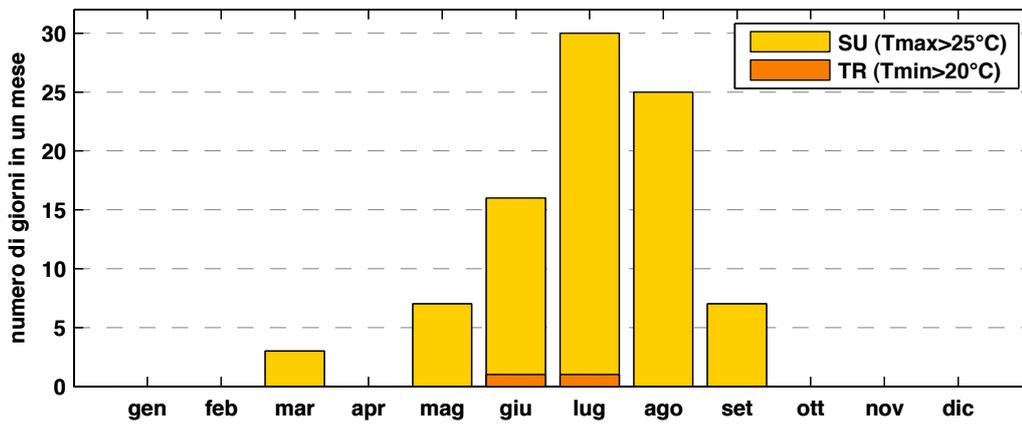
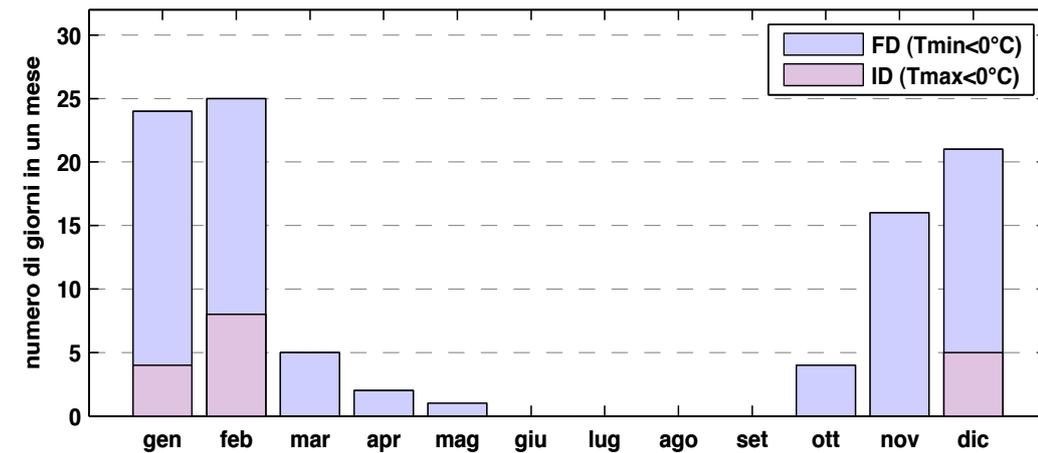
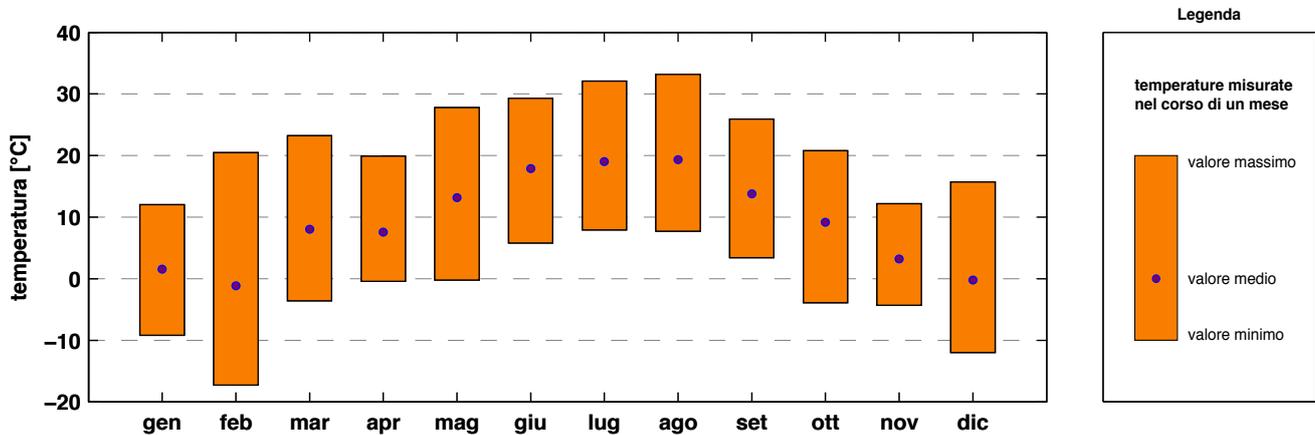


Fig. 2.15. Indici mensili del 2012 per la stazione di Verrès.

MORGEX – CAPOLUOGO



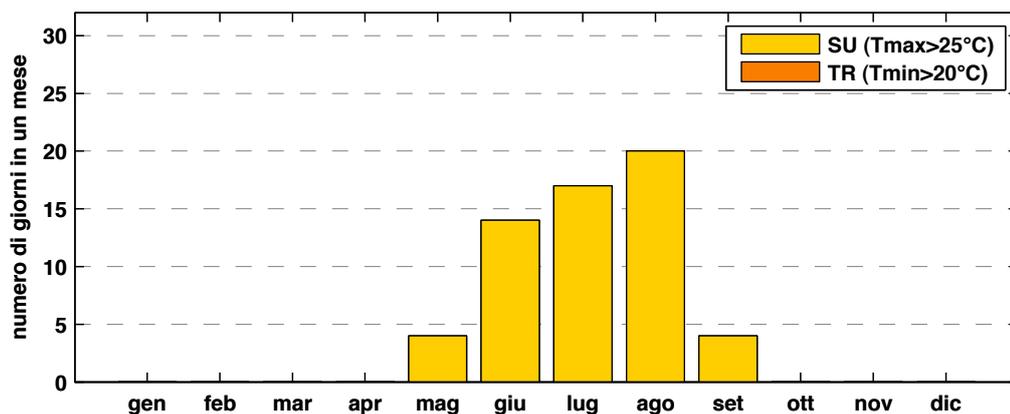


Fig. 2.16. Indici mensili del 2012 per la stazione di Morgex.

2.2 QUATTRO STAZIONI A CONFRONTO CON LA STORIA

Temperature medie annuali

Nel grafico in figura 2.17 è rappresentato l'andamento delle temperature medie annuali di 4 stazioni (Saint-Christophe, Issime, Valgrisenche e Gressoney-La-Trinité). Le serie di temperatura sono costituite storicamente solo dai dati di temperatura massima e temperatura minima giornaliera, raccolte manualmente dall'operatore. Per tutti i dati della serie la temperatura media giornaliera è stata, quindi, necessariamente calcolata come semisomma tra temperatura massima e temperatura minima. Dalla media matematica delle temperature medie giornaliere si ottiene la temperatura media annua.

Per tutte le stazioni si osservano temperature medie annuali più basse nel periodo che va dagli anni '70 fino al 1985 (anni in cui si sono registrate le ultime pulsazioni glaciali positive prima di un progressivo ritiro tutt'ora in corso. Fonte: Comitato Glaciologico Italiano), e un successivo graduale innalzamento delle temperature. Si può notare che la temperatura media del 2012 ha un valore tra i più alti delle rispettive serie, anche se leggermente inferiore a quella del 2011.

Purtroppo l'elaborazione dei dati di molte serie di temperatura ha evidenziato situazioni dubbie, e possibili disomogeneità nelle serie di misure; la temperatura è una grandezza difficile da misurare correttamente, e stime errate possono derivare da un posizionamento non favorevole del termometro, una mancanza di schermatura dalla radiazione solare o un malfunzionamento della strumentazione. Le serie scelte per questo rendiconto sono quelle che hanno dimostrato maggiore coerenza e affidabilità rispetto alle altre, non si possono tuttavia escludere del tutto errori di valutazione dovuti ad inevitabili sostituzioni di strumentazione, cambi di osservatore e di posizione dello strumento avvenuti nel corso degli anni.

Per un confronto della temperatura media del 2012 e la serie storica si osservi il grafico in figura 2.18. La temperatura media del 2012 è rappresentata dalla barra arancione, mentre i valori della serie storica sono rappresentati dal *boxplot*.

Si può osservare che, per tutte le stazioni, la temperatura media del 2012 risulta significativamente superiore alla media storica.

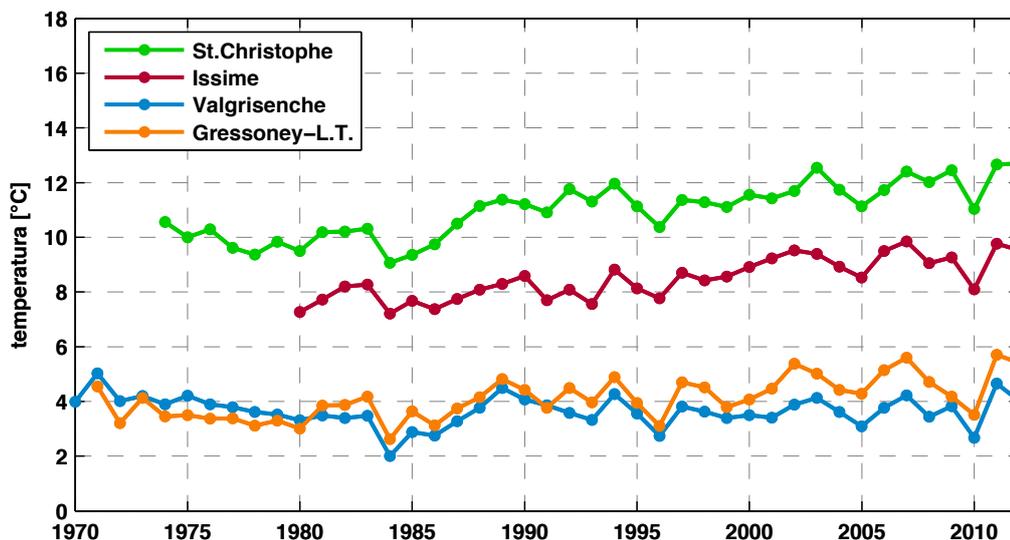


Fig. 2.17. Serie storiche delle temperature medie annuali di quattro stazioni meteorologiche valdostane.

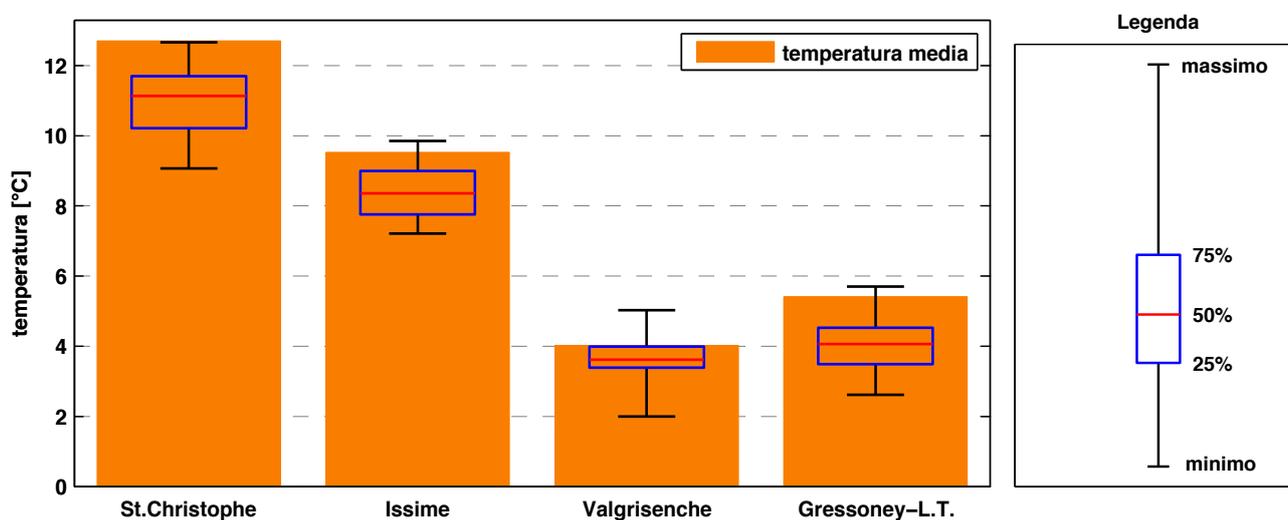


Fig. 2.18. Temperature medie del 2012 a confronto con le serie storiche.

Temperature medie mensili

Nei grafici seguenti sono rappresentati i valori della temperatura media mensile del 2012, per le quattro stazioni introdotte nel paragrafo precedente, confrontati con le relative serie storiche di dati.

In generale, si può osservare che la temperatura media mensile del 2012 è stata superiore alla media storica, in particolare per i mesi di gennaio e marzo; solo per il mese di febbraio risulta significativamente inferiore alla norma.

Il mese più caldo è stato per tutte le stazioni agosto, mentre quello più freddo febbraio.

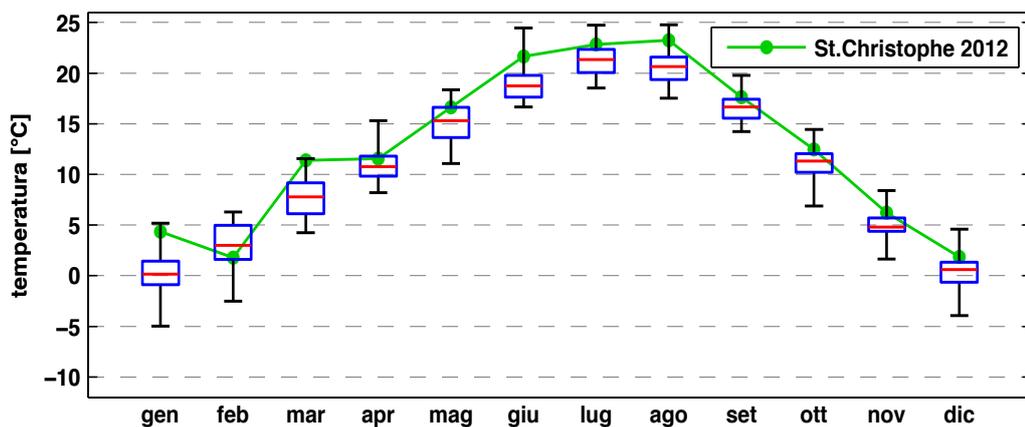


Fig. 2.19. Temperature medie mensili del 2012 per la stazione di Saint-Christophe, a confronto con i valori ottenuti per la serie storica.

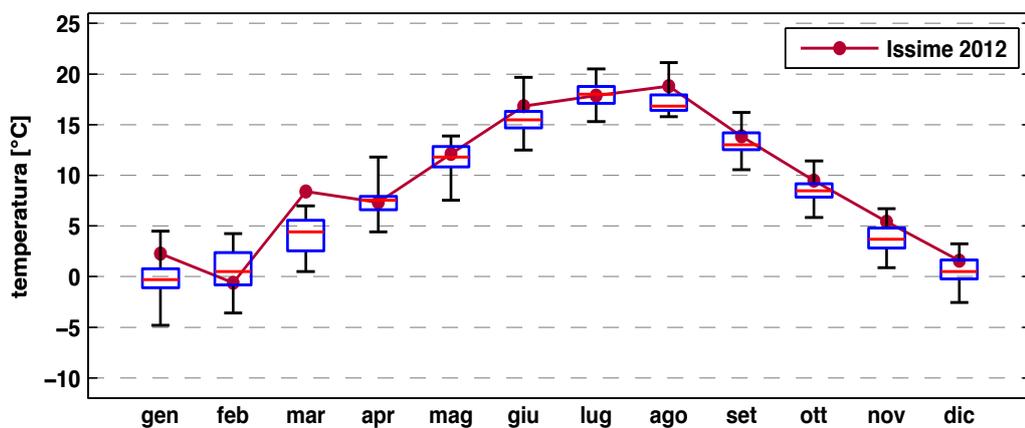


Fig. 2.20. Temperature medie mensili del 2012 per la stazione di Issime, a confronto con i valori ottenuti per la serie storica.

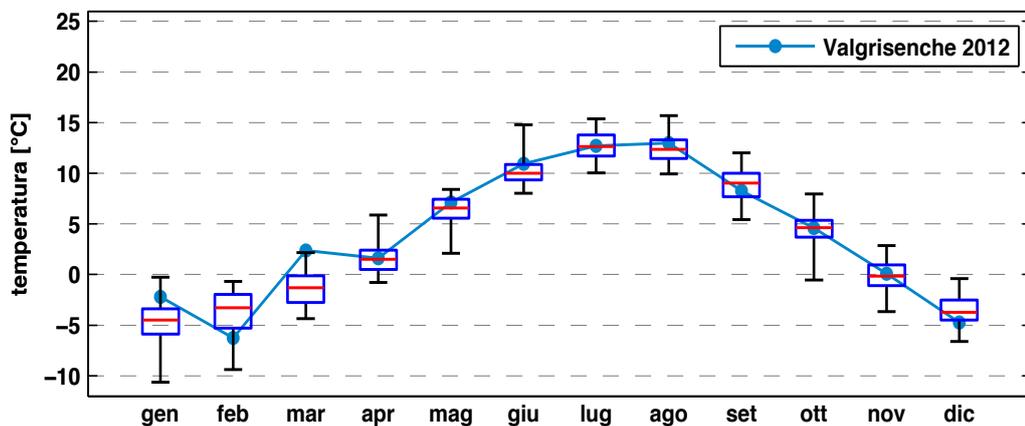


Fig. 2.21. Temperature medie mensili del 2012 per la stazione di Valgrisenche, a confronto con i valori ottenuti per la serie storica.

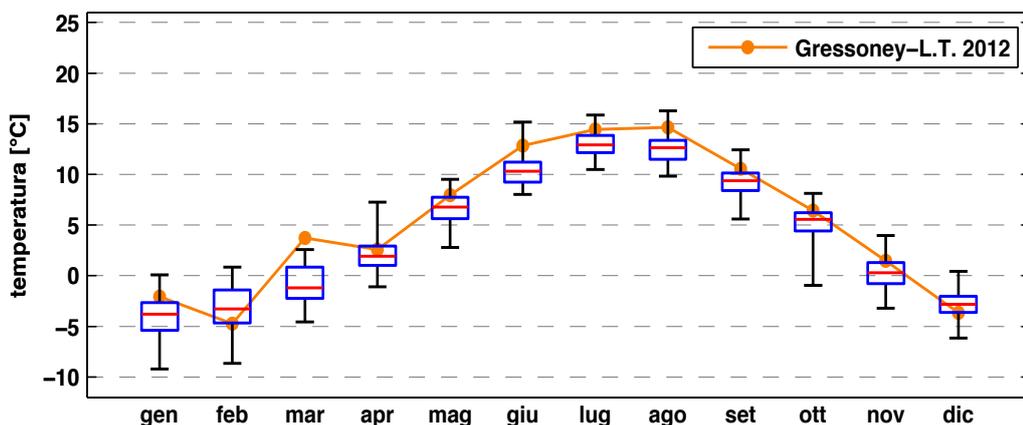


Fig. 2.22. Temperature medie mensili del 2012 per la stazione di Gressoney-La-Trinité, a confronto con i valori ottenuti per la serie storica.

Indici climatici

• Giorni di gelo

I *giorni di gelo* (FD) sono calcolati come il numero di giorni in cui la temperatura minima è inferiore a 0 °C. I giorni di gelo del 2012 per le 4 stazioni sono stati rispettivamente 90, 87, 194, 138; questi valori sono inferiori alla media storica ad eccezione di quello relativo alla stazione di Valgrisenche.

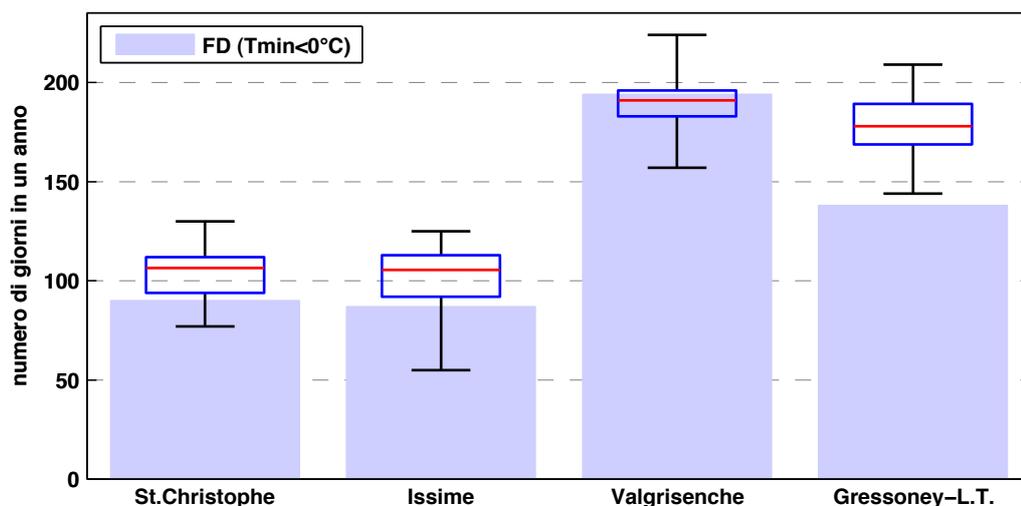


Fig. 2.23. Giorni di gelo del 2012 a confronto con le relative serie storiche.

• Giorni di ghiaccio

Il numero di *giorni di ghiaccio* (ID) è il numero di giornate in un anno in cui la temperatura massima è inferiore a 0 °C. Nel 2012 questo indice è, rispettivamente per le quattro stazioni, di 6, 17, 39, 42: valori nella norma per Saint-Christophe e Valgrisenche, superiori alla norma ad Issime e inferiori alla norma a Gressoney-La-Trinité.

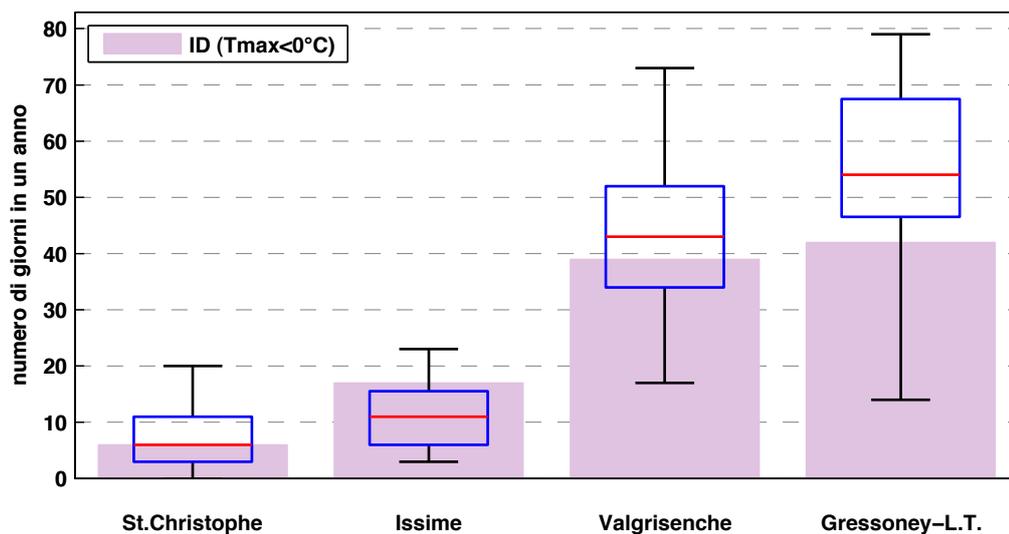


Fig. 2.24. Giorni di ghiaccio del 2012 a confronto con le relative serie storiche.

• Giorni estivi

Il numero di *giorni estivi* (SU) in un anno è calcolato come il numero di giorni in cui la temperatura massima supera i 25 °C. Il numero di giorni estivi registrati nel 2011 è stato 121 a Saint-Christophe, 23 a Issime, 3 a Valgrisenche e 2 a Gressoney-La-Trinité. Dalla figura 2.24 si deduce che tale valore supera per tutte le stazioni considerate la media storica.

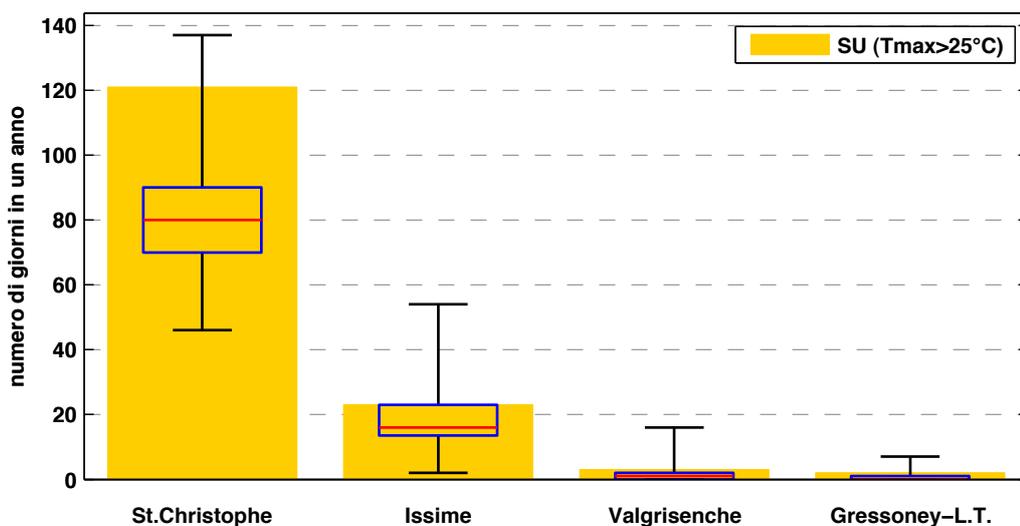


Fig. 2.25. Numero di giornate estive del 2012 a confronto con le relative serie storiche.

• Notti tropicali

Il numero di *notti tropicali* è il numero di giornate in un anno in cui la temperatura non scende sotto i 20 °C. Questa condizione si verifica raramente e soltanto per le stazioni valdostane situate a bassa quota. Nel 2012 sono state rilevate due notti tropicali a Saint-Christophe.

3. LIVELLI E PORTATE NELLA DORA BALTEA

In questo capitolo sono presentati i dati di altezza idrometrica e di portata raccolti in 4 stazioni di misura lungo il corso della Dora Baltea. Per ogni sezione è stato effettuato un bilancio idrico ed è stato calcolato il coefficiente di deflusso, ossia il rapporto annuale tra il volume d'acqua defluita nella sezione e il volume d'acqua precipitato nel bacino imbrifero. Per le elaborazioni è stato preso in considerazione l'anno idrologico, dal 1° ottobre 2011 al 30 settembre 2012.

L'ultimo paragrafo del capitolo riporta i valori di portata massima istantanea rilevati dagli idrometri, nel corso dell'anno solare 2012.

“MASSIME & MINIME ...”

Come si può notare dall'osservazione del grafico in figura 3.1, i livelli misurati in corrispondenza dell'idrometro di Hône si sono attestati su valori ben al di sotto del primo livello di allerta, in corrispondenza del quale si verificano le prime esondazioni nel tratto di torrente limitrofo alla stazione.

Per gli idrometri considerati, la portata massima è stata misurata o il 4 giugno o il 2 luglio.

In entrambi i casi, le portate sono frutto della combinazione della fusione nivale e di precipitazioni diffuse di moderata intensità.

La portata massima istantanea, misurata a Hône relativamente al 2012, è pari a 335 m³/s, valore tra i più bassi registrati dal 1998, anno in cui sono iniziate le misure.



Fig. 3.1. Livello della Dora Baltea misurato presso la stazione di Hône per l'anno idrologico 2011-2012.

Dalla misura dei livelli alla stima delle portate

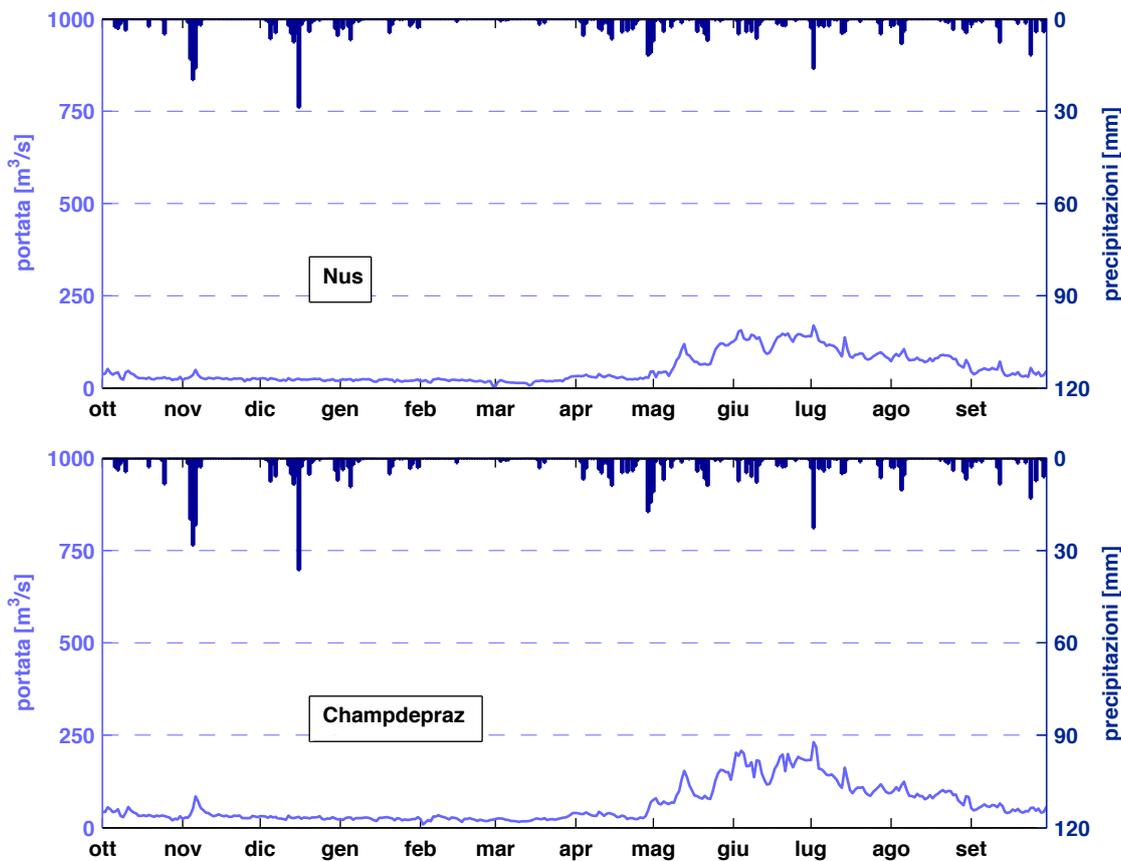
La misura dei livelli idrometrici è effettuata ogni 30 minuti ed è utilizzata sia ai fini di protezione civile (previsione e monitoraggio di un'eventuale esondazione), sia per il calcolo della portata del corso d'acqua. In generale, il livello della Dora Baltea risulta stabile nei mesi invernali (da novembre a marzo). Nei mesi seguenti, aumenta gradualmente a causa della fusione della neve, raggiungendo livelli massimi tra maggio e luglio, a seconda dell'annata (a meno di eventi alluvionali). Successivamente, il livello diminuisce ritornando ad un valore minimo stabile tra settembre e ottobre. I livelli massimi associati a picchi di breve durata possono essere associati a intense precipitazioni, come si osserva, ad esempio, nei primi giorni di novembre 2011.

La portata è il volume di acqua che defluisce in alveo in un'unità di tempo; normalmente si esprime in metri cubi al secondo (m^3/s). Per la sua valutazione è necessario costruire una scala di deflusso, ossia una relazione matematica che associa la misura del livello idrometrico ad un valore di portata, considerando le caratteristiche geometriche della sezione; tale scala di deflusso è ricavabile attraverso misure di portata con strumenti specifici (mulinelli idrometrici che misurano la velocità dell'acqua e l'area della sezione) e l'applicazione di modelli idraulici.

Nei grafici seguenti è rappresentata la portata media giornaliera determinata per quattro stazioni lungo il corso della Dora Baltea: Nus, Champdepraz, Hône e Tavagnasco (*). Il valore della portata giornaliera è ottenuto come media matematica dei valori istantanei rilevati ogni mezz'ora. Nello stesso grafico è riportata la precipitazione giornaliera media per il bacino a monte della relativa stazione.

Come si può osservare dai grafici, la portata aumenta naturalmente a partire dalla fine del mese di aprile fino alla fine del mese di giugno, poi gradualmente diminuisce raggiungendo nuovamente i valori minimi alla fine del mese di settembre.

Oscillazioni dei valori di portata si osservano in corrispondenza degli eventi di precipitazione.



(*) DATI DI TAVAGNASCO FORNITI DALL'ARPA PIEMONTE.

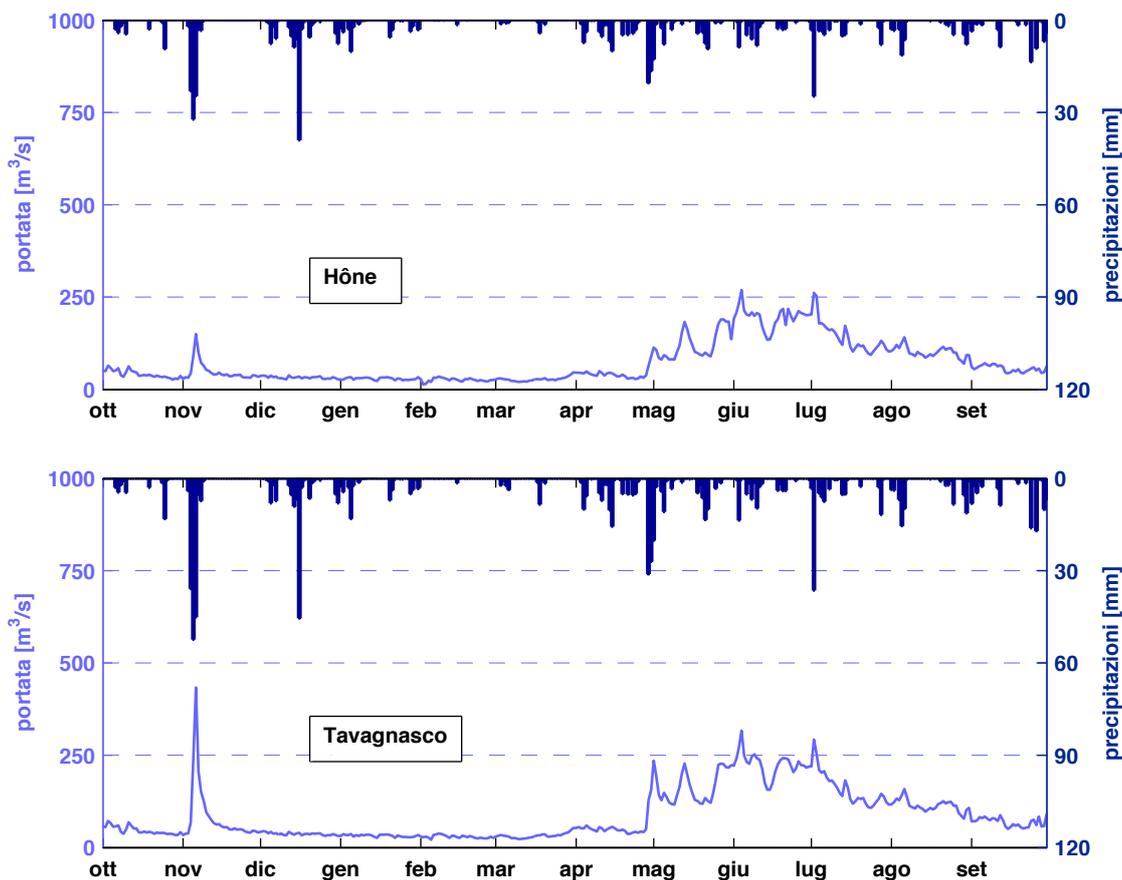


Fig. 3.2. Portate e precipitazioni giornaliere medie per l'anno idrologico 2011-2012 per quattro stazioni lungo il corso della Dora Baltea.

Coefficienti di deflusso

Il coefficiente di deflusso è il rapporto tra il volume totale di pioggia precipitato in un bacino e il volume d'acqua defluito nella sezione che sottende tale bacino. Per considerare i fenomeni legati all'accumulo e alla fusione della neve, tale valore è calcolato in base all'anno idrologico. Il valore è generalmente inferiore all'unità, poiché, a causa dell'evapotraspirazione dell'acqua e della sublimazione della neve, si registra una perdita di parte del volume d'acqua precipitato, rispetto a quello defluito. Nella tabella sono riportati i coefficienti di deflusso calcolati per quattro stazioni lungo il corso della Dora Baltea.

stazione	coefficiente di deflusso
Nus	0.86
Champdepraz	0.77
Hône	0.84
Tavagnasco	0.84

Tab. 3.1. Coefficienti di deflusso di quattro stazioni lungo il corso della Dora Baltea.

Portate massime

Nella tabella seguente sono riportati i valori massimi di portata registrati per l'anno solare 2012 per quattro stazioni lungo il corso della Dora Baltea: Nus, Champdepraz, Hône e Tavagnasco.

stazione	portata massima [m ³ /s]	quando
Nus	200	2 luglio 2012
Champdepraz	282	2 luglio 2012
Hône	335	4 giugno 2012
Tavagnasco	379	4 giugno 2012

Tab. 3.2. Massimi orari di portata del 2012, per quattro stazioni lungo il corso della Dora Baltea.

Il grafico in figura 3.3 mostra l'andamento dei massimi di portata, negli anni solari compresi tra il 1998 (anno in cui sono iniziate le misure) e il 2012.

Nel 2012 non si sono verificati eventi alluvionali e i massimi di portata sono tra i valori più bassi registrati dal 1998. Si osservino i massimi di portata corrispondenti agli eventi del 2000 e del 2008.

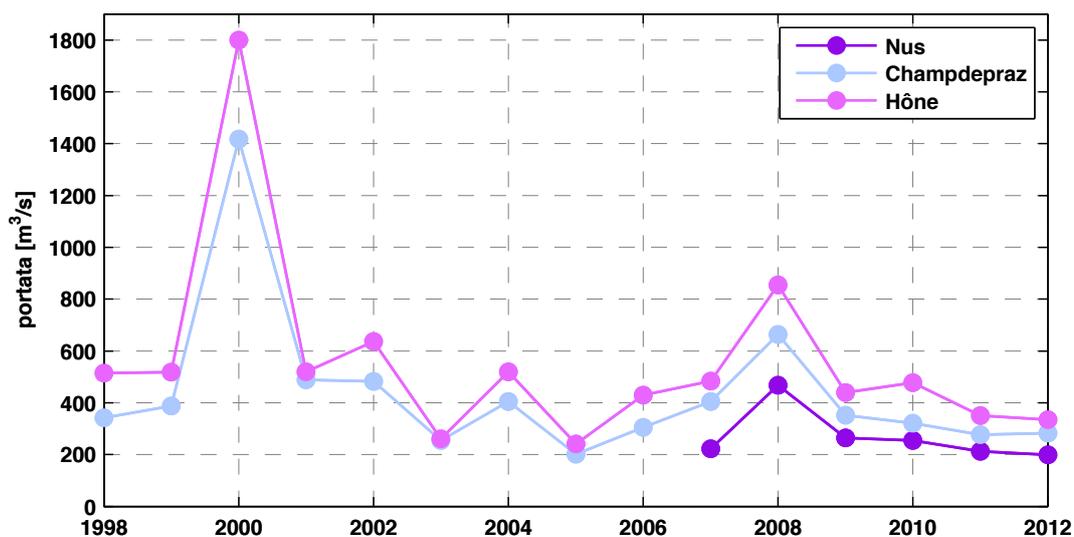


Fig. 3.3. Portate massime registrate dal 1998 al 2012 lungo la Dora Baltea.

4. NEVE

In questo capitolo sono analizzati i dati relativi al manto nevoso. I dati raccolti riguardano l'altezza della neve al suolo e la sua densità. A seguito di elaborazioni sono presentati anche dati relativi all'altezza di neve cumulata nella stagione e il contenuto di acqua presente nella neve (SWE – *Snow Water Equivalent* - realizzato da ARPA Valle d'Aosta). I dati utilizzati per il calcolo dello SWE sono ricavati sia da misurazioni manuali, sia da strumenti automatici.

Nell'analisi di questo tipo di dati è stato considerato l'anno idrologico (dal 1° ottobre 2011 al 30 settembre 2012), in modo da includere tutto il periodo invernale.

“MASSIME & MINIME ...”

Nel grafico seguente è riportata l'altezza della neve al suolo rilevata dalla stazione di Gressan-Pila, a quota 2280 m s.l.m. Le prime deboli nevicate si sono verificate nella prima metà del mese di ottobre, tuttavia l'altezza del manto nevoso si mantiene al di sotto dei 25 cm fino all'inizio del mese di dicembre, quando, in seguito ad abbondanti nevicate, il manto nevoso supera rapidamente il metro di altezza; l'altezza della neve per tutto il periodo invernale oscilla intorno al valore di un metro, e diminuisce bruscamente, fino ad annullarsi, nel mese di maggio.



Fig. 4.1. Altezza media giornaliera della neve al suolo misurata nella stazione di Gressan-Pila a quota 2280 m s.l.m.

L'anno idrologico 2011-2012 mostra, nel periodo invernale, valori di copertura nevosa vicini alla media dell'ultimo decennio (circa 82% del territorio regionale). Il periodo estivo riporta valori simili agli anni tra il 2005 e il 2008, che rientrano anch'essi nella media del decennio. Il valore massimo di copertura nevosa è stato raggiunto nel mese di febbraio.

I valori di contenuto totale di acqua nella neve sono risultati per tutta la stagione al di sotto delle medie del periodo, ad eccezione del mese di maggio per il quale è stato registrato un aumento di tale valore come conseguenza delle nevicate avvenute nel mese di aprile.

Altezza della neve al suolo

La carta in figura 4.2 rappresenta l'altezza totale della neve caduta durante l'anno idrologico 2011-2012. Per ottenere tale carta, sono stati considerati innanzitutto i dati di 40 stazioni automatiche della rete regionale e di 15 stazioni manuali gestite dall'Ufficio neve e valanghe, in modo da avere una sufficiente copertura dal punto di vista sia spaziale sia altimetrico (le quote dei punti di misura sono comprese tra 320 e 2842 m s.l.m.). Successivamente è stata costruita una relazione tra la neve caduta e la quota utilizzando una funzione potenza: è stato così possibile estrapolare l'altezza della neve anche a quote superiori ai 2900 metri. Sfruttando tale relazione e la distribuzione spaziale delle stazioni è stata realizzata la carta in figura 4.2.

La neve caduta a quota 2000 metri, nella stagione 2011-2012, varia tra 350 cm, nel settore centrale della Valle d'Aosta, e 700 cm nella zona del Monte Bianco.

Rispetto agli anni precedenti (2008-2011), si nota per l'anno 2012 una diversa distribuzione delle nevicate rispetto alla quota, con un totale di neve caduta in linea con il 2011 a basse quote, ma più elevato a quote superiori ai 1800 m s.l.m. Si ottiene, infatti, tra i 1000 e 1800 m s.l.m. un livello medio di neve caduta di circa 2 metri sia per il 2011 sia per il 2012, mentre la media tra i 1800 e 3000 m s.l.m. è di 4.53 m per il 2011 contro i 6.14 m per il 2012.

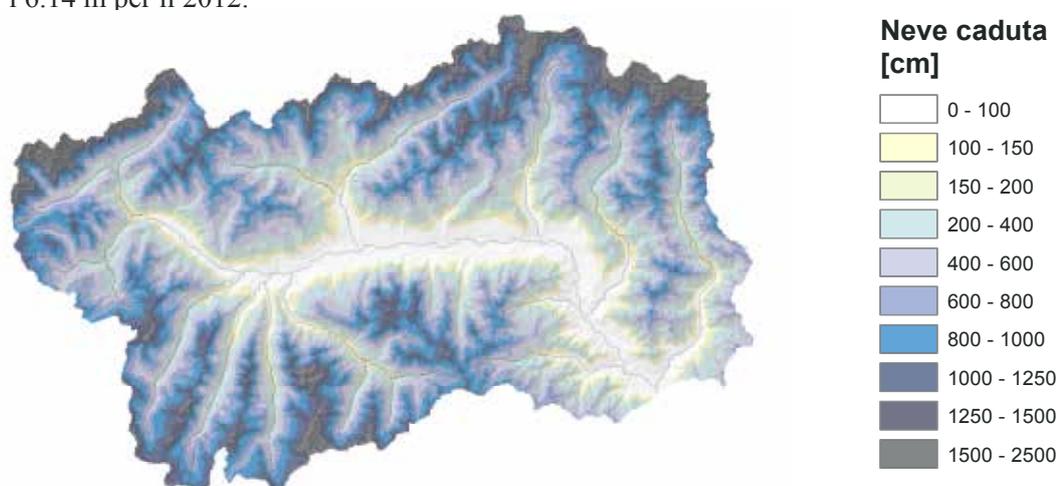


Fig. 4.2. Carta dell'altezza totale di neve caduta 2011-2012.

Stazione (comune)	Posizione	Quota [m s.l.m.]	Lunghezza della serie storica
Courmayeur	Ferrachet	2290	2001-2012
Pré-Saint-Didier	Plan Praz	2044	1998-2012
Saint-Rhémy-en-Bosses	Crévacol	2018	2001-2012
Gressoney-Saint-Jean	Weissmatten	2038	2002-2012

Tab 4.1. Elenco delle stazioni considerate nei grafici di altezza neve.

Nei seguenti grafici (figura 4.3) è riportata l'altezza media mensile del manto nevoso, per alcune stazioni. L'altezza relativa al 2011-2012 è confrontata con le misure effettuate dalla stessa stazione negli anni precedenti (si vedano le lunghezze delle serie storiche in tabella 4.1). Nei grafici il dato relativo all'ultimo inverno è rappresentato dai rombi blu uniti da una linea, mentre i valori della serie storica sono rappresentati dal rettangolo azzurro; il punto rappresenta la media dei dati di tutti gli anni precedenti.

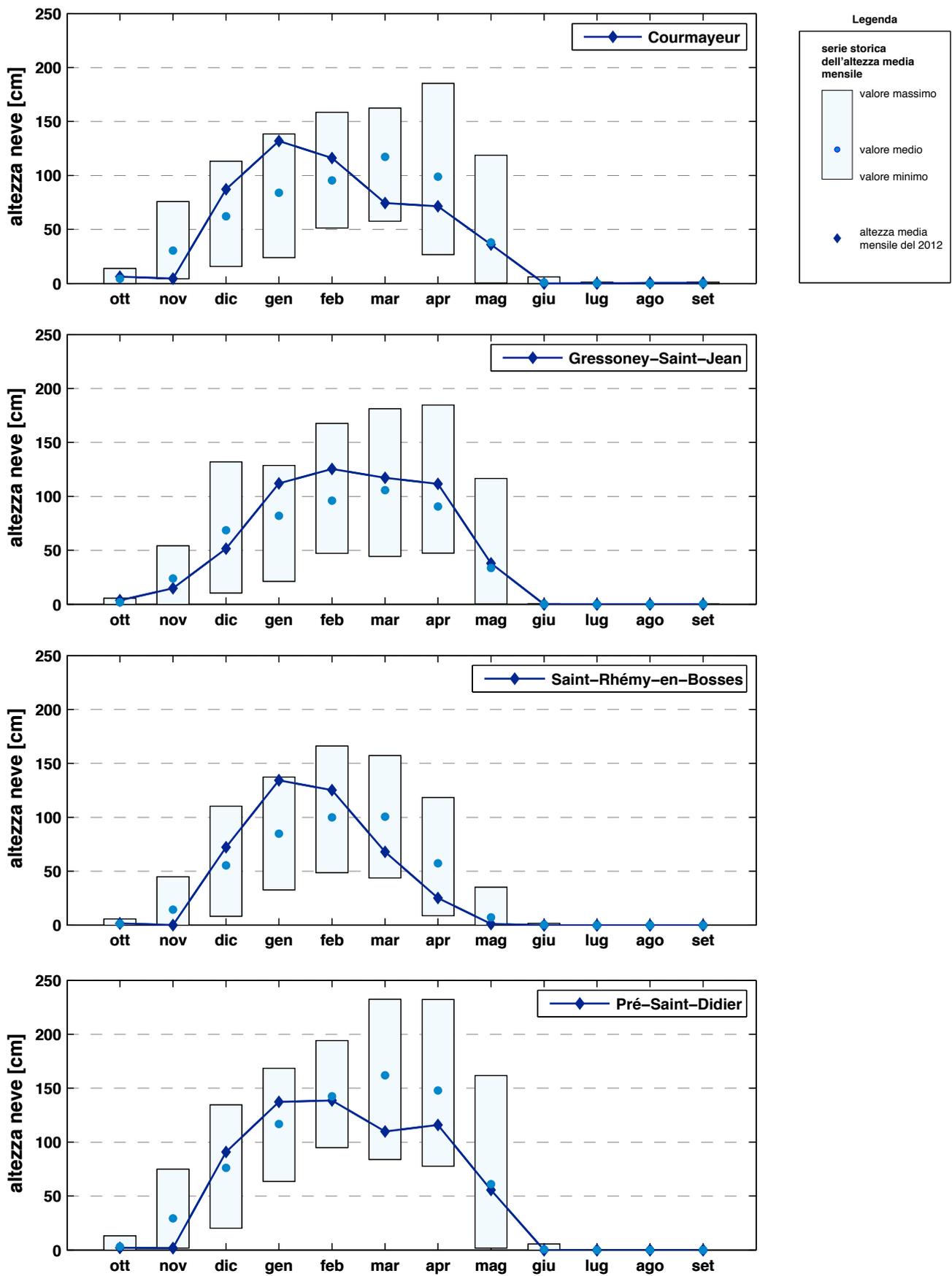


Fig. 4.3. Medie mensili delle altezze del manto nevoso per quattro stazioni, e confronto con i dati storici.

Dai grafici in figura 4.3, nel complesso, si osserva che l'altezza del manto nevoso, nel mese di novembre, è risultata inferiore alla media storica; in seguito alle abbondanti nevicate dei primi giorni di dicembre è stata riportata a valori maggiori o uguali alla media del periodo. A marzo, mese in cui mediamente l'altezza del manto nevoso raggiunge i valori massimi, si riscontra invece un brusco calo, e si raggiungono altezze generalmente inferiori alla media storica; nel periodo successivo, corrispondente ad una diminuzione delle temperature, la rapida fusione del manto nevoso rallenta, e nel mese di maggio l'altezza del manto nevoso ritorna in linea con le medie del periodo.

Copertura nevosa ed equivalente in acqua della neve

Il bilancio idrologico, in una regione come la Valle d'Aosta, è determinato, in particolare, dalle riserve d'acqua accumulate sotto forma di neve, la quale, fondendo, alimenta i corsi d'acqua. È, quindi, importante conoscere l'estensione della copertura nevosa e la quantità di acqua presente nel manto nevoso, al fine di monitorare la disponibilità d'acqua della nostra Regione, per le conseguenti valutazioni legate alla formazione dei deflussi superficiali e all'utilizzo dell'acqua a scopo idroelettrico o per fini agricoli e idropotabili.

La disponibilità idrica della Valle d'Aosta è sicuramente influenzata dagli effetti dei cambiamenti climatici, e l'ARPA Valle d'Aosta (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) ha istituito nel 2004 un'area operativa dedicata allo studio di questi effetti. Una delle attività svolte da tale struttura riguarda il monitoraggio di due parametri legati alla neve: la copertura nevosa (SCA - *Snow Covered Area*) ed il contenuto d'acqua del manto nevoso (SWE - *Snow Water Equivalent*).

Nel 2007 il Centro funzionale regionale ha incaricato l'ARPA Valle d'Aosta dello sviluppo di un metodo per la quantificazione dello SWE su tutto il territorio regionale finalizzato alla stima della risorsa idrica disponibile per l'intera Regione.

Per poter procedere a tali elaborazioni il Centro funzionale regionale ha, quindi, coinvolto nei rilievi manuali periodici di altezza e densità del manto nevoso il personale del Corpo forestale della Valle d'Aosta, del Parco Naturale del Mont-Avic e del Servizio Meteomont dell'Esercito Italiano, a cui si aggiungono le misure effettuate dai rilevatori AINEVA (Associazione Interregionale Neve e Valanghe). In tal modo è stato possibile integrare la rete automatica di sensori per la misura dell'altezza della neve e migliorare la distribuzione sul territorio dei dati necessari al calcolo dello SWE.

• Copertura nevosa

La copertura nevosa (SCA - *Snow Covered Area*) indica la percentuale di territorio regionale occupato da neve. Tale dato è ricavato utilizzando immagini satellitari acquisite dal sensore MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) della NASA.

Dall'analisi di queste immagini è possibile ricostruire l'estensione della copertura nevosa dal febbraio del 2000, periodo a partire dal quale sono disponibili i primi dati.

In figura 4.4 si riporta l'andamento della copertura nevosa media mensile per il periodo invernale (valori osservati nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio) e per quello estivo (giugno, luglio e agosto).

Dall'analisi della figura emerge come a livello regionale non siano presenti andamenti significativi di variazione dell'estensione della copertura nevosa nell'ultimo decennio.

L'anno idrologico 2011-2012 ha mostrato valori invernali paragonabili alla stagione precedente, e vicini alla media dell'ultimo decennio (82%). Il periodo estivo, invece, presenta valori simili agli anni dal 2005 al 2008, riportando i valori estivi nella media del decennio.

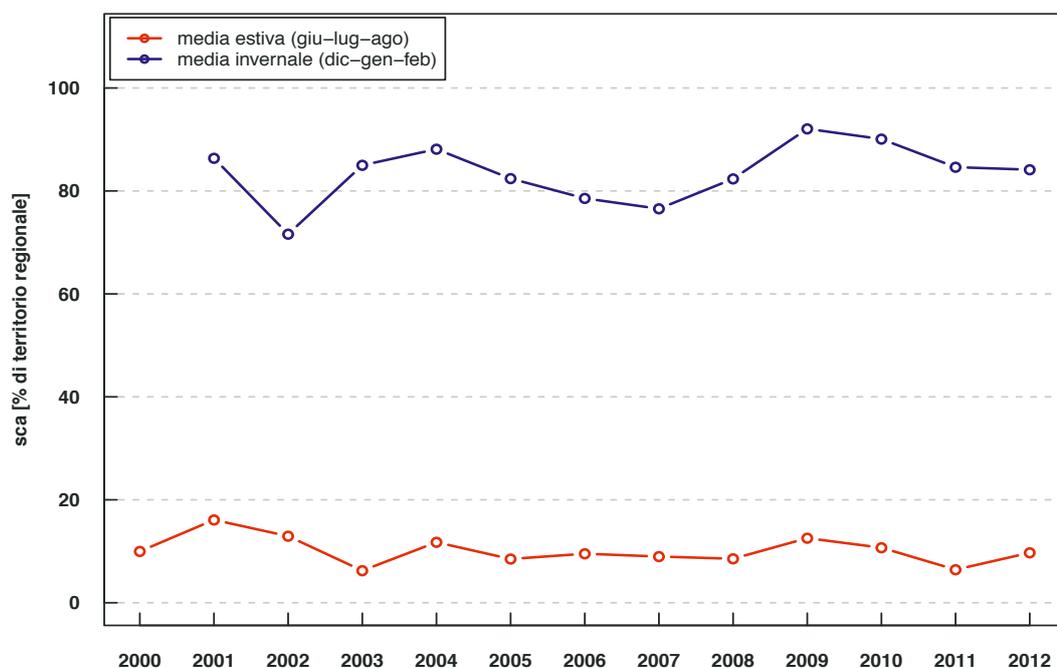


Fig. 4.4. Andamento della copertura nevosa media per le stagioni invernali ed estive dal 2000 al 2012.

In figura 4.5 si riporta l'andamento della copertura nevosa per l'anno idrologico 2011-2012. La linea blu indica i valori medi di copertura nevosa nei vari mesi dell'anno, mentre i rettangoli rappresentano la variabilità dei valori di copertura relativa agli anni precedenti (2000 - 2011). È possibile notare come alcuni mesi invernali mostrino valori di SCA leggermente superiori alla media dell'ultimo decennio; il dato di aprile non è disponibile a causa dell'intensa copertura nuvolosa che, durante tutto il mese, ha interessato il territorio regionale impedendo il rilievo del dato di SCA.

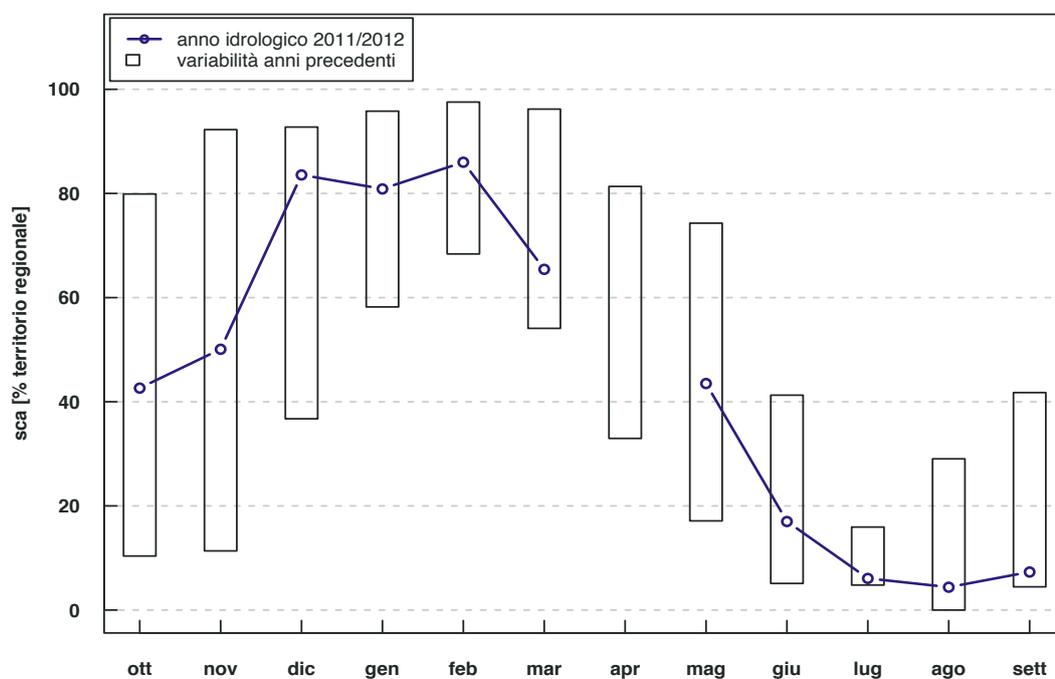


Fig. 4.5. Evoluzione mensile della copertura nevosa per la stagione 2011-2012.

• *Equivalente in acqua della neve*

Il contenuto d'acqua del manto nevoso (SWE) viene calcolato combinando l'estensione della copertura nevosa con la densità e l'altezza della neve opportunamente spazializzati su tutto il territorio valdostano, applicando ai rilievi puntuali un modello matematico appositamente realizzato. Tale modello, che permette di stimare la distribuzione spaziale di altezza e densità del manto nevoso, si basa sulla relazione che esiste tra tali grandezze e le caratteristiche morfologiche del terreno quali, ad esempio, quota e pendenza dei versanti: all'aumentare della quota aumenta anche l'altezza della neve, mentre, all'aumentare dell'acclività, l'altezza della neve diminuisce. La stima dello SWE permette di conoscere la quantità totale di acqua presente nella neve sia a livello dell'intero territorio regionale, sia a livello di singoli bacini. Tale stima viene effettuata dall'ARPA Valle d'Aosta a partire dal 2007, con cadenza mensile, nel periodo compreso tra novembre e maggio.

La figura 4.6 presenta tutte le mappe dello SWE relative alla stagione 2011/2012, da novembre a maggio con cadenza bimensile. Il colore giallo rappresenta le porzioni di territorio con assenza di neve, mentre le varie sfumature di blu indicano le porzioni di territorio coperte da neve. L'intensità del blu rappresenta i corrispondenti mm di acqua contenuta nel manto nevoso. Il valore dello SWE deriva da una combinazione dell'estensione della copertura nevosa e dell'altezza e della densità del manto: a inizio inverno la maggior parte della Regione è coperta da un manto nevoso di spessore moderato (predominanza di blu tenui); ad aprile-maggio l'estensione della copertura nevosa diminuisce, il contenuto d'acqua del manto, a seguito delle precipitazioni invernali e dei fenomeni di compattazione e trasformazione, aumenta (predominanza di blu scuro).

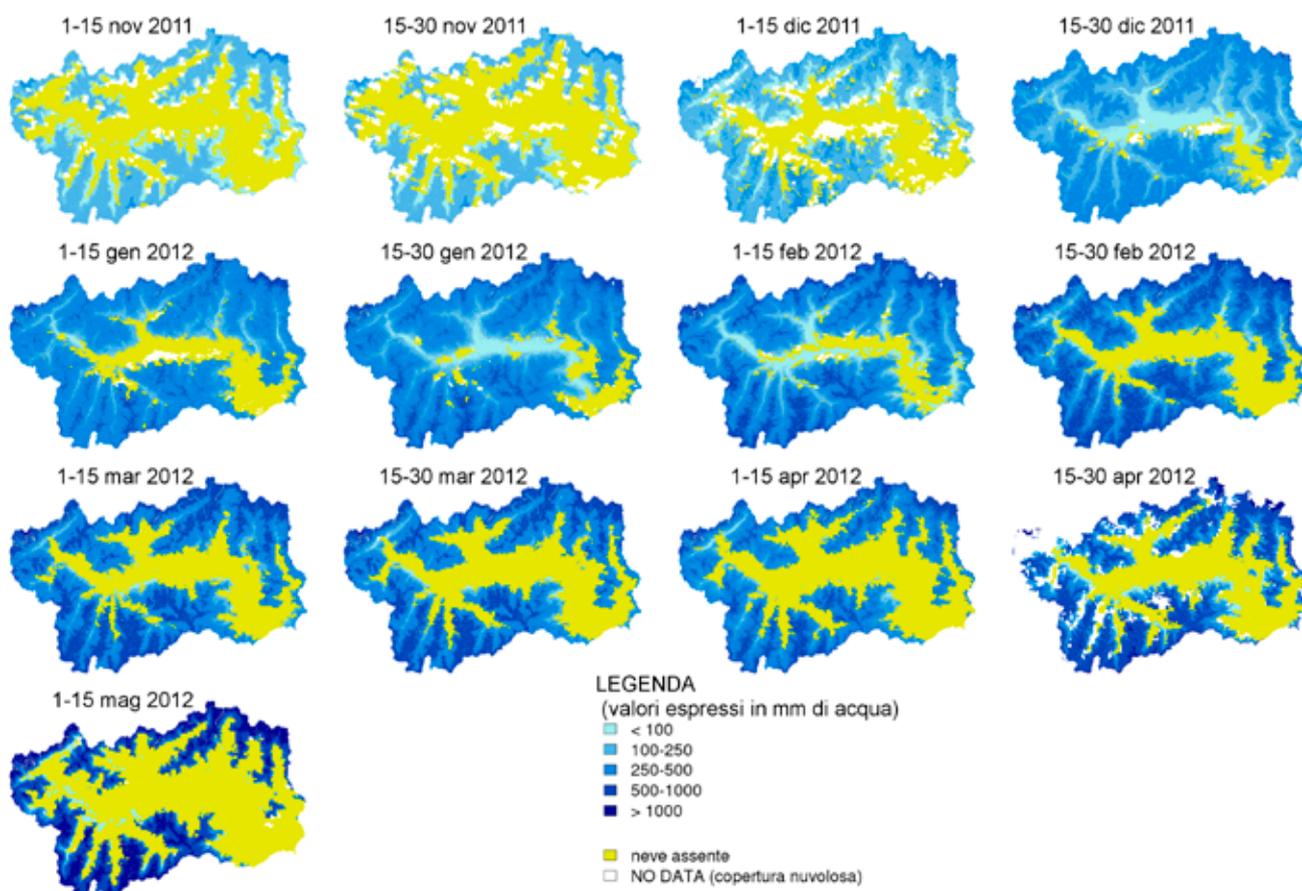


Fig. 4.6. Distribuzione spaziale del contenuto di acqua nel manto nevoso, novembre-maggio 2011-2012.

In figura 4.7 si riporta l'andamento mensile dello SWE per l'anno idrologico 2011/2012 (linea blu); i rettangoli rappresentano la variabilità dei valori dello SWE relativa agli anni precedenti (2007-2011). È possibile notare come l'inizio dell'inverno presenti valori molto vicini ai minimi storici del periodo precedente, per poi aumentare pur attestandosi su valori al di sotto delle medie del periodo. Unica eccezione è fatta dal mese di maggio che presenta valori molto prossimi ai massimi del periodo: le nevicate di aprile, infatti, hanno fatto aumentare il valore dello SWE (massimo valore a maggio) invertendo una tendenza di decrescita iniziata nel mese di febbraio.

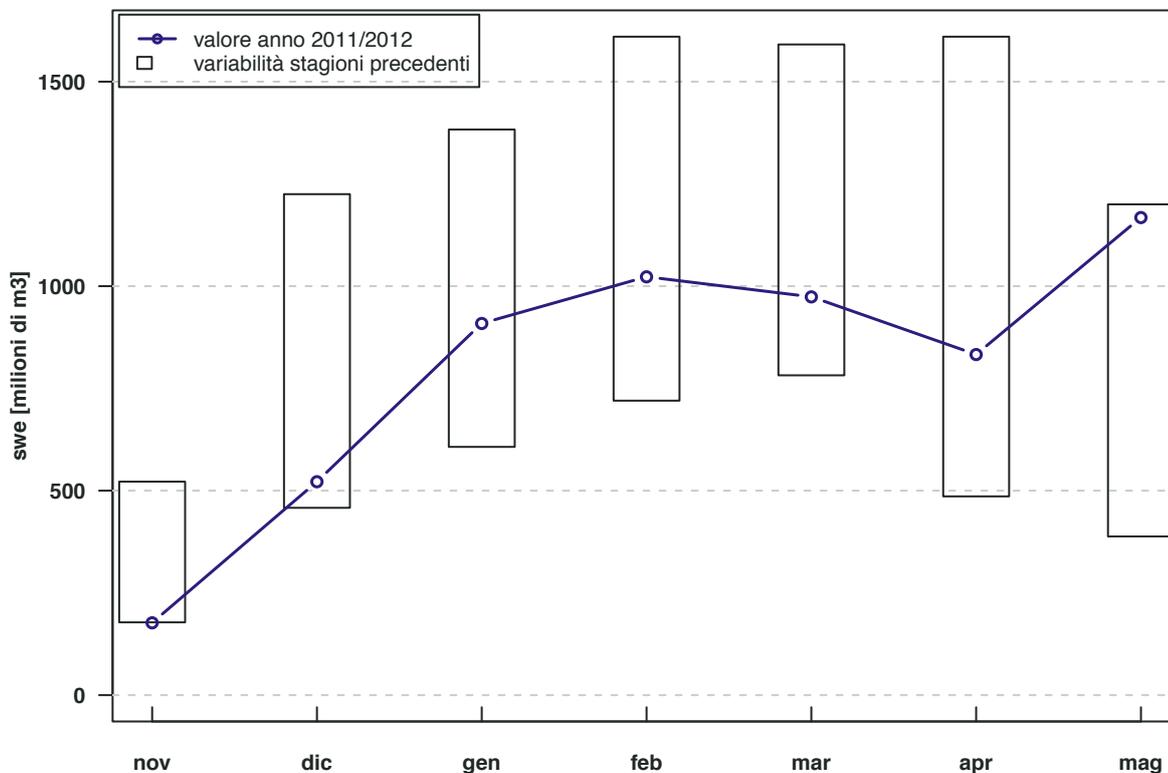


Fig. 4.7. Andamento mensile dello Snow Water Equivalent (SWE), novembre-maggio 2011-2012.

5. DISSESTI

I dissesti presenti nell'archivio del Centro funzionale regionale sono stati censiti dagli operatori del Corpo forestale della Valle d'Aosta, dal Servizio geologico o segnalati da diversi soggetti tramite la Protezione civile.

Per la catalogazione dei dissesti si fa riferimento a fotografie e schede di rilievo compilate dagli operatori in occasione dei sopralluoghi. L'accatastamento del fenomeno viene completato con la predisposizione di una carta che permette di caratterizzare geograficamente il sito interessato. Il numero di dissesti catalogati risulta probabilmente sottostimato rispetto alla realtà, soprattutto nelle zone ad alta quota, dove tali fenomeni sono più frequenti ma meno facilmente identificabili.

I dissesti catalogati comprendono frane, fenomeni idraulici e *debris-flow*, suddivisi nelle categorie descritte nella tabella 5.1.

Per frana si intende qualsiasi fenomeno di movimento o caduta di materiale che interessi pareti rocciose o terreno; i fenomeni idraulici comprendono esondazioni di un corso d'acqua ed erosioni delle sponde; con *debris-flow* (colate di detrito) si intendono tutti i fenomeni di trasporto di materiale solido da parte di un corso d'acqua in ambiente montano.

“MASSIME & MINIME ...”

Nel 2012 sono stati catalogati 73 dissesti, di cui 71 frane, 1 debris flow e 1 fenomeno idraulico. Nella carta in figura 5.1 sono indicati i dissesti di cui è nota l'ubicazione.

Nel 2012 abbiamo registrato un calo della frequenza giustificabile dall'esiguo numero di eventi meteorologici intensi verificatisi durante l'anno.

La distribuzione spaziale dei dissesti sembra essere in generale uniformemente distribuita sul territorio regionale con una leggera carenza nella zona C.

Quadro dissesti 2012

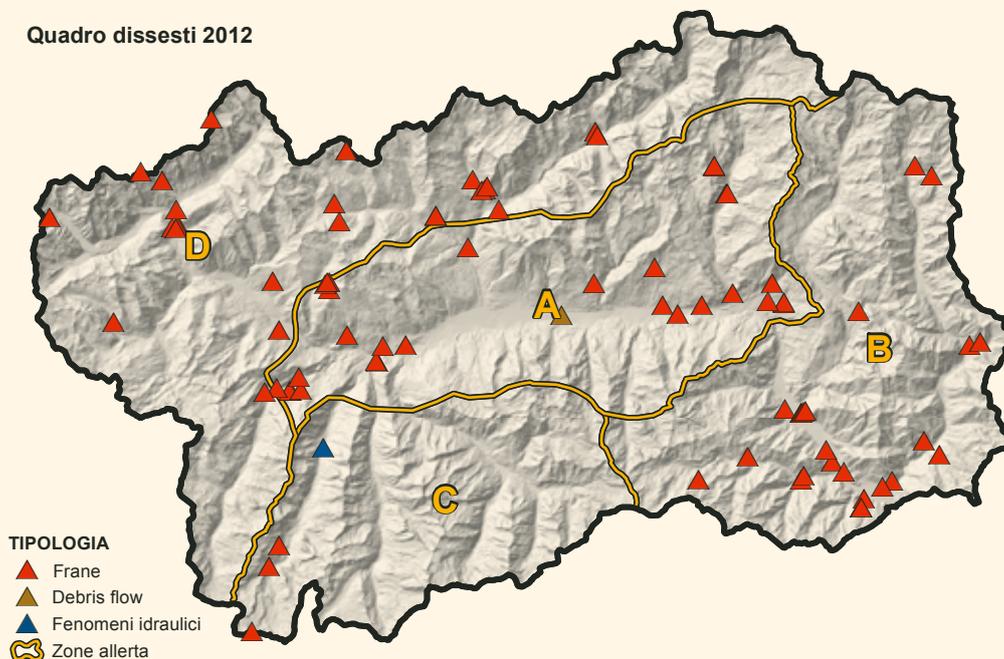


Fig. 5.1. Carta dei dissesti avvenuti nel 2012.

Dissesti del 2012 in Valle d'Aosta

Durante il 2012 sono stati censiti in Valle d'Aosta 73 dissesti, di cui il 97.2 % risultano frane, il 1.4% debris-flow e il restante 1.4 % fenomeni idraulici (si veda il grafico in figura 5.2).

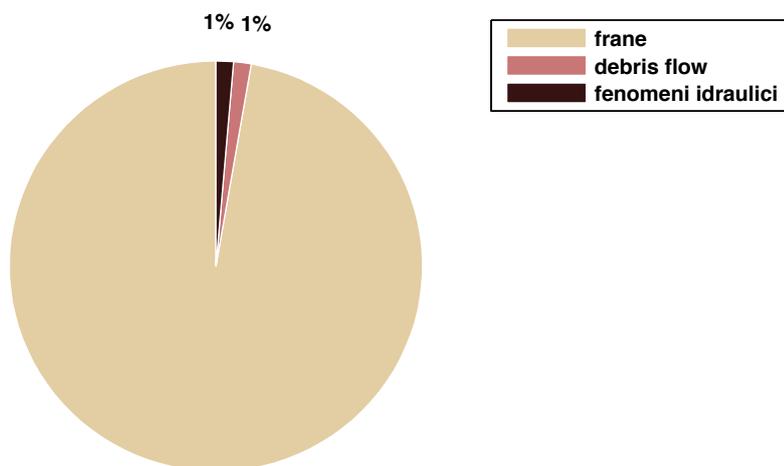


Fig. 5.2. Percentuali di frane, fenomeni idraulici e debris-flow registrati nel 2012.

Frane	numero eventi 2012
caduta massi	29
frana di crollo	32
frana di scivolamento	2
frana di colamento	5
frana complessa	0
frana generica	3
Debris-Flow	
debris flow	1
Fenomeni Idraulici	
erosione di sponda	0
esondazione	1

Tab. 5.1. Elenco dissesti catalogati nel 2012.

La frequenza dei dissesti varia mensilmente, come si può verificare dal grafico in figura 5.3. Nel 2012 il mese in cui è stato registrato il maggior numero di frane è maggio con 16 fenomeni catalogati, seguito da novembre, con 9.

Si nota, inoltre, un graduale incremento dei dissesti durante i mesi primaverili dovuto all'aumento dei cicli di gelo-disgelo che portano ad una degradazione dei volumi rocciosi, e ad un periodo di precipitazioni abbondanti (mese di aprile). L'aumento dei dissesti nel mese di novembre può essere associato anch'esso a precipitazioni abbondanti.

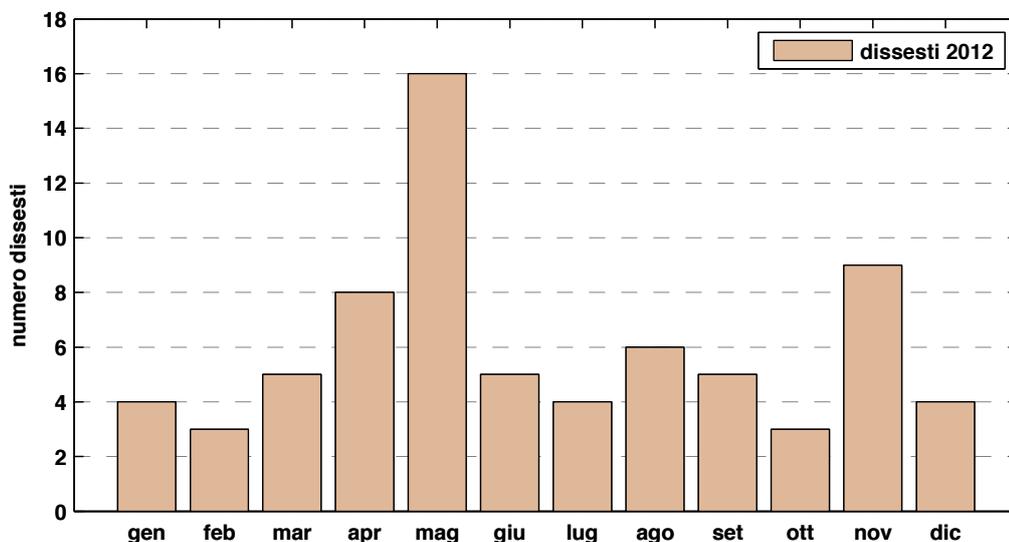


Fig. 5.3. Frequenza mensile dei dissesti verificati nel 2012 in Valle d'Aosta.

Analizzando la tipologia delle frane, si nota che il cinematiso più frequente interessa i volumi rocciosi: le frane di crollo rappresentano il 45% dei casi, seguiti dalla caduta massi (41%) - si veda il grafico 5.4.

La distribuzione spaziale delle segnalazioni pervenute è omogenea su tutto il territorio regionale, più marcata, comunque, nei fondivalle, dove i dissesti sono più facilmente individuabili.

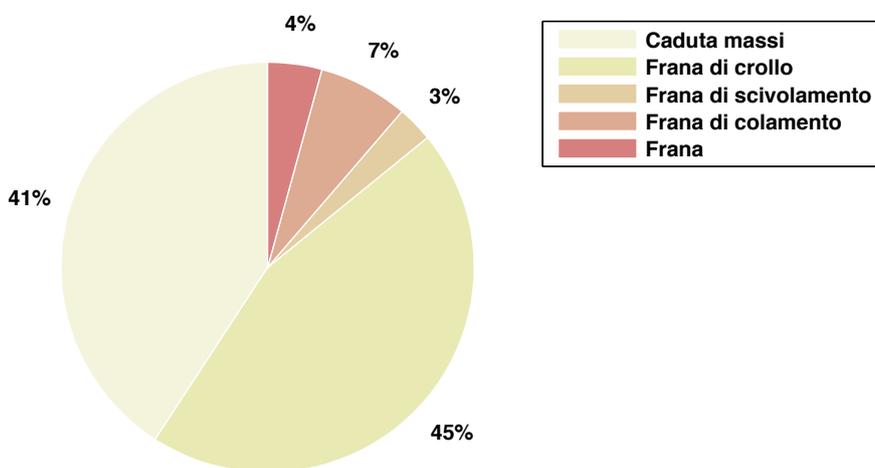


Fig. 5.4. Tipologia di frane rilevate nel 2012.

6. SINTESI DEGLI EVENTI

In questa sezione sono presentate le caratteristiche dei principali eventi meteorologici che hanno comportato situazioni di dissesto idrologico. Gli eventi considerati per il 2012 si sono verificati il 29 aprile e il 27 novembre.

Per ogni evento si riporta una sintesi del quadro meteorologico, dell'andamento delle piogge, dei livelli dell'acqua, della quota dello zero termico e dei dissesti registrati.

I documenti presentati sono ricavati dai *Rapporti di evento*, redatti sia durante la fase di monitoraggio, sia a conclusione dell'evento, per effettuare un bilancio idro-meteorologico. Il loro scopo è quello di fornire ai politici, ai tecnici e ai dirigenti regionali coinvolti nel sistema di allertamento, il quadro aggiornato della situazione.

I dati sono presentati tramite tabelle e carte.

La prima tabella riporta la pioggia registrata dall'inizio alla fine dell'evento, sulle diverse zone di allerta. Nella stessa tabella è riportato, come dato di confronto, un valore corrispondente alla precipitazione totale mensile media, individuata in base ai dati di precipitazione degli ultimi dieci anni e riferita al mese in cui si è verificato l'evento.

La seconda tabella indica le quote minime e massime dello zero termico calcolate per le diverse zone e per l'intero territorio.

La terza tabella riporta il livello e la portata registrata per la Dora Baltea, in corrispondenza di quattro stazioni. Sono indicati nella stessa tabella, per ogni stazione, soglie, corrispondenti a 2 diversi gradi di allerta, denominati H1 (livello di esondazione del corso d'acqua in tratti che interessano solamente zone non antropizzate) e H2 (livello di esondazione che interessa anche zone antropizzate).

Un'ultima carta riporta la distribuzione sul territorio dei dissesti registrati a seguito dell'evento. I dissesti registrati possono essere di tipo idrogeologico o idraulico. Per tipo idrogeologico si intendono frane e colate detritiche, mentre i dissesti di tipo idraulico comprendono esondazioni e allagamenti. Per l'evento del 27 novembre, non essendo stati segnalati dissesti significativi, si è riportata una carta che visualizza la distribuzione sul territorio dell'intensità e del tipo di precipitazione (pioggia o neve).

29 aprile 2012

DURATA EVENTO: 28 aprile 2012 ore 22.00 – 2 maggio 2012 ore 16.00

• **Analisi meteo**

Il 28 aprile, per l'approfondimento di una saccatura verso la penisola iberica e le coste nord-africane, si instaura un intenso flusso meridionale che dal giorno seguente (quando si registrano raffiche di oltre 120 km/h a Cime Bianche) al 2 maggio porta precipitazioni diffuse sulla Valle d'Aosta, a tratti intense, in particolare nel settore sud-orientale, mentre sul versante estero della catena soffia il foehn. Durante questo episodio il limite neve oscilla tra i 1800 e i 2300 m.

• **Piogge**

Sulla Regione si sono registrate precipitazioni discontinue per quattro giorni circa, che hanno interessato principalmente la zona B, le aree al confine del Piemonte della zona C e la dorsale al confine con la Svizzera dell'alta Valpelline e della Valtournenche. Le intensità maggiori sono state registrate nella mattina del 29 aprile e nella sera del 30 aprile. I quantitativi massimi di pioggia, durante tutto l'evento, sono risultati compresi tra 219 mm della zona B (Gressoney-Saint-Jean – Lago di Seebna) e 85 mm della zona A (Fénis – Clavalité).

• Corsi d'acqua

Il livello della Dora Baltea ha registrato lievi incrementi nelle stazioni di Hône e di Champdepraz, nelle mattine del 30 aprile e del 1° maggio, con valori comunque ampiamente al di sotto dei livelli di allerta. La Dora Baltea a monte di Montjovet e i torrenti principali laterali non hanno invece registrato innalzamenti significativi.

• Zero termico

Lo zero termico, durante i quattro giorni considerati, è risultato compreso tra 2000 e 3300 m s.l.m. Durante i periodi di maggior precipitazione, lo zero termico era compreso tra 2500 e 3000 m s.l.m. Non si sono evidenziate significative differenze tra le quattro zone, tranne nella giornata del 2 maggio, quando le zone B e C hanno registrato temperature significativamente più alte rispetto alle zone A e D.

• Dissesti

Si segnalano sporadici dissesti, riconducibili principalmente a smottamenti e fenomeni di crollo e caduta massi. L'area maggiormente interessata è stata la zona B, con 8 dissesti nei comuni di Issogne, Hône, Donnas, Pont-Saint-Martin, Pontboset, Gaby e Gressoney-La-Trinité.

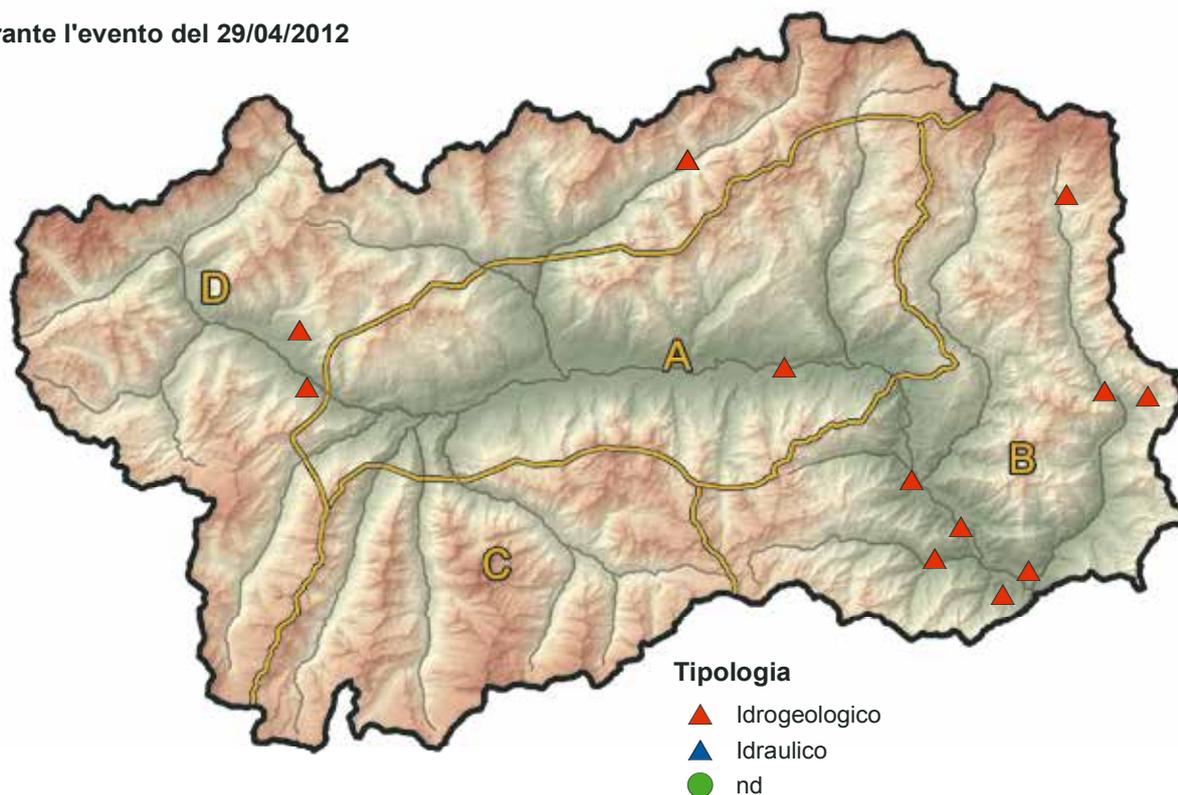
Pioggia cumulata da inizio evento	Valle d'Aosta	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Media [mm]	53	122	69	64	77
Massimo [mm]	85	219	120	120	219
Media storica mensile [mm]	86	127	88	90	100

Zero termico	Valle d'Aosta	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Quota max [m.s.l.m.]	3500	3500	3500	3300	3300
Quota min [m.s.l.m.]	2000	2100	2000	2100	2100

Portata e Livello Dora Baltea	Portata [m³/s]		Livello acqua [m]		
	Massimo	Media storica mensile	Massimo	Livello di allerta 1	Livello di allerta 2
Aymavilles	25	53	1.2	2.5	3.5
Nus	11	42	0.1	1.0	1.8
Champdepraz	10	60	0.2	3.0	4.0
Hône	33	82	0.8	4.0	5.0

Ubicazione Dissesti

durante l'evento del 29/04/2012



27 novembre 2012

DURATA EVENTO: 25 novembre 2012 ore 12.00 – 29 novembre 2012 ore 12.00

• **Analisi meteo**

Il 25 novembre una saccatura comincia ad approfondirsi dal nord Atlantico al Mediterraneo occidentale, richiamando correnti umide sud-occidentali che iniziano a portare qualche nevicata sull'alta Valle d'Aosta. Il 27 novembre si forma un minimo chiuso che, dai Pirenei, si sposta verso il Mar Ligure, favorendo, in particolare il 28 novembre, intense precipitazioni su tutto il versante tirrenico dell'Italia. Il settore regionale maggiormente colpito è quello sud-orientale, con localmente più di un metro di neve fresca in quota. Il limite neve si mantiene tuttavia un po' più basso sulla parte centro-occidentale della Regione (tra 600 e 1200 m, contro i 1100 – 1300 m del settore orientale), perché meno esposta ai venti padani, umidi e ancora relativamente miti, e più vicina al flusso freddo diretto verso la Francia.

• **Piogge**

Sulla Regione si sono registrate precipitazioni mediamente moderate (pioggia cumulata media pari a 70 mm in più di 48 h), con valori però forti sulla zona B (pioggia media superiore a 120 mm). Le precipitazioni massime sono risultate comprese tra 199 mm in zona B (Champorcher – Rifugio Dondena) e 74 mm in zona A (Saint-Denis – Raffort).

• **Corsi d'acqua**

Durante la sera del 28 novembre si è registrato un innalzamento dei livelli della Dora Baltea (Hône) e del Lys (Issime e Pont-Saint-Martin), con valori comunque al di sotto delle soglie di allerta.

• Zero termico

Durante l'evento lo zero termico medio è risultato compreso tra 1500 e 2200 m s.l.m. Questo ha determinato precipitazioni nevose generalmente al di sopra dei 1500 m s.l.m. Durante la giornata del 28 novembre lo zero termico è risultato significativamente più basso nella zona C rispetto alle zone A e B.

• Neve

Ad una quota compresa tra 1800 e 2200 m s.l.m. si sono registrati quantitativi medi di neve caduta compresi tra 40 cm delle zone A e D, 55 cm della zona C e 100 cm della zona B. I quantitativi più alti sono stati registrati a Champorcher – Dondena e Gressoney-Saint-Jean – Lago di Seebna con circa 120 cm di neve fresca.

• Dissesti

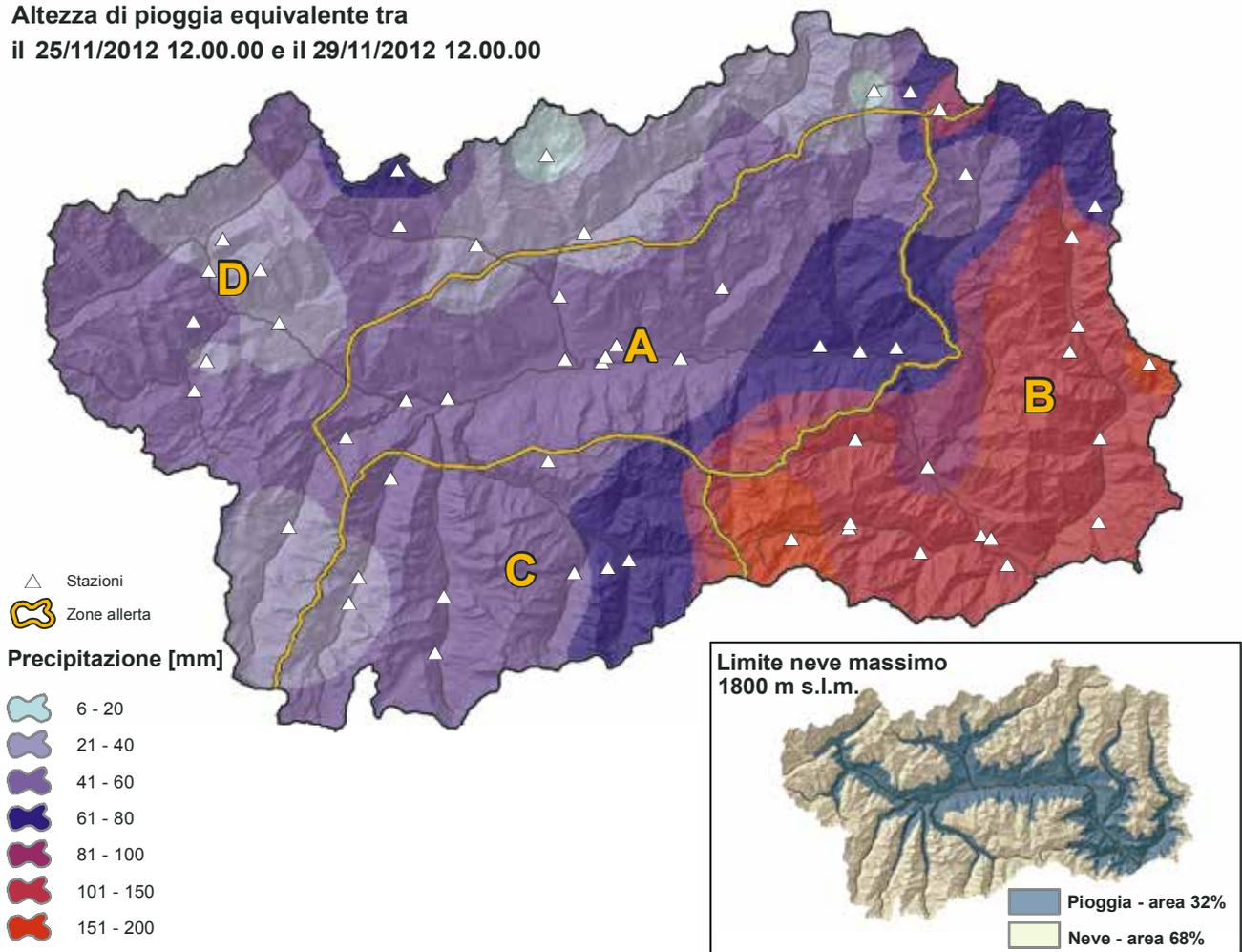
È stato segnalato solo un piccolo smottamento nel comune di Saint-Vincent in località Biéton.

Pioggia cumulata da inizio evento	Valle d'Aosta	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Media [mm]	58	123	54	45	70
Massimo [mm]	74	199	79	94	199
Media storica mensile [mm]	56	106	48	61	75

Zero termico	Valle d'Aosta	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Quota max [m.s.l.m.]	2200	2200	2200	2200	2000
Quota min [m.s.l.m.]	1200	1400	1500	1200	1300

Portata e Livello Dora Baltea	Portata [m³/s]		Livello acqua [m]		
	Massimo	Media storica mensile	Massimo	Livello di allerta 1	Livello di allerta 2
Aymavilles	12	7	1.0	2.5	3.5
Nus	9	17	0.1	1.0	1.8
Champdepraz	4	10	0.1	3.0	4.0
Hône	16	11	0.5	4.0	5.0

**Altezza di pioggia equivalente tra
il 25/11/2012 12.00.00 e il 29/11/2012 12.00.00**





Région Autonome
Vallée d'Aoste
Regione Autonoma
Valle d'Aosta

**Assessorat des ouvrages publics,
de la protection des sols et
du logement public**

**Assessorato opere pubbliche,
difesa del suolo e
edilizia residenziale pubblica**

Dipartimento programmazione, difesa del suolo e risorse idriche
Centro funzionale regionale
Via C. Promis, 2/a - 11100 Aosta
Telefono +39 0165 272749
Telefax +39 0165 272291
centrofunzionale@regione.vda.it
www.regione.vda.it



CENTRO FUNZIONALE
REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA