



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'interno DFI
Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera

Rapporto sul clima 2012



printed in
switzerland



Rapporto sul clima 2012

Editore

Ufficio federale di meteorologia e climatologia
MeteoSvizzera
Divisione Clima
Krähbühlstrasse 58
CH-8044 Zurigo

meteosvizzera@meteosvizzera.ch
www.meteosvizzera.ch

Redazione

Dr. Stephan Bader, Thomas Schlegel

Autori

Dr. Stephan Bader, Michael Begert, Dr. Martine Collaud Coen, Dr. Christoph Frei, Dr. Sophie Fukutome, Dr. Regula Gehrig, Dr. Thomas Herren, Dr. Pierre Jeannet, Dr. Eliane Maillard Barras, Dr. Rolf Philipona, Dr. Simon Scherrer, Thomas Schlegel, Dr. Christoph Spirig, Dr. René Stübi, Dr. Laurent Vuilleumier

Immagine di copertina: «L'autunno incontra l'inverno». Vista dal Sasso Torrasco sopra Bellinzona verso l'alpe Morisciolo e le Alpi vallesane. Foto: Stefano Zanini, 16 novembre 2012

Citazione del presente rapporto: «MeteoSvizzera 2013: Rapporto sul clima 2012». Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera, Zurigo. 70 pagine.

Indice dei contenuti

4

Indice dei contenuti	4
Riassunto	5
Summary	6
Nuovi valori climatici 1981-2010	9
1 Andamento del tempo nel 2012	11
2 Diagrammi dell'andamento annuale	21
3 Particolarità del 2012	31
3.1 Ondata di freddo estremo in febbraio	31
3.2 Bella tromba d'acqua sul Lago di Zurigo	34
3.3 Molta neve per l'inizio inverno	35
4 Andamento meteorologico globale 2012	37
4.1 Di nuovo un anno molto caldo	37
4.2 L'influsso di La Niña	38
4.3 Eventi particolari	39
4.4 Minimo storico dell'estensione estiva della banchisa artica	39
5 Monitoraggio climatico	41
5.1 Atmosfera	43
5.1.1 Osservazioni al suolo	43
Temperatura	43
Giorni di gelo	46
Giorni estivi	47
Quota dell'isoterma di zero gradi	48
Precipitazioni	49
Giorni con precipitazioni moderate	52
Precipitazioni nei giorni molto piovosi	53
Periodi asciutti	54
Indice di siccità	55
5.1.2 Atmosfera libera	56
Quota dell'isoterma di zero gradi	56
Altitudine della tropopausa	56
5.1.3 Composizione dell'atmosfera	57
Serie di misurazioni dell'ozono ad Arosa	57
Misurazioni dell'ozono a Payerne	58
Polvere sahariana	59
Concentrazione dei pollini	60
5.2 Suolo	62
Quantitativi di neve fresca e giorni con neve fresca	62
Indice di primavera	64
Fioritura del ciliegio a Liestal e spiegamento delle foglie dell'ippocastano a Ginevra	65
5.3 Base dei dati e metodi	66
Bibliografia	68

Riassunto

La temperatura media annuale della Svizzera nel 2012 ha superato la norma 1981-2010 di circa 0,5 °C, mentre le precipitazioni hanno avuto uno scarto positivo del 6% circa rispetto alla norma 1981-2010. L'inizio dell'anno è stato prettamente invernale con molta neve in montagna e massicce ondate di freddo in febbraio. La primavera è invece risultata estremamente calda, ben soleggiata e asciutta, mentre l'estate è cominciata a rilento e soltanto in agosto vi sono stati periodi di gran caldo. Già all'inizio dell'autunno si sono verificate le prime nevicate fino a media quota, compensate da una bella estate indiana in ottobre. Alla fine di ottobre la neve è caduta fino in pianura al nord e alla fine di novembre si è avuta la prima nevicata importante al sud delle Alpi, nel Vallese e nel Giura. La neve ha poi interessato tutta la Svizzera anche nella prima metà di dicembre con quantitativi significativi fino a basse quote.

Già alla fine del 2011 sulle Alpi svizzere la coltre di neve aveva raggiunto uno spessore superiore al normale. Nei primi giorni del 2012 una veloce corrente da nordovest ha nuovamente portato nevicate abbondanti in quota, con elevato pericolo di valanghe. A basse quote la neve è per lo più stata assente e le temperature relativamente miti, mentre nella prima metà di febbraio la Svizzera è stata investita da un'ondata di freddo come non succedeva più da 27 anni.

A livello nazionale il mese di marzo è stato il secondo più caldo, al sud delle Alpi persino il più caldo dall'inizio delle misurazioni nel 1864. In seguito, fin verso la fine di aprile il tempo è restato relativamente fresco, ma il 28 una fase di favonio ha causato condizioni estive al nord delle Alpi e in alcune stazioni della rete di misurazione si è registrata la temperatura più alta mai misurata in aprile.

Maggio e la prima metà di giugno sono invece risultati relativamente umidi e poco soleggiati in tutta la Svizzera e anche in luglio vi sono state fasi prolungate di tempo fresco. Soltanto in agosto il tempo ha avuto un carattere estivo in tutto il Paese e nella seconda metà del mese si è persino verificata una fase di canicola con temperature da primato per alcune stazioni di montagna.

Alla fine di agosto-inizio di settembre una massiccia invasione di aria fredda ha messo fine all'estate e al nord delle Alpi alcuni passi alpini hanno dovuto essere chiusi a causa della neve. Dopo metà ottobre si è invece avuto un periodo quasi estivo con temperature particolarmente elevate in montagna. Anche a media quota, infatti, sono state registrate temperature massime di oltre 20 °C, valori questi estremamente miti per la stagione. Negli ultimi giorni di ottobre un massiccio afflusso di aria polare ha poi portato l'inverno su gran parte della Svizzera.

Negli ultimi giorni di novembre all'ovest e in particolare al sud si sono verificate precipitazioni importanti con un limite delle nevicate in calo fino a 1000 metri circa. Nel resto della Svizzera si sono invece avute nevicate fino in pianura nella prima metà di dicembre. Non vi è però stato un bianco Natale e la fine dell'anno è stata relativamente mite, almeno a basse quote.

Nell'ambito dell'evoluzione storica della temperatura, anche il 2012 ha contribuito al rialzo della temperatura in Svizzera, sia per quanto concerne l'anno, sia per le stagioni primavera estate e autunno. In accordo con il generale aumento della temperatura, nel periodo preso in considerazione (dal 1959) il numero di giorni estivi è chiaramente aumentato e quello dei giorni con gelo è nettamente diminuito. Nel periodo analizzato, la quota dell'isoterma di zero gradi è salita di circa 350 m: al rialzo hanno contribuito soprattutto le stagioni inverno, primavera ed estate. Il generale riscaldamento si manifesta pure con un inizio più precoce del periodo vegetativo.

Le precipitazioni nel 2012, viste nell'ambito dell'andamento storico, mostrano una tendenza a quantitativi superiori alla media per i valori annuali e invernali al nord delle Alpi. Come finora, le altre stagioni non mostrano una tendenza a lunga scala dei quantitativi. Sul versante sudalpino invece, né le somme annuali né quelle stagionali mostrano una tendenza definita. L'andamento del numero di giorni con precipitazioni moderate non ha praticamente subito cambiamenti nel periodo preso in considerazione (dal 1959), anche se al sud delle Alpi si può constatare una lieve diminuzione regionale del numero di giorni con precipitazioni moderate. Localmente il quantitativo di acqua raccolto nei giorni molto bagnati è aumentato, mentre in molte regioni non si constata alcun cambiamento. Anche la lunghezza dei periodi asciutti non sembra aver subito cambiamenti.

La situazione dell'ozono negli strati alti dell'atmosfera sopra la Svizzera è restata costante negli ultimi anni, dopo che tra il 1970 e il 1995 ha avuto luogo una diminuzione del 6% circa dell'ozono totale.

Summary

6

In 2012 the annual mean temperature in Switzerland was about 0.5 deg Celsius above the norm value 1981-2010. Annual precipitation amounted to a surplus of 6 percent compared to the norm. The year started in a very wintery fashion with above-average snow in the mountains and an intensely cold spell in February. The spring was extremely warm, very sunny and rather dry. The summer however developed rather slowly and only August brought real high-summer weather including a heat wave. Some snowfall down to medium altitudes in early autumn produced a first hint of winter while October was characterized by a glorious Indian Summer followed by an abrupt change with snow down to the lowlands. The snow theme remained in the foreground with an episode of severe wintery weather at the end of November on the southern slopes of the Alps, in the Valais and Jura and with intensive snowfall all over Switzerland down to low altitudes in the first half of December.

As the year 2011 came to its close there was already an above-average amount of snow in many parts of the Swiss Alps. A strong north-westerly front in the first days of 2012 brought again large amounts of snow at high altitudes. In the Swiss lowlands, however, temperatures remained mild and there was scarcely any snow. Just with the beginning of February Switzerland was seized by the most powerful cold spell in 27 years.

In the second half of February temperatures turned out exceptionally mild, starting south of the Alps. The exceptional warmth finally extended to all Swiss regions and lasted up to the first days of April. Overall, it was the second warmest March in Switzerland, south of the Alps even the warmest since observations began in 1864.

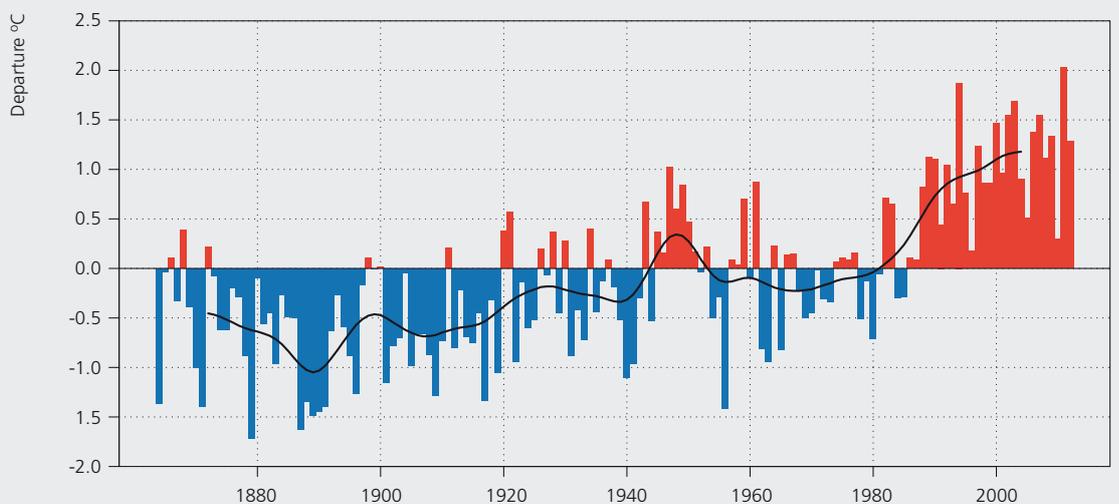
Later on the weather continued unsettled and cool until the end of April. On 28 April during a Foehn-event the highest April temperatures were recorded by some weather stations since observations began.

During May and the first part of June the weather was cloudy and wet. The first three weeks of July were also dominated by unsettled weather episodes and the repeated influx of cool air masses. Only August brought persistent warm summer conditions to all of Switzerland. After the middle of the month the entire country was seized by an intense heat wave. A powerful polar front on the threshold of August to September put paid to the summer heat of 2012. There was a lot of precipitation on the northern slopes of the Alps and some Alpine passes had to be closed due to snowfall. During the second half of October Switzerland enjoyed a splendid Indian Summer. Even in medium altitudes temperatures rose partly above 20°C in sunny weather conditions, which is exceptionally mild for this season. In the last days of October however a massive influx of polar air masses spread a wintery cover over most parts of Switzerland.

After a period with heavy snowfall to the end of November in the Southern Alps and in the Jura mountains, the first weeks of December brought a lot of snow to all of Switzerland. In low altitudes, however, before Christmas the snow cover disappeared due to rainfall and mild temperatures.

With a view to the long-term climate development the warm year 2012 has again contributed to the temperature increase in Switzerland, both in terms of the annual development and the spring, summer and autumn seasons. In accordance with generally higher temperatures the number of summer

Time series of the yearly temperature anomalies [°C] for 12 representative Swiss surface stations for the years 1864-2012. Color bars represent anomalies in respect to the long-term mean 1961-1990, red indicating positive and blue negative anomalies. The black contour line represents the 20-year running mean. According to recommendations of the WMO the standard climate period (climate normals) for climate evolution analyses is 1961-1990.



days has increased considerably while the number of frost days has decreased in the period under scrutiny since 1959. In the same period the zero degree level has risen by around 350 m, mainly in the winter, spring and summer seasons. The general rise in temperature has also led to an earlier development of vegetation.

North of the Alps the long-term precipitation development shows a trend to higher precipitation totals for the year and for the winter season. No long-term changes in the precipitation totals have been registered so far for the remaining seasons. South of the Alps no long-term change in the precipitation pattern has been registered so far, both as regards annual totals and seasonal totals. In the period under scrutiny since 1959 the number of days with heavy precipitation has remained largely unchanged; south of the Alps, however, a decrease of days with heavy precipitation can be observed regionally. Precipitation totals of very wet days have increased regionally; in many places however there has been no change. The length of the most intensive dry periods has not changed. The over 100-year-old snow records do not indicate any changes in the fresh snow totals nor in the number of days with fresh snow.

In the past years the ozone situation in the upper atmosphere over Switzerland has remained stable. This stability follows a decrease of the ozone total of around 6% which took place between 1970 und 1995.





Nuovi valori climatici 1981-2010

I valori climatici normali sono indispensabili per paragonare l'andamento meteorologico di una regione con le condizioni climatiche attuali. Tale confronto può servire a mettere in evidenza se un certo periodo in una determinata località sia stato più o meno asciutto, più o meno caldo o, ancora, più o meno soleggiato rispetto alle medie di riferimento. Poiché il clima è in continua evoluzione è tuttavia importante che i valori normali non si riferiscano a un periodo troppo lontano nel passato. I valori normali utilizzati come base di confronto dovrebbero, dunque, corrispondere ai valori medi che ci si può ragionevolmente attendere. In base alla definizione elaborata nel 1935 dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM), per determinare i valori normali sono utilizzati in tutto il mondo gli stessi periodi trentennali, chiamati periodi standard, 1901-1930, 1931-1960 e 1961-1990. Fino al 2012 MeteoSvizzera ha utilizzato le norme del periodo standard 1961-1990.

Scopo di un periodo normale aggiornato

Da oltre 25 anni in Svizzera non vi è più stato un anno con una temperatura inferiore al valore medio del periodo 1961-1990. Questo fatto dimostra in maniera impressionante il cambiamento del clima che ha avuto luogo anche in Svizzera ma nel contempo mette in evidenza che il periodo 1961-1990, almeno per quanto concerne le temperature, ha perso la sua validità come indicatore del clima atteso nel prossimo futuro. Con l'avanzare del riscaldamento globale si modificano pure le condizioni climatiche locali e regionali. La temperatura media degli ultimi 30 anni in Svizzera risulta così da 0,5 a 1,0 °C superiore ai valori finora utilizzati del periodo normale 1961-1990.

Il periodo normale 1981-2010 per il clima attuale del futuro prossimo

L'OMM ha proposto ai servizi meteorologici nazionali di mettere a disposizione i valori normali di un ulteriore periodo trentennale accanto a quelli del periodo standard 1961-1990 e di aggiornarli ogni 10 anni. Si avrebbero così valori normali che descrivono più fedelmente il clima odierno e che rappresentano meglio il clima futuro, applicabili per esempio nel ramo del turismo o dell'edilizia. MeteoSvizzera ha dato seguito alle raccomandazioni dell'OMM nel 2013 e di conseguenza anche nel presente rapporto i confronti sono stati eseguiti con le norme 1981-2010. I confronti si trovano nei capitoli 1-3.

Il periodo normale 1961-1999 come riferimento per l'evoluzione storica del clima

Il periodo standard 1961-1990 è invece mantenuto come riferimento per le lunghe serie di osservazioni e misurazioni. Con l'applicazione di un periodo di riferimento stabile nel tempo e utilizzato a livello internazionale, le serie lunghe di dati sono paragonabili tra di loro. Secondo le raccomandazioni dell'OMM, per l'analisi dell'evoluzione del clima bisognerebbe utilizzare il periodo normale 1961-1990 [28]. Nel presente rapporto le norme 1961-1990 sono applicate nel capitolo 5.

Ulteriori informazioni sull'argomento dei periodi normali sono disponibili alle pagine web di MeteoSvizzera:
http://www.meteosvizzera.admin.ch/web/it/clima/clima_della_svizzera/norma81-10.html



1 | Andamento del tempo nel 2012

La temperatura media annuale della Svizzera nel 2012 ha superato la norma 1981-2010 di circa 1,3 °C, mentre le precipitazioni hanno avuto uno scarto positivo del 6% circa rispetto alla norma 1981-2010. L'inizio dell'anno è stato prettamente invernale con molta neve in montagna e massicce ondate di freddo in febbraio. La primavera è invece risultata estremamente calda, ben soleggiata e asciutta, mentre l'estate è cominciata a rilento e soltanto in agosto vi sono stati periodi di gran caldo. Già all'inizio dell'autunno si sono verificate le prime nevicate fino a media quota, compensate da una bella estate indiana in ottobre. Alla fine di ottobre la neve è caduta fino in pianura al nord e alla fine di novembre si è avuta la prima nevicata importante al sud delle Alpi, nel Vallese e nel Giura. La neve ha poi interessato tutta la Svizzera anche nella prima metà di dicembre con quantitativi significativi fino a basse quote.

Molta neve in montagna all'inizio dell'anno

Già alla fine del 2011 sulle Alpi svizzere la coltre di neve aveva raggiunto uno spessore superiore al normale. Nei primi giorni del 2012 una veloce corrente da nordovest ha nuovamente portato nevicate abbondanti in quota, con elevato pericolo di valanghe. Ad Andermatt, nelle Alpi centrali, si potevano misurare oltre 2 m di neve, il terzo valore più alto per gennaio dall'inizio dei rilevamenti nel 1966. A basse quote la neve è per lo più stata assente e le temperature relativamente miti.

Freddo intenso in febbraio

Dopo una fase di tempo soleggiato e mite, la Svizzera è stata investita da un'ondata di freddo come non succedeva più da 27 anni. Dal 1° al 14 febbraio, con aria gelida di origine siberiana la temperatura media a basse quote della Svizzera orientale è scesa a valori tra -9 °C e -10 °C, solo leggermente meno fredde all'ovest, mentre al sud delle Alpi le medie hanno fatto registrare valori tra -2 °C e -8 °C. Le temperature minime sono invece localmente scese al nord fino a -20 °C e a oltre -30 °C nelle zone pianeggianti in quota come in Engadina. Nella seconda settimana di febbraio i piccoli laghi dell'Altopiano sono gelati e sul Pfäffikersee e sul Greifensee lo strato di ghiaccio ha raggiunto uno spessore tale da sostenere il peso delle persone. Anche nella parte alta del lago di Zurigo lungo le rive si sono formate vaste distese di ghiaccio richiamando numerosi pattinatori.

Durante la fase di freddo a intervalli al nord delle Alpi è pure caduta un po' di neve e di conseguenza nella prima metà di febbraio anche le pianure si sono trovate permanentemente innestate, seppure con uno strato di neve molto modesto.

Dopo il freddo fase estremamente mite

Nella seconda metà di febbraio al sud delle Alpi il tempo è diventato particolarmente mite e il 25 a Locarno-Monti è stata registrata una massima di 23,3 °C, valore più alto mai misurato in febbraio dall'inizio delle misurazioni nel 1935. Il precedente primato risale al 1948 con oltre 1 °C in meno. Dopo il sud, il caldo inconsueto ha toccato anche il resto della Svizzera e si è protratto fino all'inizio di aprile. A livello nazionale il mese di marzo è stato il secondo più caldo, al sud delle Alpi persino il più caldo dall'inizio delle misurazioni nel 1864. Inoltre, al nord delle Alpi il soleggiamento di marzo è stato da primato, mentre nelle Alpi stesse i primati sono stati eguagliati.

Caldo estivo in primavera

Dopo il caldo record, fin verso la fine di aprile il tempo è stato instabile e fresco. Negli ultimi giorni del mese, una tempesta di favonio ha causato condizioni estive al nord e il 28 in alcune stazioni della rete di misurazione si è registrata la temperatura più alta mai misurata in aprile. A Berna, per esempio, la massima è salita a 28,2 °C e a Lucerna a 29,1 °C ma è stato molto mite nelle Alpi: a Davos (1600 m slm) il termometro è salito a 19,4 °C, come il 25 aprile 2007. Questo valore rappresenta così il massimo per aprile dall'inizio dei rilevamenti nel 1877. Il caldo è continuato anche in maggio e il giorno 11 si sono generalmente avute massime tra 27 °C e 29 °C, con punte anche sopra i 30 °C (giorno tropicale), ciò che al nord delle Alpi è inconsueto per l'inizio di maggio. La quota dell'isoterma di zero gradi è invece salita a 4140 m slm, quota che non è mai stata osservata in 40 anni di rilevamenti.

Fine della primavera e inizio dell'estate variabili

Soltanto un giorno dopo l'ondata di caldo, la Svizzera si è nuovamente trovata immersa in aria polare. Accompagnata da precipitazioni sostenute, al nord delle Alpi la temperatura massima in pianura è salita solo di poco oltre i 10 °C e a metà maggio la neve è ancora caduta fino a 600 m di quota. Al sud, più che le massime, sono state le minime a far registrare valori particolarmente bassi per la stagione. In tutta la Svizzera la prima metà di giugno è risultata spesso grigia e piovosa e pure le prime tre settimane di luglio sono state caratterizzate da fasi di tempo instabile con ripetute invasioni di aria polare fresca. A coronamento di questo periodo non molto estivo, il 21 luglio, durante un temporale sul lago di Zurigo è stata osservata un a spettacolare tromba d'acqua.

Piena estate solo in agosto

Mentre al sud delle Alpi già in luglio si sono avute condizioni prettamente estive, al nord l'estate si è mostrata solo per brevi periodi nella seconda parte di giugno e di luglio. Così soltanto in agosto il tempo è stato estivo in tutta la Svizzera e per un periodo prolungato. Nella seconda metà del mese si è persino verificata una fase di canicola con temperature oltre i 30 °C fino a 1500 m di quota e in alcune stazioni di montagna sono stati stabiliti dei primati per agosto. Sullo Jungfrauoch (3580 m slm) è stata registrato un nuovo primato storico di ben 12,8 °C, mentre il valore più alto per tutta la Svizzera è stato misurato a Sion con 36,9 °C. Questa è la temperatura più elevata registrata in Svizzera dopo il 2003, in quell'occasione i massimi sono però risultati sensibilmente più elevati.

Primi segni dell'inverno

Alla fine di agosto-inizio di settembre una massiccia invasione di aria fredda ha messo fine all'estate 2012. Al nord delle Alpi le precipitazioni sono state abbondanti e alcuni passi alpini hanno dovuto essere chiusi a causa della neve fresca. Un secondo afflusso di aria polare tra l'11 e il 12 ha di nuovo portato neve fino a media quota. Il 13, l'aria fredda e instabile proveniente da nord ha causato la formazione di diverse trombe d'acqua sul lago Bodanico. Nei giorni seguenti è continuata l'altalena di fasi miti quasi estive e fasi di freddo con neve in montagna.

Negli ultimi giorni di settembre si è invece instaurata una situazione di forte favonio da sud, con abbondanti precipitazioni da sbarramento sul versante sudalpino. Le forti piogge hanno fatto aumentare i deflussi dei fiumi e il 26 settembre e 27 settembre la Maggia ha raggiunto livelli di guardia. Dopo una rapida alternanza di giorni miti e soleggiati e di giorni piovosi e grigi, verso metà ottobre un'ennesima invasione di aria polare ha di nuovo portato precipitazioni importanti e neviccate fino a media quota.

Estate indiana

Dopo l'intermezzo invernale, dal 17 al 25 ottobre si è avuto un periodo quasi estivo con temperature particolarmente elevate in montagna. Anche a media quota, infatti, sono state registrate temperature massime di oltre 20 °C, valori questi estremamente miti per la stagione. In alcune stazioni di montagna sono così stati stabiliti nuovi primati per la seconda metà del mese di ottobre. A partire dal 23, al nord delle Alpi si è invece formata una tenace coltre di nebbia con limite superiore tra 1000 e 1400 metri.



Subitaneo passaggio all'inverno

Negli ultimi giorni di ottobre un massiccio afflusso di aria polare ha portato l'inverno su gran parte della Svizzera. Il 28, nella Svizzera tedesca in pianura si potevano misurare da 1 cm a 10 cm di neve fresca, a quote poco più alte da 10 cm a 20 cm e localmente anche di più. Le persistenti nevicate hanno portato uno strato di 33 cm di neve a San Gallo, un nuovo primato per ottobre, superando nettamente il precedente massimo di 18 cm del 30-31 ottobre 1974 (inizio della serie di misurazioni nel 1959). A Langnau nell'Emmental sono stati misurati 30 cm, rispetto al massimo precedente di 27 cm (30.10.2008; serie a partire dal 1958). A Zurigo, il 29 ottobre lo strato di neve fresca ha raggiunto 19 cm, di 1 cm inferiore al primato del 30 ottobre 2008 (serie di misurazioni dal 1931). Verso le Alpi l'innevamento è stato più modesto degli eventi precedenti, mentre la neve ha risparmiato la regione del Lemano, i fondivalle del Vallese e delle valli dell'Aare, Reuss e Reno, così come le pianure del Ticino.

Periodo mite a fine novembre

A partire dal 12 novembre la regione alpina è stata interessata da una prolungata situazione di alta pressione con tempo ben soleggiato e particolarmente mite in montagna. La quota dell'isoterma di zero gradi è così salita fino oltre i 3000 m, permettendo alla stazione dello Jungfrauoch (3580 m slm) di rilevare una temperatura massima di oltre 3 °C. Le zone pianeggianti del nord sono invece state coperte da nebbia persistente, tipica per la stagione, mentre al sud il soleggiamento è stato abbondante anche a basse quote.

Estesa nevicata al sud delle Alpi

Negli ultimi giorni di novembre all'ovest e in particolare al sud si sono verificate precipitazioni importanti e il limite delle nevicate è sceso fino a 1000 metri circa. Dal Monte Rosa alla Mesolcina, passando per il Sempione e l'alto Ticino sono così caduti da 80 cm a 120 cm di neve fresca. Sulla cresta principale delle Alpi e nell'alto Vallese lo strato di neve ha raggiunto da 30 cm a 50 cm di spessore, nel Giura sopra 1500 m slm da 40 cm a 60 cm. La zona più toccata è stata la regione Valle Maggia-Locarnese.

Con la rotazione delle correnti al settore nord, il 29 novembre un po' di neve è arrivata anche al nord delle Alpi. Nelle Prealpi sono stati misurati circa 40 cm, verso le Alpi i quantitativi sono invece stati minori.

Molta neve per l'inizio dell'inverno

Esattamente per l'inizio dell'inverno meteorologico (1° dicembre) l'aria polare arrivata da nord ha causato il primo giorno di ghiaccio (temperatura permanentemente sotto zero). Per evidenziare ancora meglio il cambio di stagione, il giorno seguente un'attiva perturbazione ha attraversato la Svizzera nordalpina, portando uno strato di neve polverosa anche in pianura. Durante il 3 e il 4 dicembre è invece stato innevato il Vallese: a Sion la coltre di neve ha raggiunto 30 cm, a Briga mezzo metro e nell'alto Vallese 80 cm.

Il secondo fine settimana di dicembre è pure risultato prettamente invernale: dopo abbondanti nevicate notturne, il sabato mattina (8 dicembre) praticamente tutta la Svizzera è apparsa imbiancata. Dal lago di Ginevra al lago Bodanico, sull'Altopiano sono stati misurati da 5 cm a 35 cm di neve, nelle Prealpi oltre mezzo metro e anche a Locarno-Monti è stato misurato 1 cm di neve. Al nord a basse quote la coltre di neve si è mantenuta per circa una settimana, prima di essere sciolta dalla pioggia relativamente tiepida caduta durante il terzo fine settimana del mese. Sul versante sudalpino in questi giorni si sono avute precipitazioni con 5-15 cm di neve a basse quote.



Bilancio dell'anno

Nel 2012 la temperatura media sull'insieme della Svizzera ha superato la norma 1981-2010 di circa 0,5 °C. In Ticino e nel Vallese lo scarto positivo è stato di 1,0 °C, nel resto della Svizzera si è mantenuto tra 0,2 e 0,6 °C.

Nella Svizzera nordoccidentale e regionalmente anche sulla parte orientale del pendio nordalpino i quantitativi delle precipitazioni hanno raggiunto il 110-125% della norma 1981-2010. In Ticino e nel nord e centro dei Grigioni si sono in parte registrati valori del 110-120% della norma 1981-2010, altrimenti sono stati raccolti tra il 95 e il 110% della norma.

Il soleggiamento ha toccato valori tra 105% e il 115% della norma 1981-2010 sull'Altopiano e tra il 95% fino al 110% nelle altre regioni.

Tab. 1.1:
**Valori 2012 per stazioni
 scelte della rete di
 MeteoSvizzera paragonati
 alla norma 1981-2010.**

Stazione	Quota m slm	Temperatura °C			Soleggiamento h			Precipitazioni mm		
		Media	Norma	Dev.	Somma	Norma	%	Somma	Norma	%
Berna	553	9,3	8,8	0,5	1915	1682	114	1128	1059	106
Zurigo	556	9,8	9,3	0,5	1779	1544	115	1292	1134	114
Ginevra	420	11,0	10,5	0,5	1938	1828	106	970	1005	97
Basilea	316	10,9	10,5	0,4	172	1637	105	1048	842	124
Engelberg	1036	6,7	6,4	0,3	1427	1350	106	1634	1559	105
Sion	482	11,0	10,1	0,9	2212	2093	106	615	603	102
Lugano	273	13,3	12,4	0,9	2180	2069	105	1412	1559	91
Samedan	1709	2,4	2,0	0,4	1863	1733	108	699	713	98

Norma Media pluriennale 1981-2010

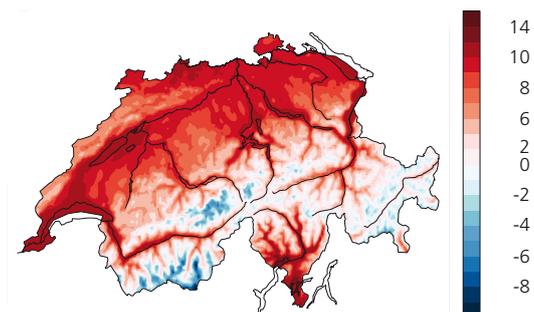
Dev. Deviazione della temperatura dalla norma 1981-2010

% Percentuale rispetto alla norma 1981-2010 (norma = 100%)

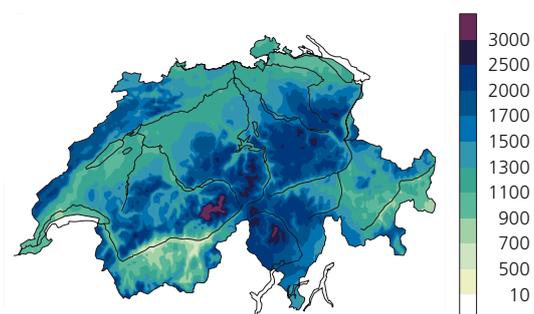
Temperatura, precipitazioni e soleggiamento nel 2012

Valori rilevati nel 2012

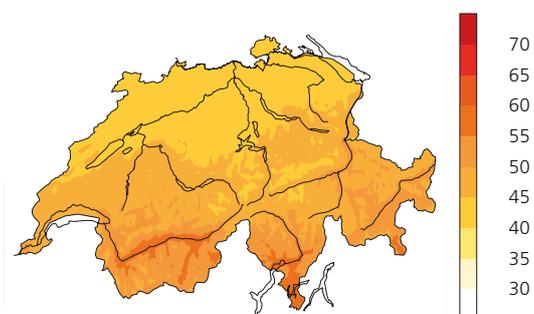
Temperatura media annuale [°C]



Somma annuale delle precipitazioni [mm]

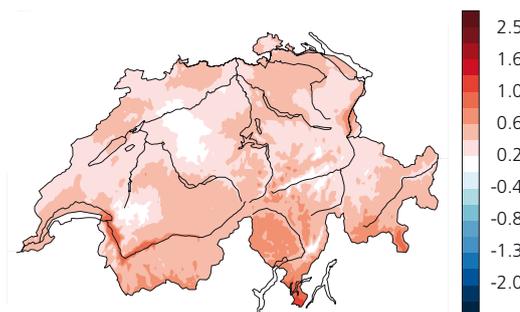


Soleggiamento annuale relativo [%]

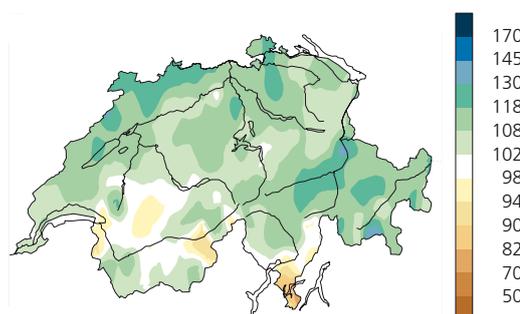


Deviazioni dalla norma 1981-2010

Scarto dalla norma [°C]



Deviazione dalla norma [%]



Deviazione dalla norma [%]

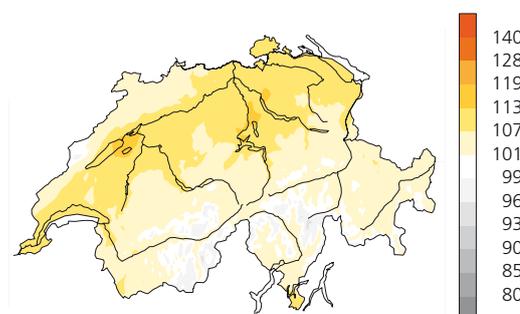
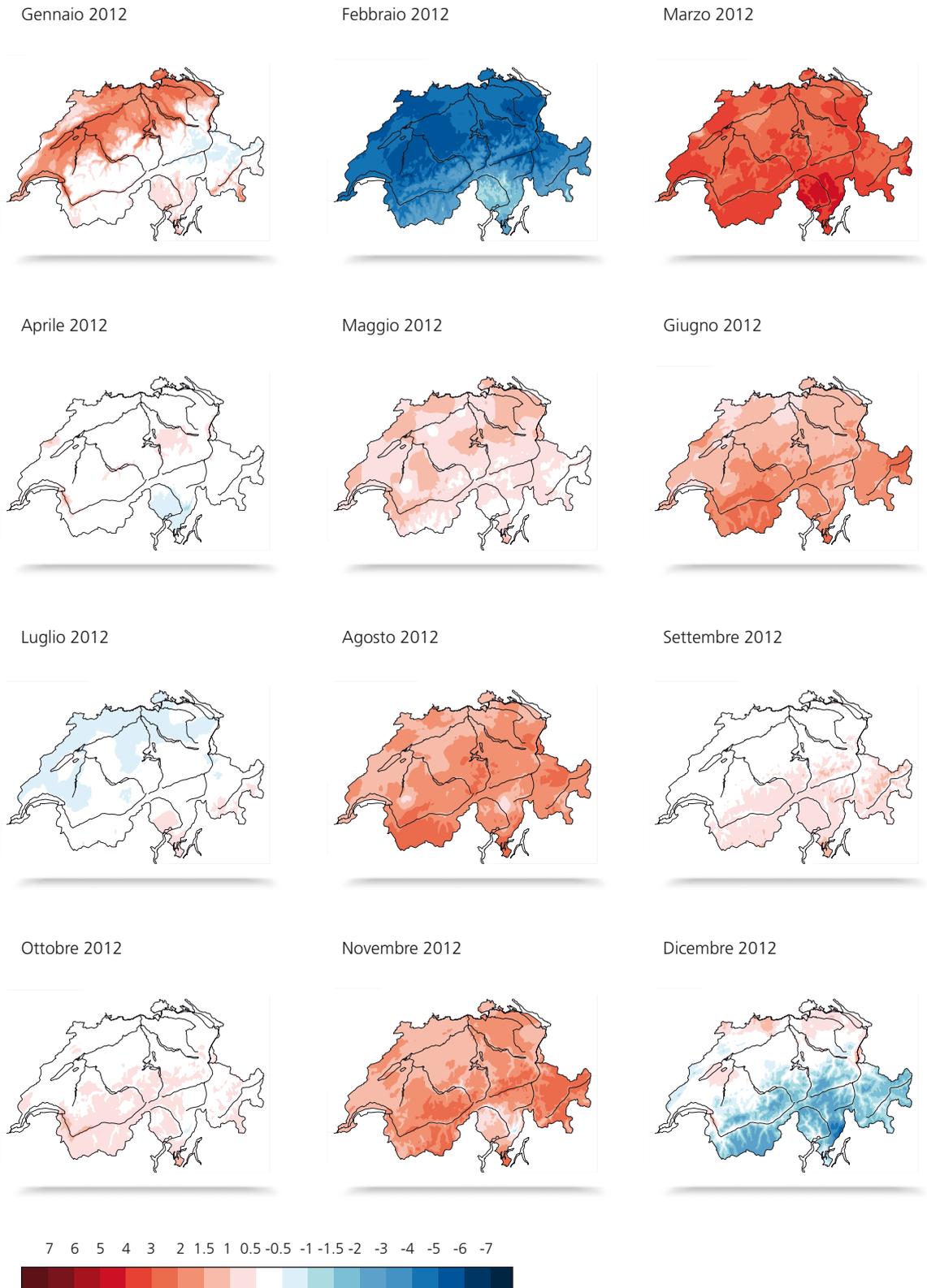


Fig. 1.1: Distribuzione spaziale della temperatura, delle precipitazioni e del soleggiamento nel 2012. Sono raffigurati i valori rilevati (a sinistra) e le deviazioni rispetto ai valori normali 1981-2010 (a destra).

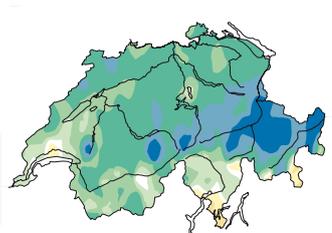
Temperature mensili 2012: scarto dalla norma 1981-2010

Fig. 1.2:
Distribuzione spaziale
dello scarto della tempera-
tura mensile rispetto alla
norma 1981-2010.

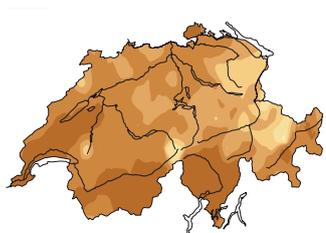


Precipitazioni mensili 2012 in percento rispetto alla norma 1981-2010

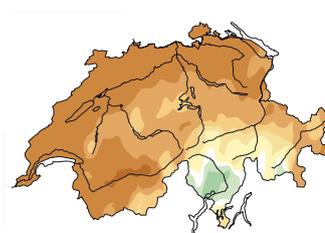
Gennaio 2012



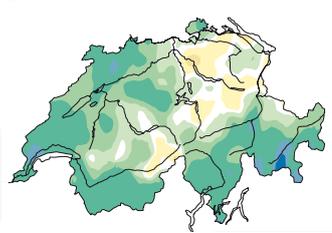
Febbraio 2012



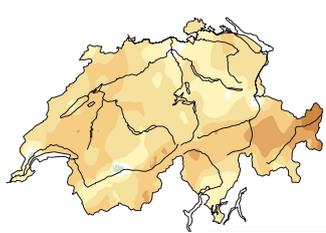
Marzo 2012



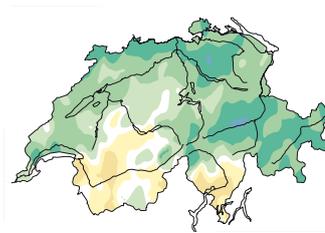
Aprile 2012



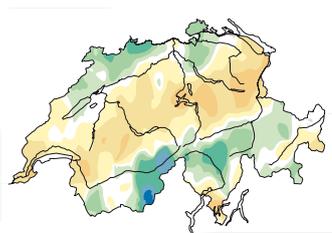
Maggio 2012



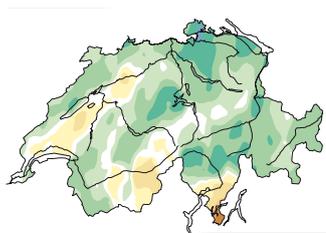
Giugno 2012



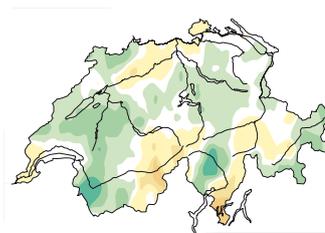
Luglio 2012



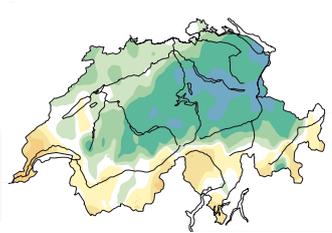
Agosto 2012



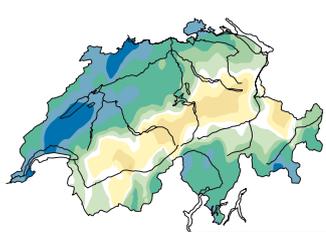
Settembre 2012



Ottobre 2012



Novembre 2012



Dicembre 2012

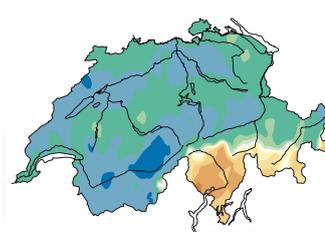
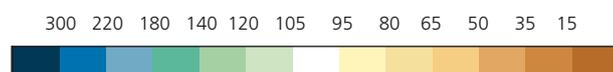
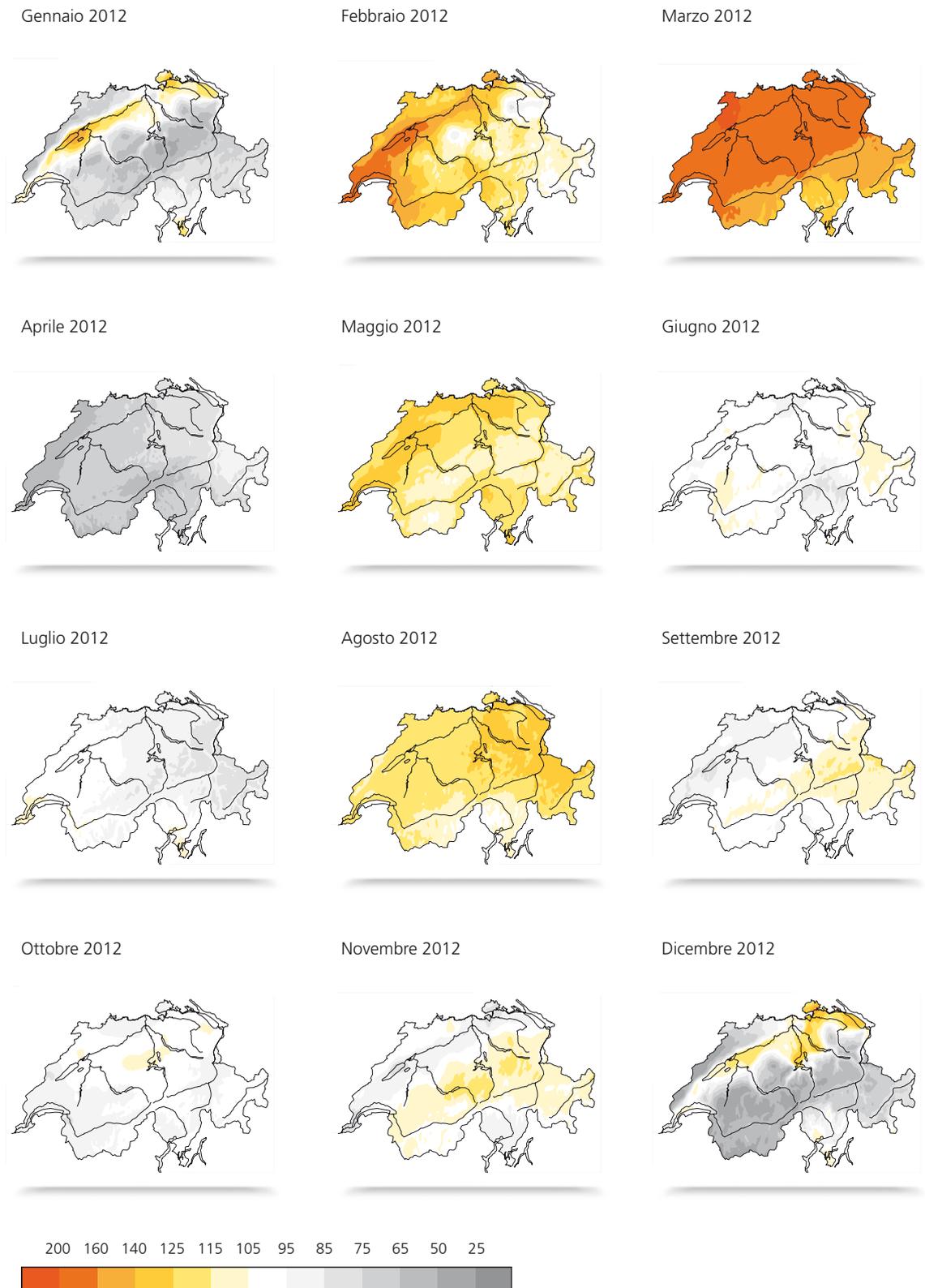


Fig. 1.3:
Distribuzione spaziale
delle precipitazioni mensili
in percento rispetto alla
norma 1981-2010.



Soleggiamento mensile in percento rispetto alla norma 1981-2010

Fig. 1.4:
Distribuzione spaziale del
soleggiamento mensile
in percento rispetto alla
norma 1981-2010.







2 | Diagrammi dell'andamento annuale

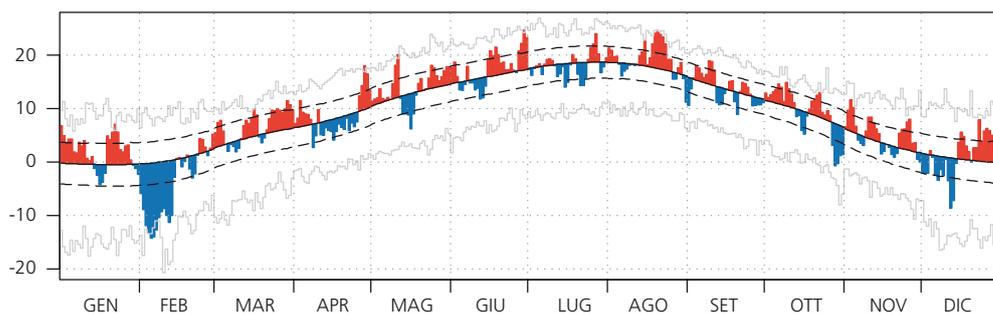
Temperatura, soleggiamento e precipitazioni

21

Berna-Zollikofen (553 m slm), 1.1.2012-31.12.2012

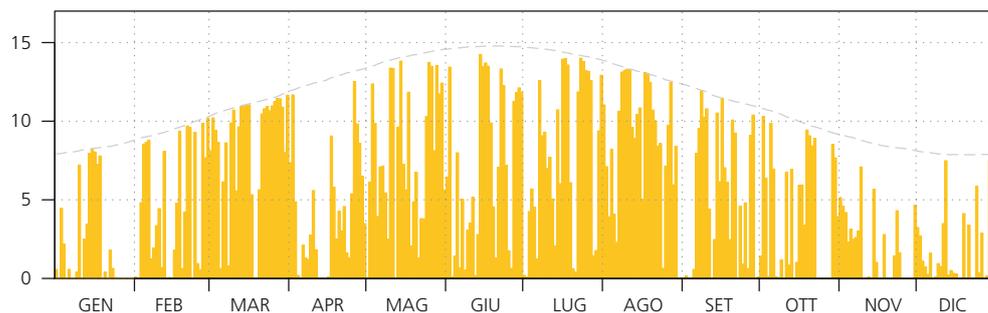
Temperatura media giornaliera [°C]

Media annuale 9,3; Norma: 8,8



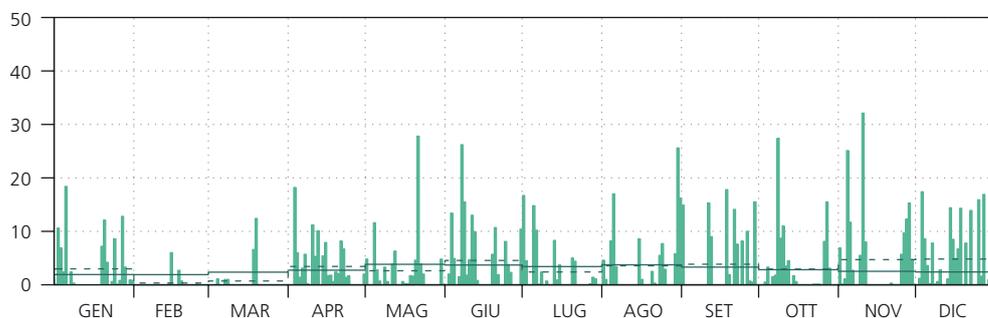
Soleggiamento giornaliero [ore]

Somma annuale: 1914,5; Norma: 1682,1



Precipitazioni giornaliere [mm]

Somma annuale: 1127,7; Norma: 1058,6



- Temperatura media giornaliera più alta, risp. più bassa della serie di dati omogeneizzata 1864-2011
- Temperatura media giornaliera del periodo normale 1981-2010
- - - Deviazione standard dalle temperature medie giornaliere del periodo 1981-2010
- Soleggiamento giornaliero massimo possibile
- Precipitazioni giornaliere medie in base alle norme mensili del periodo 1981-2010
- - - Precipitazioni giornaliere medie in base ai totali mensili misurati

Fig. 2.1:

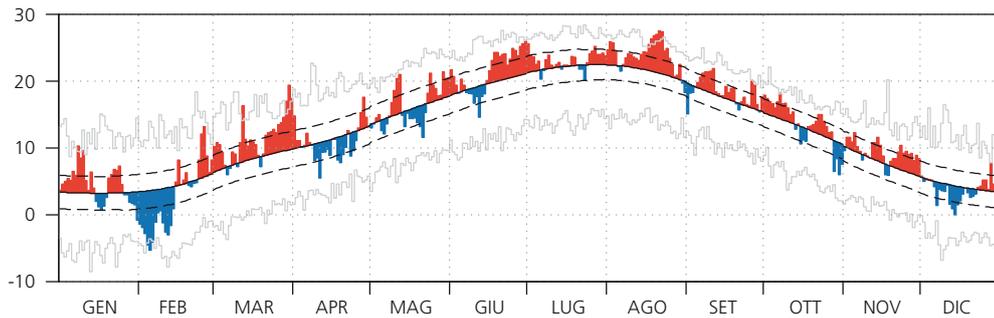
Andamento annuale della temperatura giornaliera, del soleggiamento giornaliero e delle precipitazioni giornaliere alla stazione di misurazione di Berna-Zollikofen.

Temperatura, soleggiamento e precipitazioni

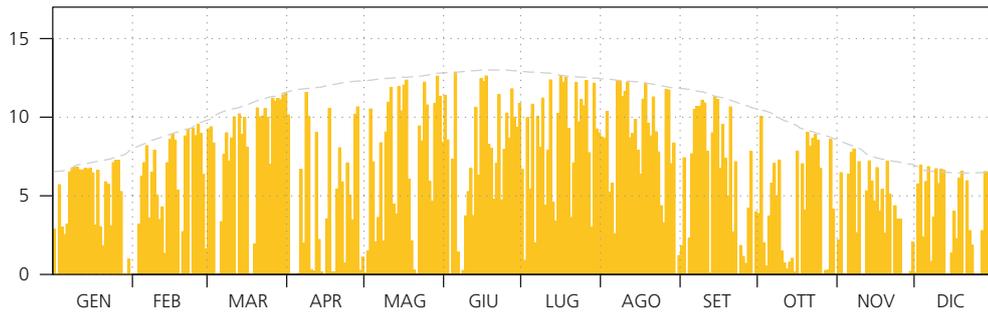
Fig. 2.2:
**Andamento annuale
 della temperatura
 giornaliera, del soleggiamento
 giornaliero e delle precipitazioni
 giornaliere alla stazione
 di misurazione di Lugano.**

Lugano (273 m slm), 1.1.2012-31.12.2012

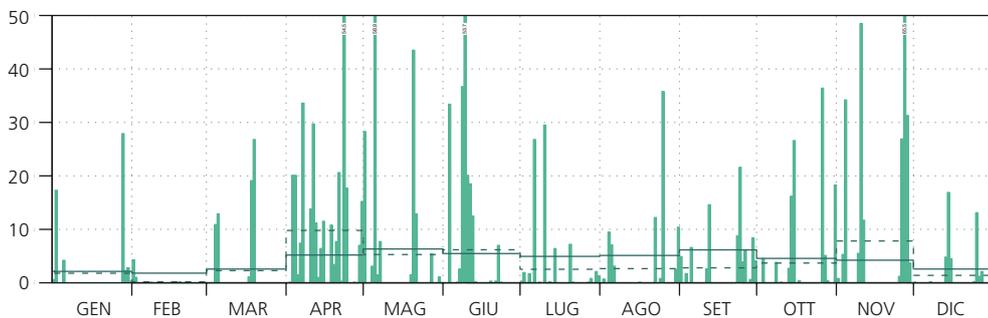
Temperatura media giornaliera [°C]
 Media annuale 13,3; Norma: 12,4



Soleggiamento giornaliero [ore]
 Somma annuale: 2179,8; Norma: 2068,9



Precipitazioni giornaliere [mm]
 Somma annuale: 1411,7; Norma: 1559,0



- Temperatura media giornaliera più alta, risp. più bassa della serie di dati omogeneizzata 1864-2011
- Temperatura media giornaliera del periodo normale 1981-2010
- - Deviazione standard dalle temperature medie giornaliere del periodo 1981-2010
- - Soleggiamento giornaliero massimo possibile
- Precipitazioni giornaliere medie in base alle norme mensili del periodo 1981-2010
- - - Precipitazioni giornaliere medie in base ai totali mensili misurati



I diagrammi sull'andamento annuale di tutte le stazioni della rete climatica svizzera [1] sono a disposizione al seguente indirizzo internet:
http://www.meteosvizzera.admin.ch/web/it/clima/clima_oggi/andamenti_annuali_nbcn.html

Quota dell'isoterma di zero gradi nell'atmosfera libera

L'andamento della quota dell'isoterma di zero gradi, ricavata dai sondaggi atmosferici giornalieri, rispecchia i lunghi periodi di caldo avuti durante il 2012. Predomina infatti il numero dei giorni con l'isoterma di zero gradi situata a quote elevate e di conseguenza della presenza di aria più calda della media nella bassa atmosfera. Spicca inoltre la fase di freddo intenso avuta in febbraio con una quota (fittizia) ben al di sotto della media, seguita da un marzo particolarmente caldo e una quota molto alta dell'isoterma di zero gradi. Vistoso è pure il freddo di dicembre con di nuovo un'altitudine nettamente sotto la media dell'isoterma di zero gradi.

I sondaggi atmosferici non sempre consentono di determinare univocamente la quota dell'isoterma di zero gradi. In situazioni di inversioni termiche, con più di una quota dell'isoterma di zero gradi, per la statistica è utilizzata la quota più elevata. In giornate con temperature sempre negative si calcola una quota fittizia dell'isoterma di zero gradi aumentando la temperatura rilevata al suolo di 0,5 °C ogni 100 metri fino a raggiungere 0 °C. In caso di condizioni molto fredde, a volte questo comporta anche una quota dell'isoterma di zero gradi al di sotto del livello del mare.

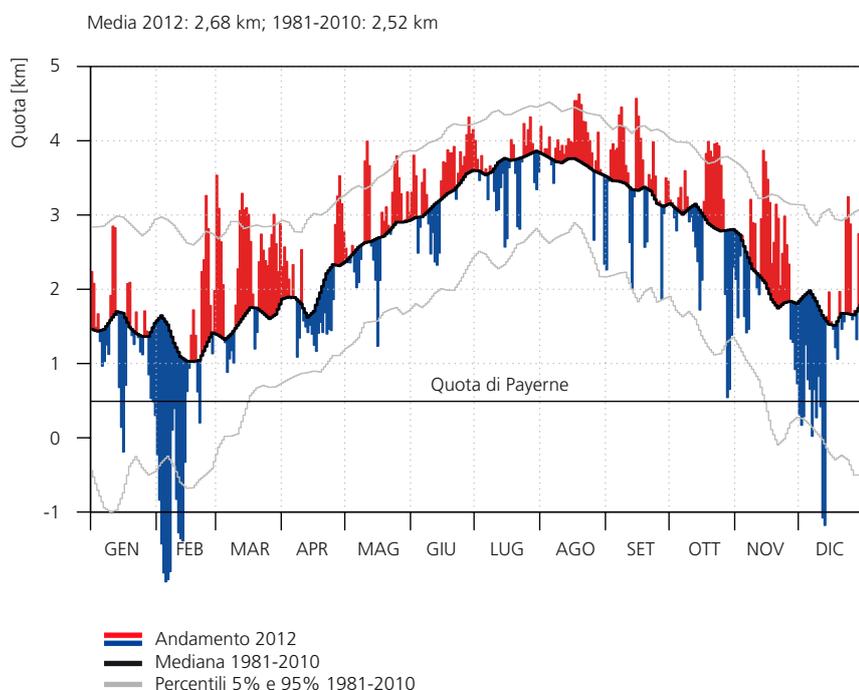


Fig. 2.3:

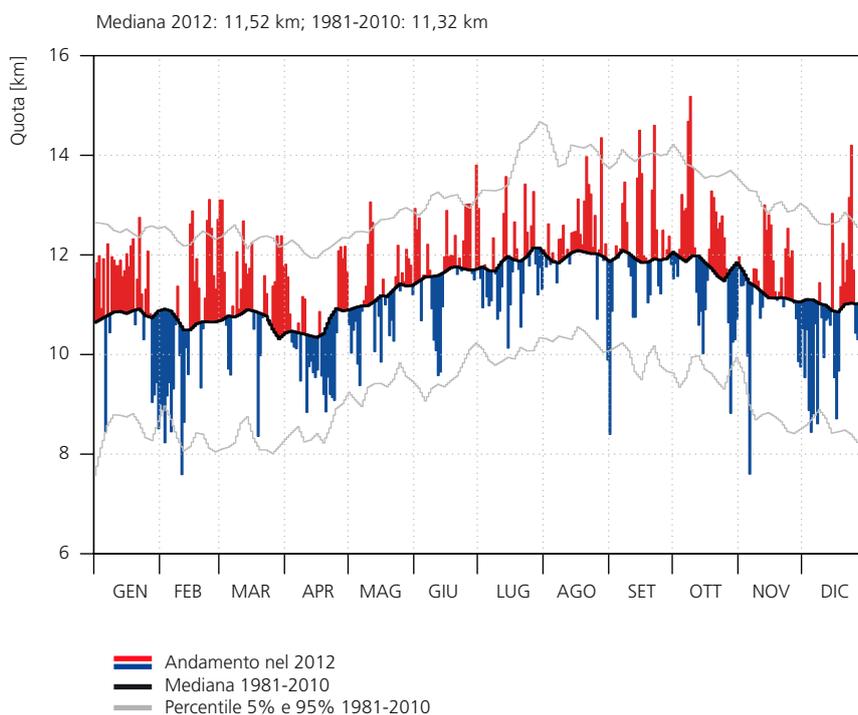
Quota giornaliera dell'isoterma di zero gradi nell'atmosfera libera sopra Payerne nel 2012. Misurazioni aerologiche con radiosonde lanciate alle ore 00 UTC e 12 UTC. Il valore mediano (periodo di riferimento 1981-2010) è stato calcolato con dati omogenizzati e liscio con un filtro numerico. Il 90% dei valori medi giornalieri viene a trovarsi nella fascia tra i percentili del 5% e del 95%.

Altitudine della tropopausa

La quota della tropopausa sopra la Svizzera è pure dedotta dai radiosondaggi lanciati due volte al giorno da Payerne. Nel corso del 2012 prevalgono i giorni con un'altitudine della tropopausa sopra la media 1981-2010. La quota della tropopausa mostra inoltre una chiara relazione con la quota dell'isoterma di zero gradi nell'atmosfera libera, anche qui con valori di molto sotto la media durante i giorni freddi di inizio febbraio e valori ben oltre la media nella seconda metà di febbraio e nel mese di marzo particolarmente caldi. L'analogia con l'andamento della quota dell'isoterma di zero gradi è riscontrabile anche per il periodo freddo di inizio dicembre.

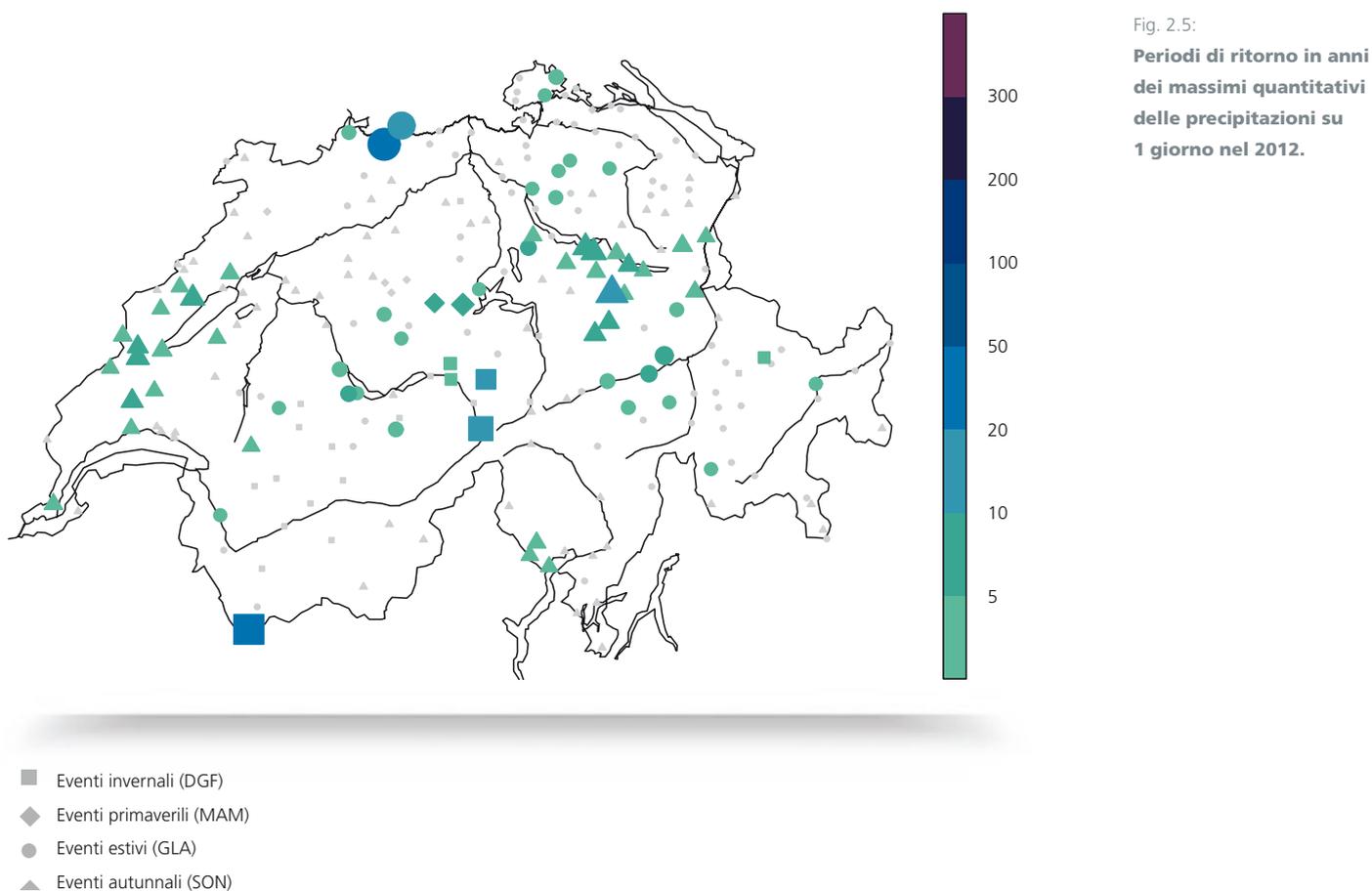
L'altitudine della tropopausa è determinata automaticamente con un algoritmo che segue le direttive dell'OMM. La tropopausa è caratterizzata da una chiara inversione dell'andamento delle temperature dell'atmosfera e normalmente corrisponde alla zona più fredda tra la troposfera e la stratosfera. La tropopausa divide la troposfera, contrassegnata dei fenomeni meteorologici, dalla stratosfera, strato secco e piuttosto stabile.

Fig. 2.4:
Quota giornaliera della tropopausa sopra Payerne nel 2012, in base ai radiosondaggi delle ore 00 UTC e 12 UTC. Il valore mediano (periodo di riferimento 1981-2010) è calcolato con dati omogeneizzati e liscio con un filtro numerico. Il 90% dei valori medi giornalieri viene a trovarsi nella fascia tra i percentili del 5% e del 95%.



Periodi di ritorno dei quantitativi massimi delle precipitazioni su 1 giorno

Per valutare se si è verificato un evento meteorologico straordinario o meno, sono state eseguite delle analisi sulle frequenze (o analisi sui valori estremi). Le informazioni prodotte indicano con quale frequenza media annuale potrebbe verificarsi l'evento considerato (periodo di ritorno). Questa procedura (generalized extreme value analysis, GEV, riferita al periodo 1961-2011) consente di qualificare per ogni stazione pluviometrica il quantitativo massimo di precipitazioni in un giorno registrato nell'anno corrente. Le stazioni con i massimi periodi di ritorno nel 2012 (>20 anni) sono Arisdorf nella regione di Basilea e il Gran San Bernardo nel Vallese.



Le dimensioni dei punti e i colori (scala a destra) rispecchiano la lunghezza del periodo di ritorno in anni. Il grigio indica un periodo di ritorno di due anni o meno.

Andamento annuale della radiazione UV

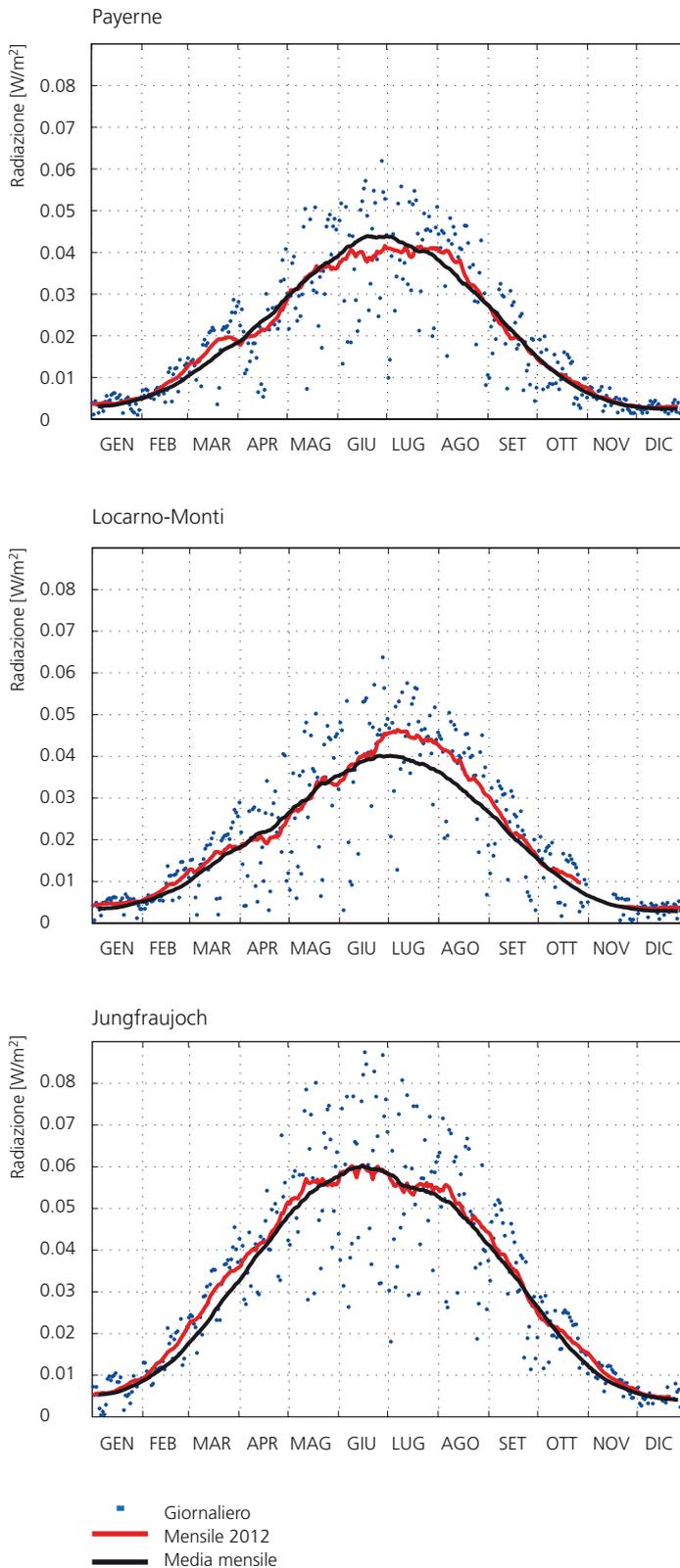


Fig. 2.6:

Valori medi giornalieri della radiazione ultravioletta che provoca eritemi (punti blu) nelle stazioni di Payerne, Locarno-Monti e Jungfrauoch. Linea rossa: media mobile mensile (31 giorni). Curva nera: andamento medio annuo calcolato con i dati 1997-2012 (Jungfrauoch), 1998-2012 (Payerne) e 2001-2012 (Locarno-Monti).

La parte UVB dello spettro di radiazione solare è importante poiché influisce in modo significativo sugli esseri viventi e in certi casi può rappresentare dei problemi di salute pubblica (cancro della pelle, danni agli occhi, ecc.). Le misurazioni di raggi UV sono eseguite con un biometro UV eritemale. Questo strumento misura l'intensità della radiazione UV utilizzando un filtro eritemale che riproduce la sensibilità della pelle, principalmente ai raggi UV-B con una piccola porzione di UV-A. MeteoSvizzera effettua le misurazioni di radiazioni UV a Davos dal maggio 1995, sullo Jungfrauoch dal novembre 1996, a Payerne dal novembre 1997 e a Locarno-Monti dal maggio 2001. Le misurazioni a Davos sono effettuate sul tetto dell'osservatorio fisico-meteorologico di Davos (PMOD). Nel 2011 e fino alla fine del 2012 le misurazioni sono state sospese a causa di lavori di ristrutturazione dello stabile.

Il confronto dell'andamento delle medie mensili mobili con il ciclo annuale medio mostra che nel 2012 la radiazione UV è stata nettamente sopra la norma in luglio e in agosto a Locarno-Monti e in misura minore a Payerne in agosto. Durante questo periodo, soprattutto a Locarno-Monti le medie giornaliere (punti blu) sono elevate e con solo pochi casi sotto la norma. Valore sotto la media appaiono quando la copertura nuvolosa è importante e di conseguenza l'ozono ha relativamente poco afflusso. Dal momento che vi sono stati pochi casi con medie giornaliere basse, ne consegue che il periodo è stato caratterizzato da un abbondante soleggiamento che spiega la radiazione UV nettamente superiore alla norma. Ciò è anche il caso in febbraio e marzo sullo Jungfrauoch e in marzo a Payerne. Per contro in giugno a Payerne la radiazione UV è risultata sotto la media.

Serie di misura dell'ozono ad Arosa

L'andamento annuale della colonna dell'ozono totale ad Arosa (fig. 2.7) mostra le tipiche oscillazioni annuali con valori massimi in primavera e minimi in autunno. L'andamento annuale è fortemente condizionato dal trasporto di ozono dalle regioni settentrionali, dove la massima concentrazione di ozono è raggiunta verso la fine della notte polare, quindi all'inizio della primavera.

Nel 2012 i valori di ozono misurati sono risultati nettamente inferiori a quelli del periodo di confronto 1926-1969. La riduzione dell'ozono totale sopra Arosa è incominciata attorno al 1970, momento di forte crescita delle emissioni di sostanze che distruggono l'ozono.

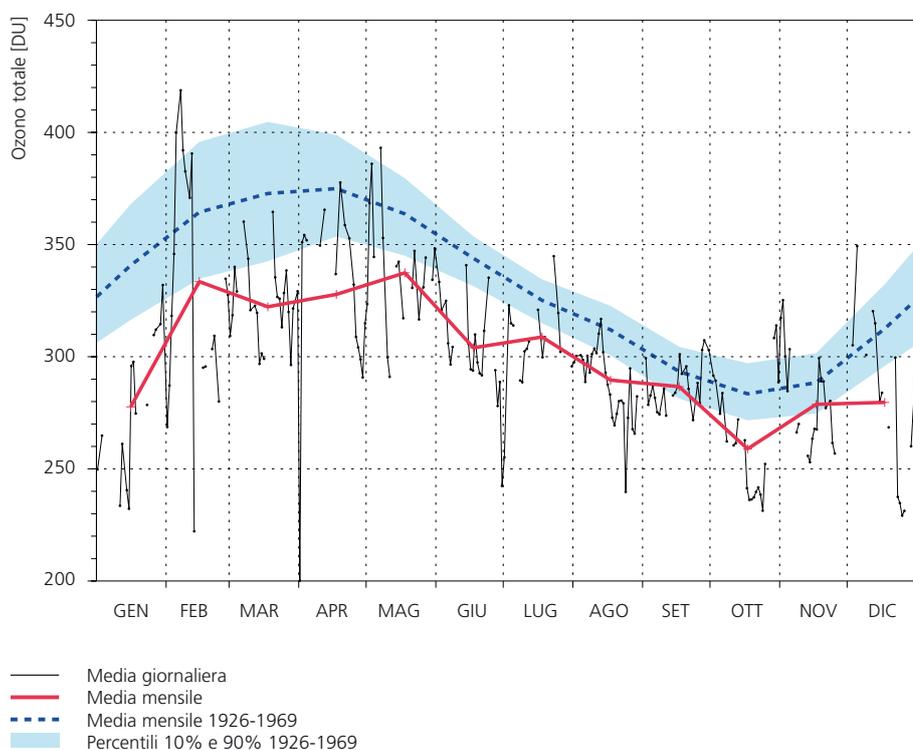


Fig. 2.7:

Andamento annuale della colonna dell'ozono totale sopra Arosa nel 2012. Curva nera: valori medi giornalieri. Curva rossa: media mensile. La curva blu mostra l'andamento annuo medio del periodo 1926-1969, cioè negli anni precedenti alla forte distruzione dell'ozono. Nella fascia blu viene a trovarsi l'80% delle escursioni del periodo 1926-1969.

Misurazioni dell'ozono a Payerne

Dal 2000 alla stazione di Payerne è misurata la distribuzione verticale dell'ozono ogni 30 minuti grazie al radiometro a microonde SOMORA (Stratospheric Ozone Monitoring Radiometer). Il grafico seguente mostra a colori l'andamento annuale in ppm del 2012 e in nero quello del 2011 (andamento per le concentrazioni di 4, 6 e 8 ppm). Questo permette di visualizzare in funzione dell'altitudine le diverse concentrazioni di ozono dell'anno in corso rispetto all'anno precedente. Così, ad esempio, si possono mettere in evidenza gli eventi con elevate punte di ozono (visibili alla fine di gennaio 2012 ma non nel 2011) e i valori minimi dell'anno in corso (che appaiono nell'ottobre 2012 ma non nel 2011).

Le misurazioni dell'ozono nell'atmosfera fino a ca. 30 km di quota sono eseguite durante i radiosondaggi. I dati raccolti permettono di determinare l'evoluzione temporale delle quantità di ozono nei diversi strati dell'atmosfera. La figura

2.9 mostra l'andamento dettagliato per il 2012: alla quota più bassa (925 hPa, vicino al suolo) il valore massimo di ozono si manifesta in estate come conseguenza della forte radiazione solare abbinata all'inquinamento atmosferico (che favorisce la formazione di ozono). Nella parte superiore della troposfera dove ha luogo la maggior parte dei fenomeni meteorologici (a circa 10 km di altitudine o alla quota di 300 hPa) il massimo estivo è nettamente appiattito perché le condizioni per la formazione di ozono non sono ottimali (disponibilità di energia e ossigeno). I forti picchi sono dovuti all'arrivo di ozono da quote più elevate. A circa 18 km (40 hPa) l'andamento annuale dell'ozono è fortemente dominato dal trasporto di ozono dalle regioni polari, dove la sua massima concentrazione è raggiunta verso la fine della notte polare, quindi all'inizio della primavera. Infine, il soleggiamento più importante a quote più elevate in estate (15 hPa, circa 25 km di quota) provoca un massimo di ozono in questa stagione.

Fig. 2.8: **Profilo verticale dell'ozono sopra Payerne nel 2012, misurato con un radiometro a microonde. È riportata la concentrazione volumetrica (VMR) in parti per milione (ppm) di ozono (scala a destra tra 4 e 8 ppm).**

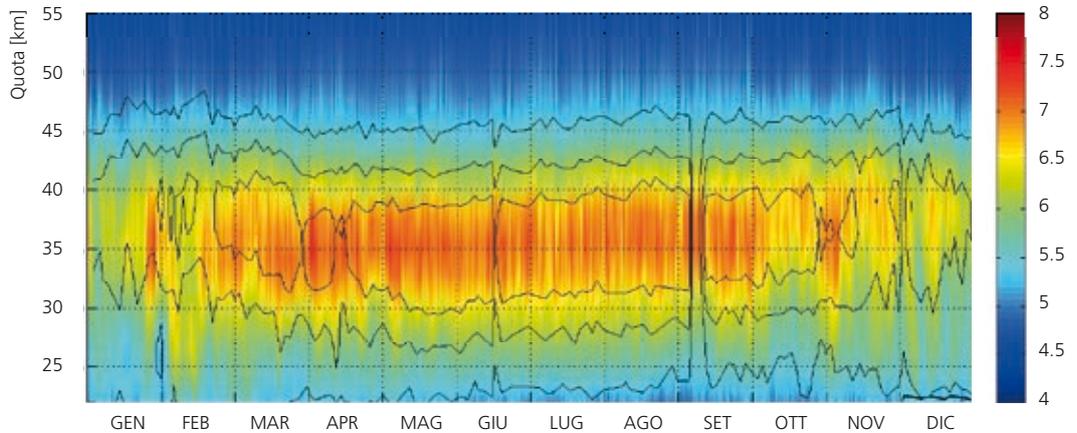
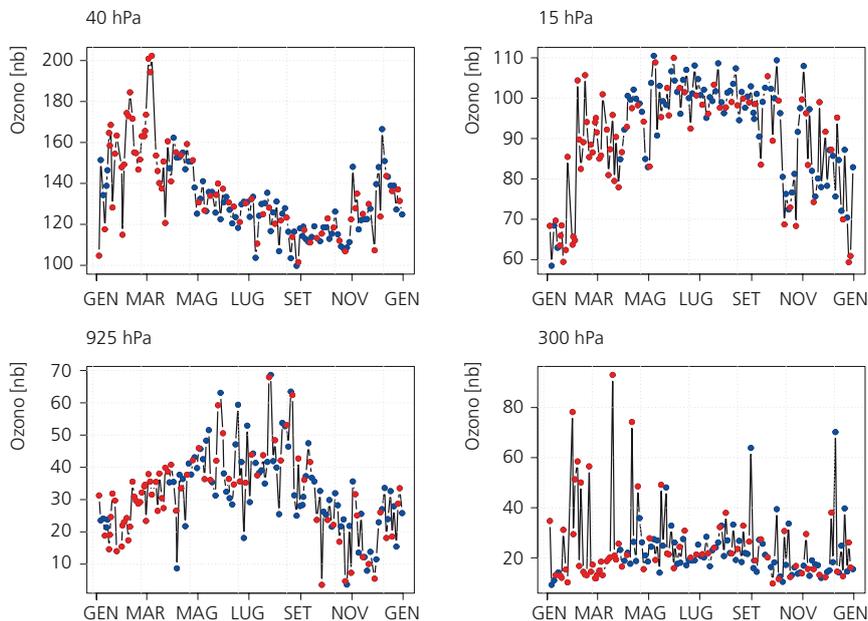


Fig. 2.9: **Andamento della concentrazione di ozono (pressione parziale in nanobar) nel 2012 a diverse quote della troposfera (ai livelli 925 hPa e 300 hPa, quote inferiori a 10 km) e nella stratosfera (ai livelli 40 hPa e 15 hPa, quote superiori a 10 km). I punti in blu identificano i valori misurati dalle sonde nuove, quelli in rosso i valori delle sonde riutilizzate.**



Misurazioni degli aerosol sullo Jungfraujoch

Gli aerosol influiscono sull'atmosfera con i loro effetti diretti (assorbimento e diffusione della radiazione solare) e indiretti (formazione di nubi). L'ampiezza di questi effetti in riferimento al riscaldamento, rispettivamente raffreddamento, resta una delle maggiori incertezze dei modelli climatici [15]. Le misurazioni degli aerosol eseguite sullo Jungfraujoch dal 1995 rappresentano una delle più lunghe serie di misurazioni al mondo [16].

L'andamento annuale dei parametri degli aerosol sullo Jungfraujoch mostra i tipici valori massimi estivi e minimi invernali. Gli aerosol prodotti da processi naturali e antropici si accumulano principalmente nello strato limite terrestre, lo strato più basso dell'atmosfera, con uno spessore tra 0,5 e 2 km a seconda della stagione. Con il riscaldamento estivo si forma la convezione termica, nella quale gli aerosol vengono portati a quote più elevate: così lo Jungfraujoch viene a trovarsi maggiormente sotto l'influsso dallo strato limite terrestre. In inverno lo Jungfraujoch è principalmente sotto l'influsso della troposfera libera [27] e quindi in posizione ottimale per la misurazione delle proprietà ottiche dell'atmosfera e degli aerosol lontani dalle fonti di emissione.

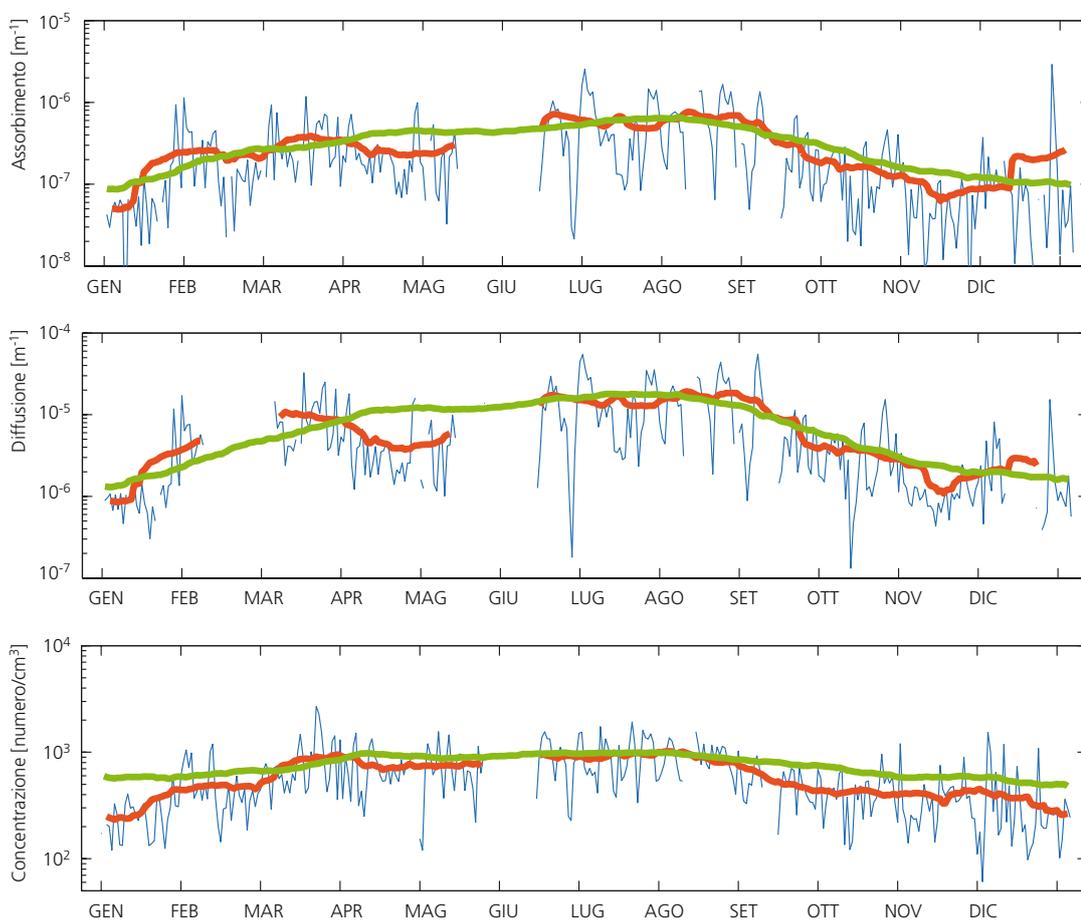


Fig. 2.10: Andamento nel 2012 dei coefficienti di assorbimento per la lunghezza d'onda di 880 nm (in alto), di diffusione per la lunghezza d'onda di 450 nm (al centro), nonché della concentrazione delle particelle di aerosol sullo Jungfraujoch (in basso). Curva in rosso: media mobile mensile 2012. Curva in verde: media mobile mensile del periodo 1995-2011.



3 | Particolarità del 2012

3.1 Ondata di freddo estremo in febbraio

All'inizio di febbraio si è verificata un'ondata di freddo estremo. Per trovare una simile invasione di aria gelida bisogna risalire al 1985. Alla stazione di misurazione di Zurigo-Fluntern (556 m slm), la temperatura media del periodo 1° febbraio al 14

febbraio 2013 è stata di $-9,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, ciò che rappresenta uno dei 10 valori quindicinali più bassi dall'inizio dei rilevamenti sistematici nel 1864. Dalla metà del XX secolo si sono avuti solo tre eventi paragonabili.

Nel gennaio 1985 ancora più freddo

Alla stazione di Zurigo-Fluntern, durante l'invasione di aria fredda del 1985 la temperatura media quindicinale del periodo più freddo è stata di $-11,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. L'evento del 1985 mostra una forte analogia con il 2012 in quanto la prima ondata massiccia è stata seguita da una seconda, nettamente meno in-

tensa, dopo un breve periodo meno freddo (fig. 3.1, in alto). Nella Svizzera occidentale è stato osservato un andamento molto simile ma il freddo è stato meno marcato (esempio di Neuchâtel, fig. 3.1, in basso).

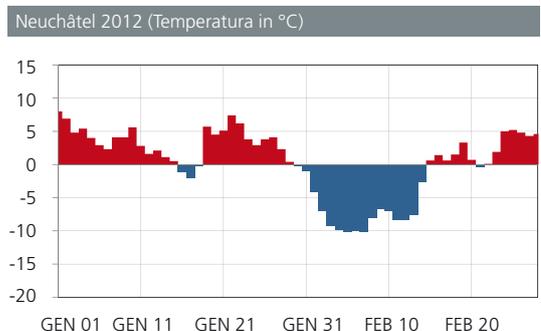
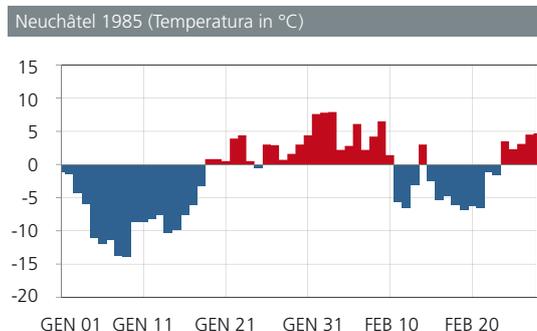
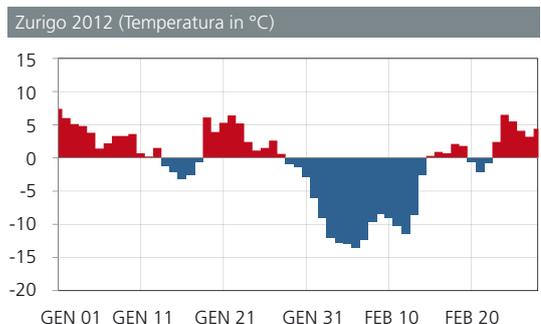
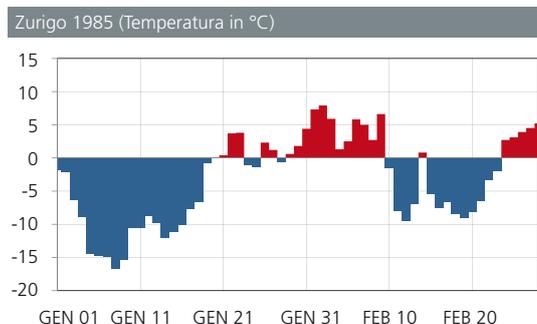


Fig. 3.1: Le ondate di freddo del gennaio 1985 e del febbraio 2012 a confronto. In alto la stazione di rilevamento di Zurigo-Fluntern, in basso quella di Neuchâtel. È riportato l'andamento della temperatura giornaliera media omogeneizzata dal 1° gennaio al 28 febbraio. I valori medi giornalieri sotto lo zero sono in blu, quelli sopra in rosso. In entrambi i casi Neuchâtel mostra condizioni meno estreme di Zurigo-Fluntern.

Nell'evento del gennaio 1987 (fig. 3.2) la fase di temperature basse è stata molto corta. In questa occasione, la temperatura media quindicinale del periodo più freddo alla stazione di Zurigo è stata di $-8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, risultando così di circa $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ meno fredda del 1985 e di circa $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ rispetto al 2012.

L'ondata di freddo del febbraio 1986, terminata il 4 marzo, alla stazione di Zurigo ha fatto registrare una media quindicinale minima di $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e nonostante la sua lunghezza fa parte delle ondate di freddo meno intense.

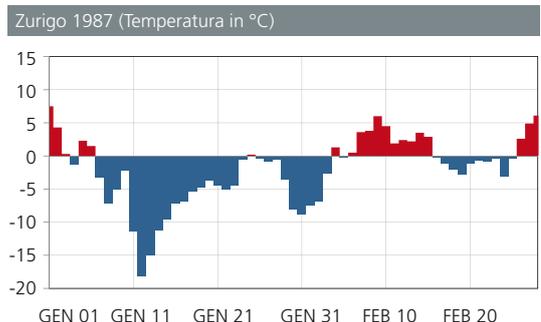
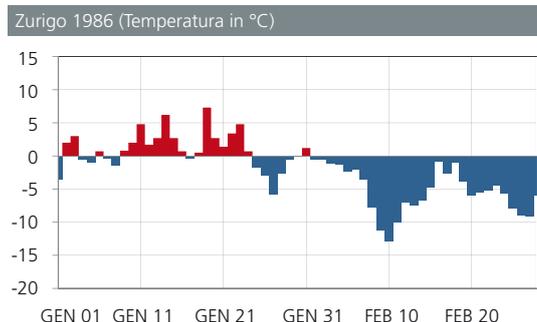
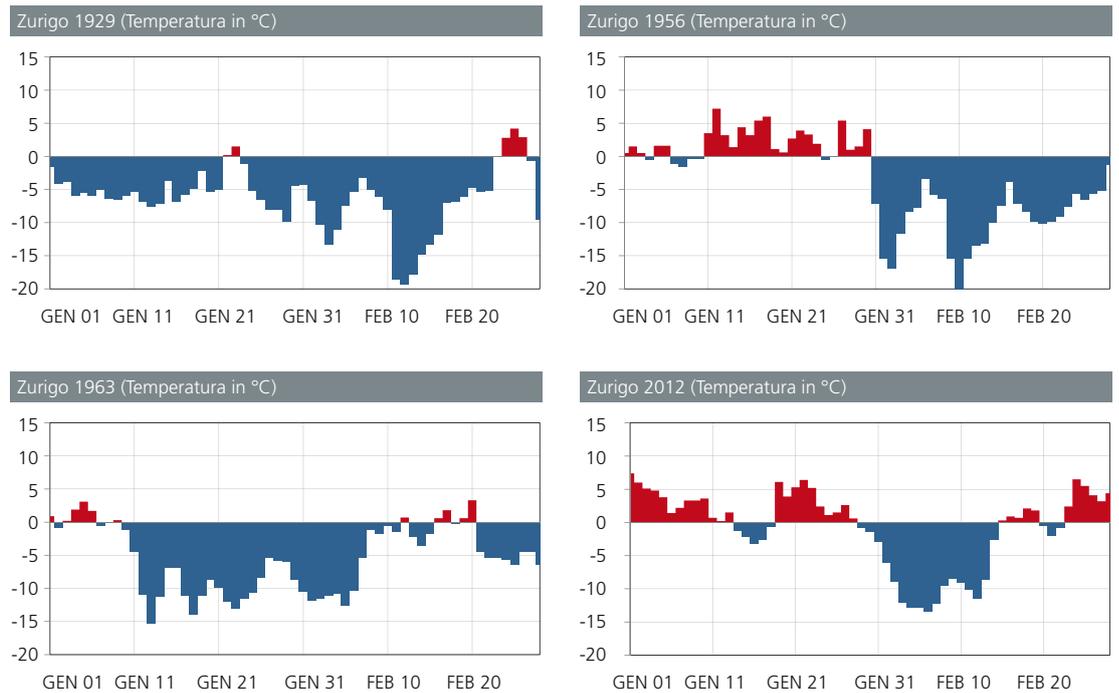


Fig. 3.2: L'ondata di freddo del gennaio 1987 e del febbraio 1986 alla stazione di rilevamento di Zurigo-Fluntern. È riportato l'andamento della temperatura giornaliera media omogeneizzata dal 1° gennaio al 28 febbraio. I valori medi giornalieri sotto lo zero sono in blu, quelli sopra in rosso. Il freddo del febbraio 1986 è terminato solo il 4 marzo.

Ondate di freddo intenso

Le ondate di freddo più intenso del XX secolo si sono verificate nel 1929, 1956 e nel 1963 (fig. 3.3). Sempre a Zurigo, le temperature quindicinali più basse sono state le seguenti: -11,1 °C nel febbraio 1929, -11,7 °C nel febbraio 1956 e -10,9 °C nel gennaio 1963.

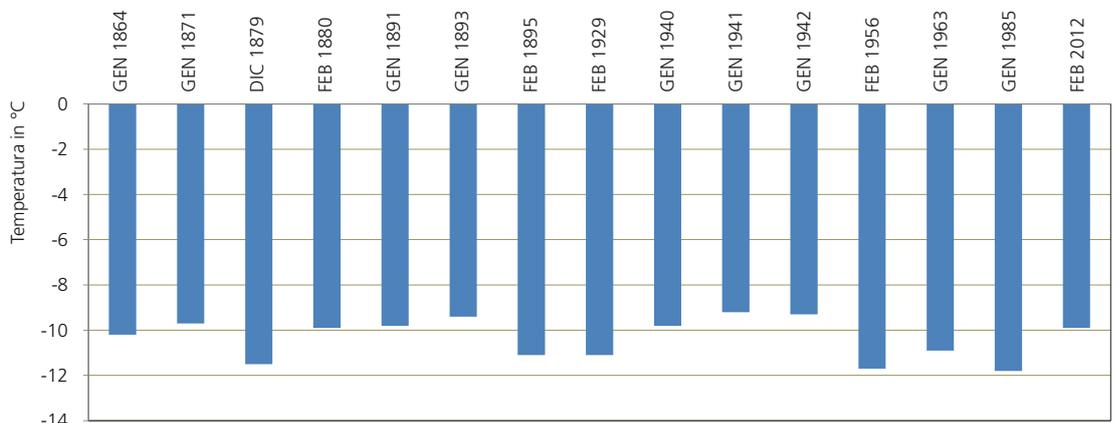
Fig. 3.3:
Le ondate di freddo più intenso registrate a Zurigo-Fluntern nel XX secolo (1929, 1956 e 1963), paragonate all'ondata di freddo del febbraio 2012. È riportato l'andamento della temperatura giornaliera media omogeneizzata dal 1° gennaio al 28 febbraio. I valori medi giornalieri sotto lo zero sono in blu, quelli sopra in rosso.



Dall'inizio delle misurazioni sistematiche nel 1864, la stazione di Zurigo ha registrato 9 ondate di freddo con una temperatura quindicinale di -9 °C o meno. L'evento del 2012, in base al criterio della temperatura quindicinale più minima, fa parte dei 10 casi più estremi (fig. 3.4)

Le ondate di freddo si sono verificate tutte nei mesi di gennaio e febbraio, ad eccezione di una in dicembre (1879). Allora la Natura ha dimostrato poca compassione con gli esseri viventi, infatti appena due mesi più tardi, nel febbraio 1880, una nuova ondata di freddo ha colpito la Svizzera.

Fig. 3.4:
Ondate di freddo con una temperatura quindicinale minima di -9 °C o meno alla stazione di Zurigo nel periodo 1864-2012. L'elaborazione si basa su valori giornalieri omogeneizzati.



Sempre meno ondate di freddo

Periodi di freddo di una durata di almeno due settimane sono diventati sensibilmente più rari negli ultimi 150 anni (fig. 3.5). Dall'inizio delle misurazioni nel 1864 e fino all'inizio del XX secolo le ondate di freddo si sono verificate più frequentemente che in seguito, anche se bisogna constatare un aumento dei casi attorno al 1940. In particolare negli ultimi quattro decenni, le ondate di freddo intenso sono diventate rare. Questo periodo corrisponde pure al sensibile rialzo della temperatura invernale che si è verificato in Svizzera.

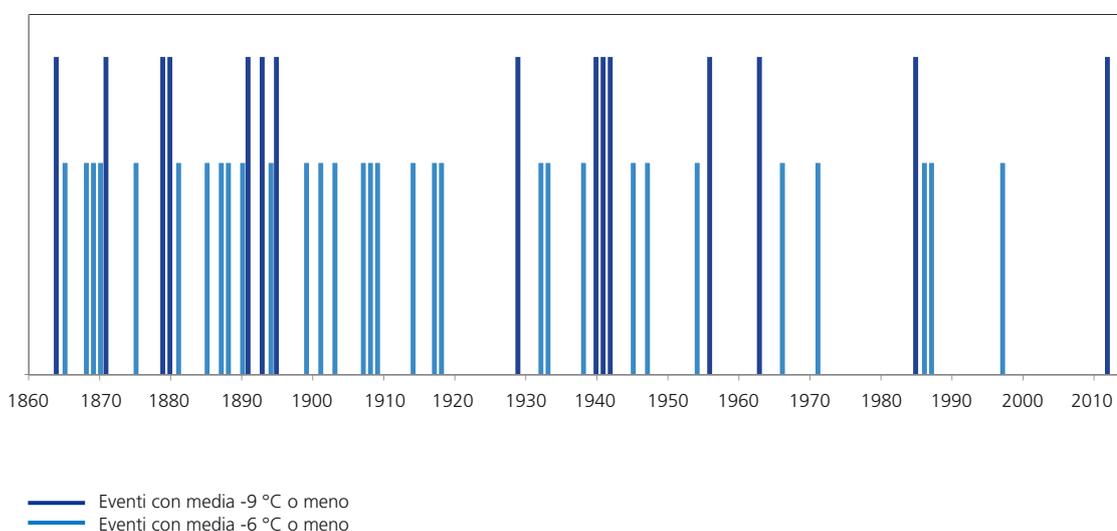


Fig. 3.5: **Frequenza delle ondate di freddo alla stazione di Zurigo nel periodo 1864-2012.** Sono riportati gli eventi con una temperatura quindicinale minima di -9 °C o meno, così come quelli con una temperatura quindicinale minima di -6 °C o meno. L'elaborazione si basa su valori giornalieri omogeneizzati.

3.2 Bella tromba d'acqua sul Lago di Zurigo

Il 21 luglio 2012, dopo il passaggio di un fronte freddo il giorno precedente, sul versante nordalpino il tempo era variabile con precipitazioni temporalesche. Nella regione del Lago di Zurigo la temperatura massima è salita a 17-18 °C e verso sera negli strati alti dell'atmosfera è affluita aria più fredda da nordovest in direzione della Svizzera. La stratificazione dell'atmosfera è così diventata ancora più instabile e si sono sviluppate cellule di rovesci e di temporali più intense. Nell'atmosfera erano così presenti forti correnti ascensionali, uno dei presupposti per la formazione di trombe.

Lo scontro (convergenza) di aria fresca circostante con l'aria calda e umida (e di conseguenza più leggera) presente sul lago ha portato alla formazione di vortici sopra la superficie dell'acqua. La combinazione ottimale di una nube temporalesca in forte sviluppo sopra un vortice superficiale è stata la premessa per la formazione di una tromba d'acqua tra la base della nube e la superficie del lago.

La tromba d'acqua si è sviluppata il 21 luglio 2012 verso le ore 17. La proboscide bianca e ben sviluppata è stata ben visibile sullo sfondo scuro dato dalle nubi temporalesche. Di conseguenza il fenomeno è stato ampiamente fotografato da tutte le parti.

Trombe d'acqua sul lago di Zurigo sono molto rare: in base all'Archivio delle tempeste svizzere [29] nel XX secolo sono stati osservati 3 eventi (1920, 1950 e 1961). Esistono descrizioni sporadiche di trombe d'acqua anche dei secoli precedenti, dal 2000 sono stati riportati 3 eventi (2003, 2007 e 2012).

In anni recenti anche su altri laghi svizzeri sono stati osservate delle trombe, come per esempio sul Lemano, sul Lago di Neuchâtel, di Zugo e diverse sul Lago Bodanico. Su quest'ultimo, appena due mesi dopo l'evento del Lago di Zurigo, durante un'irruzione di aria fredda il 13 settembre si sono sviluppate più trombe contemporaneamente.

Fig. 3.6:
Rappresentazione schematica dello sviluppo di una tromba d'acqua. Blu: superficie dell'acqua, frecce blu: aria fresca, frecce rosse: aria calda. Disegnato secondo [30].

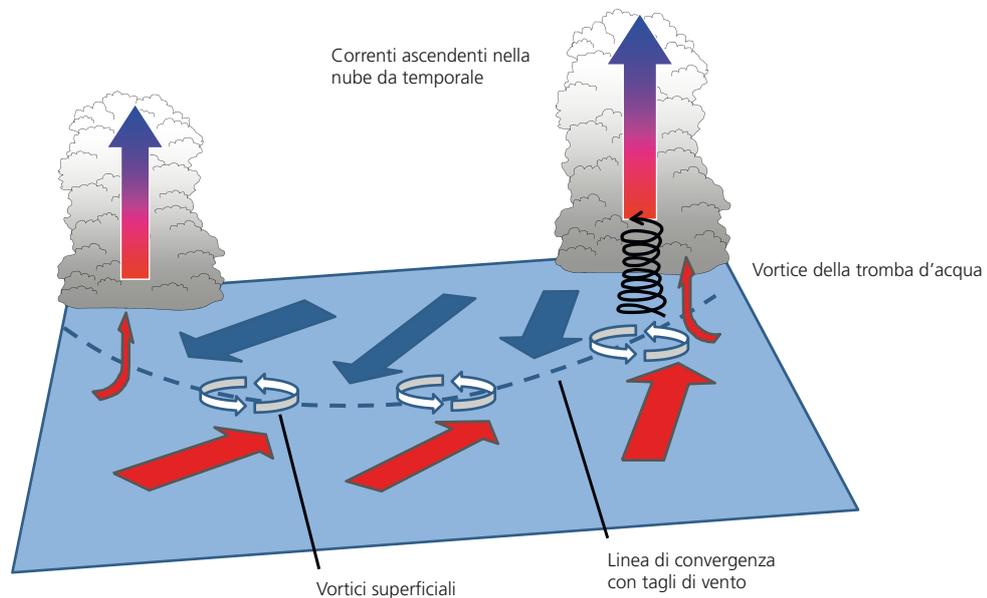


Fig. 3.7:
**21 luglio 2012, ore 17:
Tromba d'acqua ben sviluppata sul Lago di Zurigo (foto P. Meurer).**



3.3 Molta neve per l'inizio dell'inverno

L'abbondante nevicata fino in pianura alla fine di ottobre ha conferito al paesaggio un precoce aspetto invernale. A Zurigo (556 m slm, inizio delle misurazioni della neve nel 1931) è caduta una quantità di neve fresca da primato per ottobre. Infatti, la somma della neve fresca dell'ottobre 2012 ha raggiunto l'altezza di 26 cm. Al secondo posto nella statistica si trova l'ottobre 2008 con 20 cm e in terza posizione l'ottobre 1939 con 18 cm. A San Gallo (776 m slm, inizio delle misurazioni della neve nel 1938) l'ottobre 2012 ha portato un totale di ben 40 cm di neve fresca, però superati nel 1941 con 59 cm. In quell'occasione la stazione di rilevamento si trovava a circa 100 metri più in basso, ciò

significa che il valore del 1941 riferito all'ubicazione odierna sarebbe ancora maggiore. Dall'inizio delle misurazioni a San Gallo una volta si sono avuti 31 cm, altrimenti sempre meno di 30 cm di neve fresca accumulata in ottobre.

A Zurigo costituisce invece un primato il cumulo di neve fresca di dicembre che ha raggiunto 60 cm (fig. 3.8). Soltanto poco meno è stato misurato negli anni 2010, 1979 e 1962 con 58 cm ognuno e nel 1981 con 56 cm. A San Gallo il mese di dicembre ha portato 83 cm, sicuramente una coltre notevole, ma non da primato.

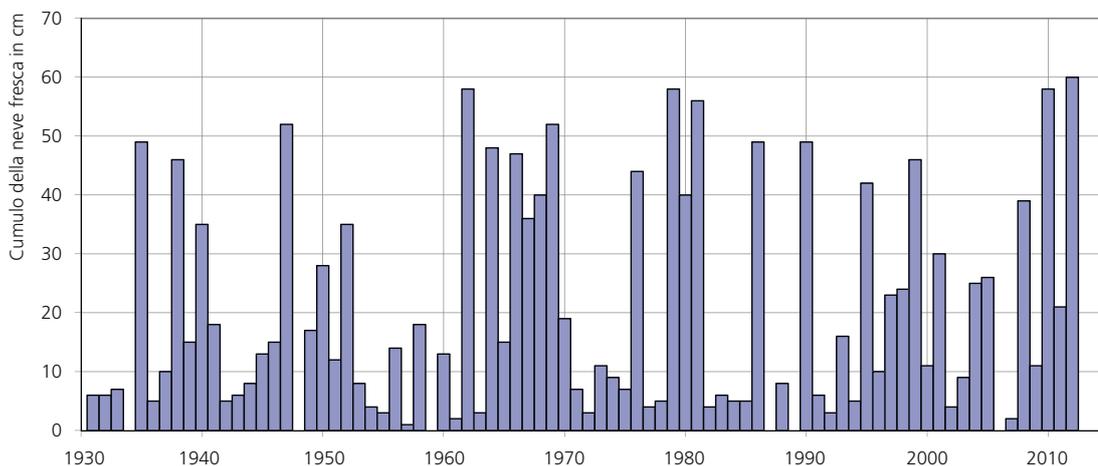


Fig. 3.8:
Cumulo della neve fresca
in dicembre a Zurigo,
periodo 1931-2012.

Le abbondanti neviccate di ottobre e di dicembre, assieme a un po' di neve fresca anche in novembre, portano il totale di neve fresca accumulata per il periodo a circa 100 cm, ciò che rappresenta il secondo posto nella serie di misure ini-

ziate nel 1931 (fig. 3.9). Più neve si è misurata soltanto nel 1966 con 109 cm nel periodo ottobre-dicembre, in tutti gli altri anni i quantitativi sono risultati nettamente inferiori.

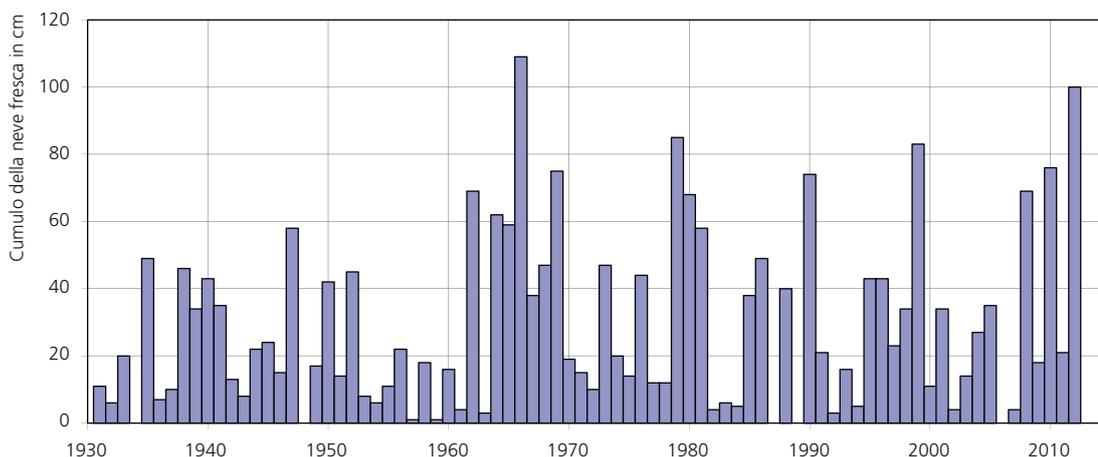


Fig. 3.9:
Cumulo della neve fresca
dei mesi ottobre-dicembre
a Zurigo, periodo 1931-2012.



4| Andamento meteorologico globale 2012

A livello mondiale l'anno 2012 è stato il 9° anno più caldo dall'inizio delle misurazioni nel 1880, come comunicato dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) [25]. La temperatura globale media risulta di 0,45 °C ($\pm 0,11$ °C) sopra la media pluriennale del periodo 1961-1990, pari a 14 °C. Nella maggior parte delle zone continentali si sono registrate temperature medie annuali al di sopra della media. La sintesi riportata di seguito si basa principalmente sul rapporto annuale sullo stato del clima dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale [25].

4.1 Di nuovo un anno molto caldo

Il 2012 si inserisce nella serie ininterrotta di annate calde dalla fine del XX secolo. Gli scarti positivi più grandi rispetto al periodo di riferimento 1961-1990 si sono registrati nell'America del Nord, nell'Europa meridionale, nella Russia occidentale, così come regionalmente in Africa e in Asia. La temperatura della superficie del mare è pure risultata in gran parte sopra la norma. Temperature della superficie marina al di sotto della media si sono rilevate in una vasta zona dal Pacifico centrale tropicale al Pacifico settentrionale, in parti dell'Atlantico meridionale e nell'oceano attorno all'Antartide.

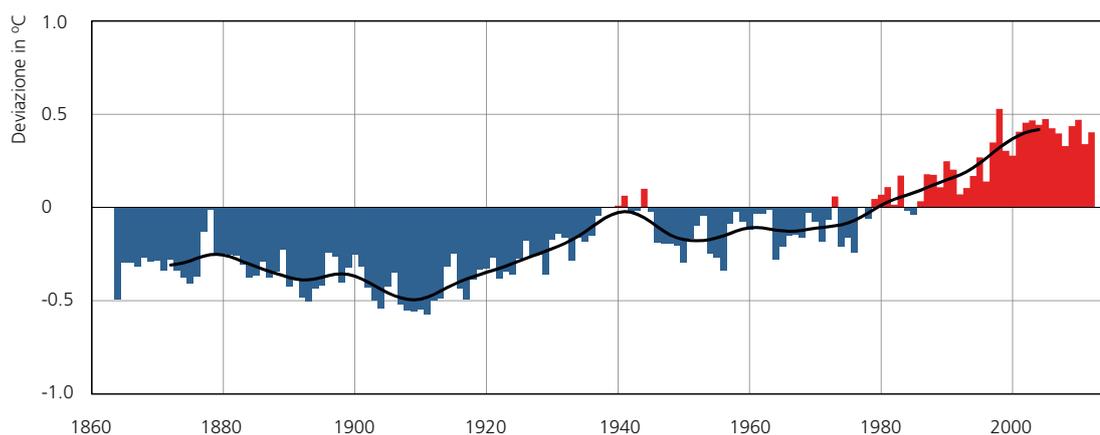


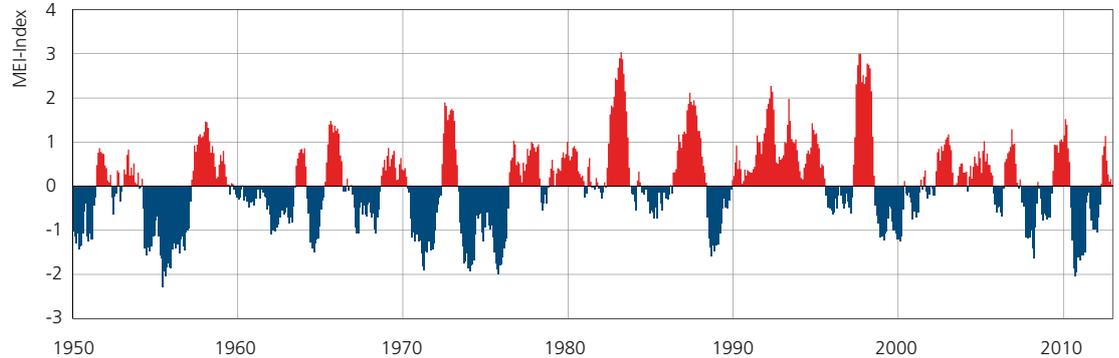
Fig. 4.1:
Andamento pluriennale della temperatura media globale (terraferma e mare). È riportata la deviazione annuale della temperatura rispetto alla norma 1961-1990 (rosso= deviazione positiva, blu= deviazione negativa). La curva nera mostra la media ponderata su 20 anni. Dati: University of East Anglia, 2012 [14].

4.2 L'influsso di La Niña

Durante i primi tre mesi del 2012, le condizioni meteorologiche globali sono state da debolmente a mediamente influenzate da La Niña (anomalia climatica fredda del Pacifico equatoriale). Questo fenomeno si era manifestato già dal mese di settembre del 2011 ed è perdurato fino a marzo del 2012 (fig. 4.2). Per esperienza si sa che la presenza di La Niña all'inizio dell'anno ha un effetto di raffreddamento, come infatti si è osservato nel 2012: la media globale delle temperature del trimestre gennaio-marzo ha raggiunto il suo valore minimo dal 1997.

Durante l'anno la situazione è poi cambiata repentinamente nel Pacifico equatoriale, dove è subentrato un fenomeno di El Niño da debole a moderato (anomalia climatica calda), evolutosi poi verso la fine dell'anno in una situazione neutra. La fine del fenomeno La Niña ha fatto registrare l'innalzamento della temperatura media globale.

Fig. 4.2:
Multivariate El Niño Southern Oscillation Index (MEI). In rosso i valori dell'indice della fase El Niño (fase calda), in blu quelli della fase La Niña (fase fredda). L'indice MEI è calcolato partendo dalla pressione al suolo, dalle componenti est-ovest e nord-sud del vento al suolo, dalla temperatura della superficie marina, dalla temperatura dell'aria a livello del mare e dal grado di copertura nuvolosa. Le misurazioni vengono effettuate nel Pacifico equatoriale. I dati sono disponibili sotto [26].



4.3 Eventi particolari

Un'insolita ondata di freddo ha investito la maggior parte dell'Europa e una vasta area dell'Asia, tra la fine di gennaio e la metà di febbraio. In diversi paesi si è registrato il mese di febbraio più freddo degli ultimi 30 anni circa; a livello mondiale si è trattato dell'ondata di freddo più intenso dell'intero 2012. Durante l'inverno di quest'anno si è inoltre osservato un periodo di pronunciata siccità in molte regioni d'Europa, da gennaio a marzo. Contemporaneamente hanno sofferto la siccità anche le aree meridionali degli USA e il Messico settentrionale; per parte degli USA si è trattato del proseguimento di un periodo secco iniziato nel 2011. Pure gran parte dell'Australia è stata toccata da una forte siccità invernale, da marzo a ottobre (semestre invernale dell'emisfero sud).

Alla fine di ottobre l'uragano Sandy ha portato precipitazioni da primato, e conseguenti inondazioni, sulla costa orientale degli Stati Uniti. Contemporaneamente, in alcune regioni costiere si è avuta la più alta mareggiata (intrusione di acqua marina sulla terraferma a causa del vento) mai registrata. A livello mondiale l'attività delle tempeste tropicali è risultata nella media del periodo 1981-2010.

Nel luglio 2012, in Groenlandia è stata osservata per la prima volta dall'inizio delle riprese satellitari nel 1979 una fusione estiva della neve su quasi tutta la superficie (97%) della calotta glaciale. In media, soltanto circa la metà della superficie della calotta è toccata dalla fusione estiva della neve. La causa della massiccia fusione avvenuta nel 2012 è da ricercare nella persistenza dei sistemi anticiclonici che hanno convogliato costantemente aria calda da sud verso la regione.

4.4 Minimo storico dell'estensione estiva della banchisa artica

La superficie della banchisa artica ha raggiunto, durante il periodo di scioglimento estivo del 2012, l'estensione più ridotta nella serie di misurazioni satellitari dal 1979. La seconda estensione minima è stata registrata nel 2007, mentre l'estensione della scorsa estate del 2011 rappresenta la terza estensione minima. Le superficie più ridotte dell'estensione massima invernale si sono misurate durante gli inverni 2005, 2006, 2007 e 2011 e indicano superficie ridotte paragonabili.

In Antartide, durante il periodo di scioglimento in febbraio/marzo del 2012, è stata misurata la quarta banchisa estiva più estesa. Mentre durante la fase di accrescimento, nel settembre del 2012, è stata raggiunta la più estesa banchisa antartica mai registrata dall'inizio delle misurazioni nel 1979.





5 | Monitoraggio climatico

Il capitolo sul monitoraggio climatico (osservazione del clima) fornisce una panoramica sull'evoluzione climatica pluriennale in Svizzera, in riferimento all'anno dell'attuale rapporto. Per i parametri principali della temperatura e delle precipitazioni è possibile seguire l'evoluzione climatica dall'inizio delle misurazioni ufficiali nell'inverno 1863/64. Per la maggior parte degli altri parametri sono disponibili serie di misura controllate e corrette a partire dal 1959.

Il capitolo è suddiviso secondo la struttura GCOS (Global Climate Observing System) delle variabili climatiche essenziali [22]. Vengono trattati i settori atmosfera e terre emerse (tab. 5.1) e dai quali derivano come punto centrale le osservazioni al suolo.

Si tratta delle classiche serie di misurazioni della temperatura, delle precipitazioni e dei parametri da loro derivati. I metodi di analisi utilizzati sono descritti nel paragrafo 5.3.

Settore		Variabili climatiche essenziali
Atmosfera	vicino al suolo	Temperatura dell'aria, precipitazioni, pressione, bilancio di radiazione vicino al suolo, velocità del vento, direzione del vento, vapore acqueo
	atmosfera libera	Bilancio di radiazione (incl. radiazione solare), temperatura, velocità del vento, direzione del vento, vapore acqueo, nuvole
	composizione	Anidride carbonica, metano, ozono, altri gas serra, aerosol, pollini
Oceano	superficie	Temperatura superficiale, contenuto salino, livello del mare, condizione del mare, banchisa, corrente, attività biologiche, pressione parziale dell'anidride carbonica
	acque intermedie e profonde	Temperatura, contenuto salino, corrente, nutrienti, carbonio, tracce, fitoplancton
Terre emerse		Deflusso, mari, acqua freatica, uso delle acque, isotopi, copertura nevosa, ghiacciai e calotta polare, permafrost, albedo, copertura superficiale (incl. tipo di vegetazione), indice di superficie fogliare, attività fotosintetica, biomassa, incendi boschivi, fenologia

Tab. 5.1:

Variabili climatiche essenziali secondo il GCOS Second Adequacy Report [24], completate con le variabili rilevanti per la Svizzera [22].

La temperatura e le precipitazioni rappresentano, ai sensi del GCOS, due indicatori primari per i cambiamenti climatici [22]. L'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM – WMO World Meteorological Organization) ne ha dedotto un set di indicatori climatici [4] appositamente definiti con lo scopo di registrare in modo dettagliato e globalmente uniforme l'evoluzione del regime termico e idrico, come ad esempio la frequenza delle gelate o delle precipitazioni intense (settore atmosfera, al suolo).

Inoltre, vengono qui discussi altri indicatori climatici specifici per la Svizzera tra cui la copertura nevosa, importante per le regioni alpine (settore terre emerse).

Tab. 5.2:
**Indicatori climatici
utilizzati per i settori
trattati dell'atmosfera
e delle terre emerse. Gli
indicatori WMO sono defi-
niti in WMO/ETCCDI [4].**

Denominazione	Tipo	Definizione	Significato/caratteristica
Temperatura	Temperatura	Temperatura giornaliera media convenzionale (da mattina a mattina) aggregata alla scala mensile e annuale	Indicatore principale per i cambiamenti climatici e le variabili climatiche essenziali [22].
Giorni di gelo (OMM)	Temperatura	Numero dei giorni dell'anno civile con temperatura minima $T_{\min} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Il numero di giorni di gelo dipende principalmente dalla quota della stazione. Utilizzabile come buon indicatore climatico soprattutto alle quote più elevate.
Giorni estivi (OMM)	Temperatura	Numero dei giorni dell'anno civile con temperatura massima $T_{\max} \geq 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Il numero di giorni estivi dipende principalmente dalla quota della stazione. Utilizzabile come buon indicatore climatico soprattutto alle quote più basse.
Isotherma di zero gradi	Temperatura	Quota con temperatura a zero gradi, determinata sulla base dei valori misurati dalle stazioni al suolo e sonde meteorologiche	La quota dell'isoterma di zero gradi è una misura per il contenuto termico dell'atmosfera lungo il profilo verticale.
Precipitazioni	Precipitazioni	Quantitativo giornaliero convenzionale (da mattina a mattina) aggregato alla scala mensile e annuale	Indicatore principale per i cambiamenti climatici e le variabili climatiche essenziali [22].
Giorni con forti precipitazioni (OMM)	Precipitazioni intense	Numero dei giorni dell'anno civile con precipitazione giornaliera $P \geq 20 \text{ mm}$	La soglia di più di 20 mm non può essere equiparata a precipitazioni estreme rare. In Svizzera eventi con 20 mm vengono registrati più volte ogni anno.
Precipitazioni nei giorni molto piovosi (OMM)	Precipitazioni intense	Somma delle precipitazioni dei giorni dell'anno civile in cui la precipitazione giornaliera $P > 95^{\circ}$ percentile delle precipitazioni giornaliere (riferimento: 1961-1990)	Un giorno viene considerato molto piovoso se il quantitativo delle sue precipitazioni è maggiore della media pluriennale dei 18 giorni più piovosi dell'anno.
Numero max. di giorni secchi consecutivi (OMM)	Precipitazioni	Numero massimo di giorni consecutivi dell'anno civile per i quali la precipitazione giornaliera è $P < 1 \text{ mm}$	Periodo ininterrotto di giorni secchi consecutivi, ognuno con precipitazioni giornaliere inferiori a 1 mm.
Indice di siccità	Precipitazioni	SPEI (standardized precipitation evapotranspiration index): deviazione dal bilancio idrico climatico medio (differenza tra le precipitazioni e la potenziale evaporazione)	Il valore dell'indice di un determinato mese mostra quantità idriche che si accumulano ovvero eccedenze idriche che si accumulano nel periodo precedente del confronto pluriennale.
Somma complessiva di neve fresca	Precipitazioni	Somma complessiva di neve fresca dei mesi da ottobre a marzo (semestre invernale)	La somma complessiva della neve e la quantità di neve fresca dipendono in modo complesso dalla temperatura e dalle precipitazioni. Quindi reagiscono in modo sensibile ai cambiamenti climatici a lungo termine [9], [10], [11], [12], [13].
Giorni di neve fresca	Precipitazioni	Numero di giorni con neve fresca misurabile nei mesi da ottobre a marzo (semestre invernale)	

5.1 Atmosfera

5.1.1

Osservazioni al suolo

Gli indicatori climatici qui utilizzati seguendo le indicazioni dell'OMM (tab. 5.2) vengono raffigurati prevalentemente in forma esemplare in base alle serie di misurazioni delle stazioni di Berna (pianura nordalpina), Sion (valle intralpina), Davos (ubicazione alpina) e Lugano (Svizzera meridionale). Gli indicatori vengono indicati come valori annuali, cioè ad esempio il numero di giorni di gelo all'anno considerando l'anno civile (1 gennaio-31 dicembre).

Temperatura

A livello svizzero, la temperatura del 2012 è stata la nona più alta dall'inizio delle misurazioni sistematiche nel 1864 (fig. 5.1). La primavera è stata la quinta più calda della statistica, l'estate il quarto più caldo e l'autunno il settimo più caldo. La temperatura invernale è invece risultata esattamente nella media del periodo di riferimento 1961-1990 (fig. 5.2). Tra i singoli mesi spicca il marzo entrato nella statistica come secondo più caldo, agosto come quarto più caldo, mentre febbraio è stato il nono più freddo.

La tendenza storica della temperatura per l'insieme della Svizzera si situa a $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ anni}$ ($+0,12\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{decennio}$) che corrisponde a un rialzo totale dal 1864 al 2012 di $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Anche le tendenze per le singole stagioni si situano attorno $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ anni}$. La tabella 5.3 mostra una panoramica complessiva delle tendenze della temperatura.

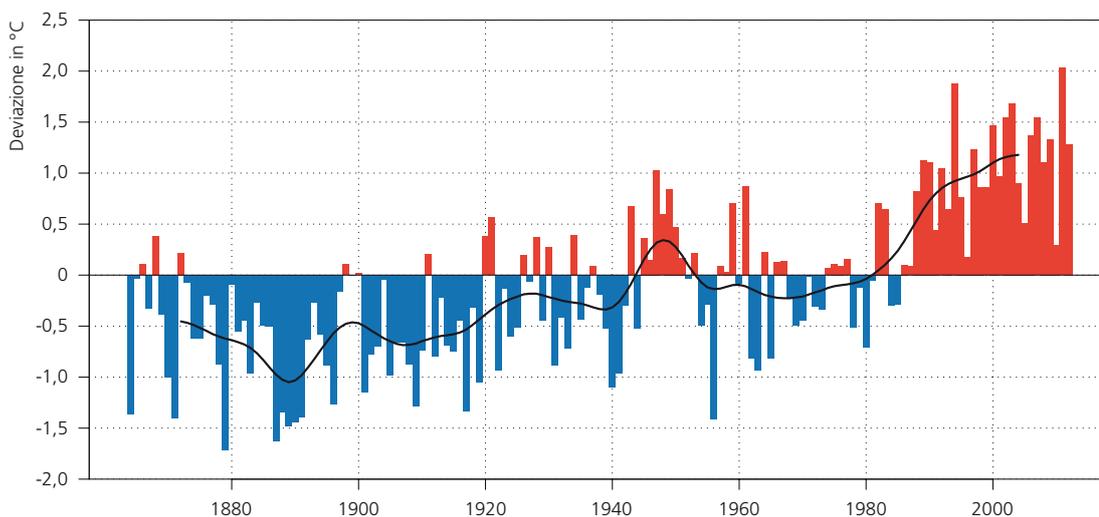
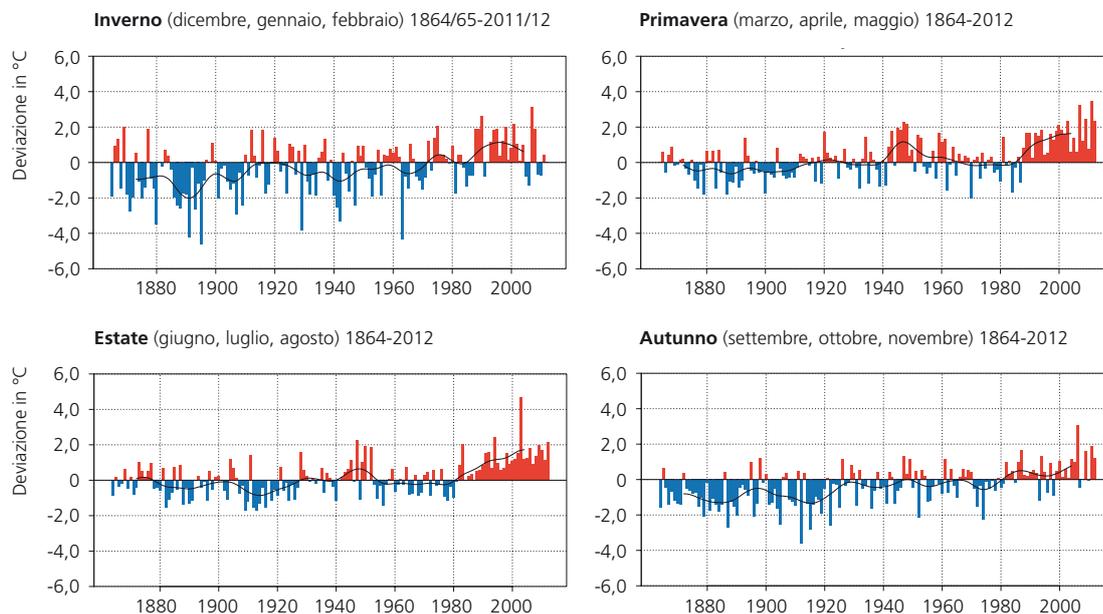


Fig. 5.1:
Andamento pluriennale della temperatura annuale (media di tutta la Svizzera). È riportato lo scarto annuale della temperatura rispetto alla norma 1961-1990 (rosso = scarto positivo, blu = scarto negativo). La curva nera mostra la media ponderata su 20 anni. Come base di dati sono utilizzate le 12 serie di misurazioni omogeneizzate disponibili per la Svizzera.

Fig. 5.2:

Andamento pluriennale della temperatura stagionale (media di tutta la Svizzera). È riportato lo scarto annuale della temperatura stagionale rispetto alla norma 1961-1990 (rosso = scarto positivo, blu = scarto negativo). Come base di dati sono utilizzate le 12 serie di misurazioni omogeneizzate disponibili per la Svizzera. La curva nera mostra la media ponderata su 20 anni.



Tab. 5.3:

Tendenze stagionali e annuali della temperatura in °C per decennio nei periodi 1864-2012, 1901-2012 e 1961-2012, calcolate per l'intera Svizzera.

Periodo	Primavera MAR-MAG	Estate GIU-AGO	Autunno SET-NOV	Inverno DIC-FEB	Anno GEN-DIC
1864-2012	+ 0,12 °C molto significativo	+ 0,11 °C molto significativo	+ 0,12 °C molto significativo	+ 0,12 °C molto significativo	+ 0,12 °C molto significativo
1901-2012	+ 0,16 °C molto significativo	+ 0,17 °C molto significativo	+ 0,17 °C molto significativo	+ 0,14 °C molto significativo	+ 0,16 °C molto significativo
1961-2012	+ 0,52 °C molto significativo	+ 0,50 °C molto significativo	+ 0,24 °C molto significativo	+ 0,30 °C molto significativo	+ 0,38 °C molto significativo

Senza provvedimenti d'intervento efficaci a livello globale in Svizzera si prevede un ulteriore riscaldamento fino al 2050. Secondo gli attuali scenari climatici e partendo dalla media del periodo 1981-2010, entro il 2099 la temperatura dovrebbe aumentare di circa 3 °C. Il riscaldamento maggiore, di oltre 4 gradi, si verificherà in estate, con punte fino a +5 gradi nelle regioni meridionali del Paese [23].

Il forte riscaldamento atteso per il futuro si inserisce nell'evoluzione degli ultimi due decenni. Dalla fine degli anni Ottanta del secolo scorso gli anni con una temperatura sensibilmente superiore alla media sono stati frequenti. Dei 20 anni più caldi dall'inizio delle misurazioni nel 1864, 17 si sono verificati dopo il 1990.

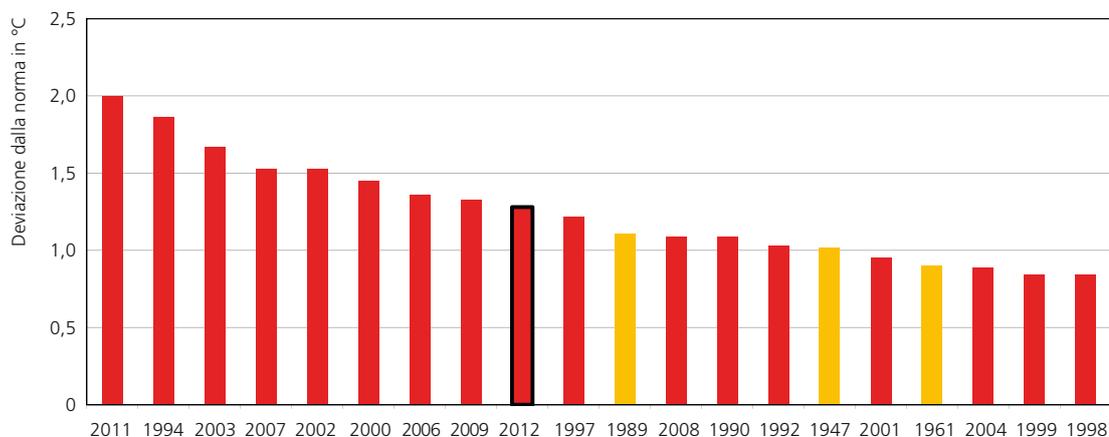


Fig. 5.3:
Classifica dei 20 anni più caldi dal 1864. Le colonne mostrano una deviazione della temperatura media svizzera rispetto alla norma 1961-1990. Gli anni caldi avuti dopo il 1990 sono riportati in rosso.

Sulla pagina web di MeteoSvizzera si trovano ulteriori informazioni sull'evoluzione delle temperature in Svizzera:



http://www.meteosvizzera.admin.ch/web/it/clima/clima_oggi/trend_svizzera.html
http://www.meteosvizzera.admin.ch/web/it/clima/clima_oggi/trend_climatici_nelle_stazioni.html

L'evoluzione della temperatura con la ricorrenza di anni molto caldi in tempi recenti rilevata in Svizzera è constatabile anche a livello globale (fig. 5.4): l'andamento termico della Svizzera è consistente con quello dell'Europa e degli altri continenti.

La tab. 5.4 riporta le tendenze delle temperature annuali globali. La variazione complessiva della temperatura globale tra il 1864 e il 2012 comporta $+0,75\text{ °C}$, rispetto a una media per tutto il globo di circa 14 °C .

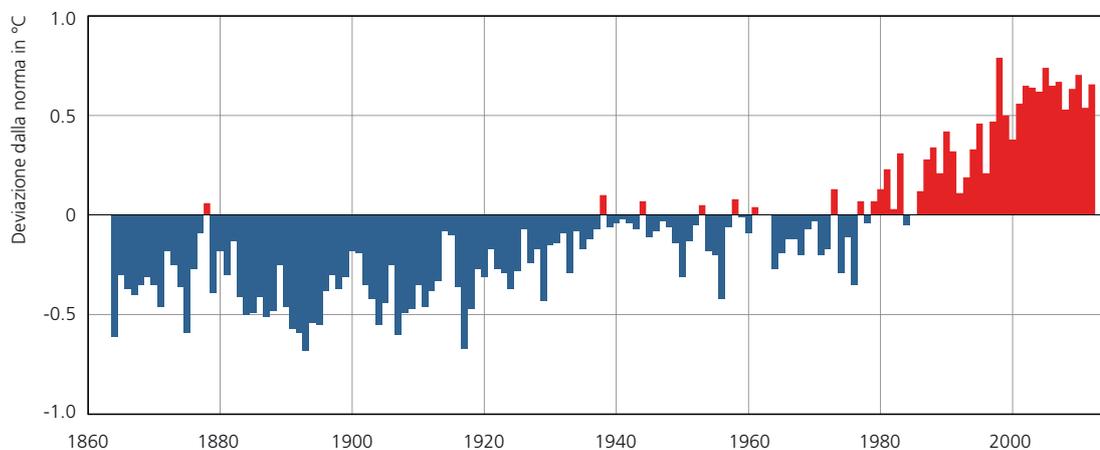


Fig. 5.4:
Andamento storico della temperatura annuale globale (media delle terre emerse). È riportato lo scarto annuale della temperatura rispetto alla norma 1961-1990 (rosso = scarto positivo, blu = scarto negativo). Dati: University of East Anglia, 2012 [14].

Periodo	Terre emerse e oceani		Terre emerse	
	°C/10 anni	°C/100 anni	°C/10 anni	°C/100 anni
1864-2012	+ 0,05	+ 0,50	+ 0,06	+ 0,64
1901-2012	+ 0,08	+ 0,76	+ 0,09	+ 0,87
1961-2012	+ 0,13	-	+ 0,19	-

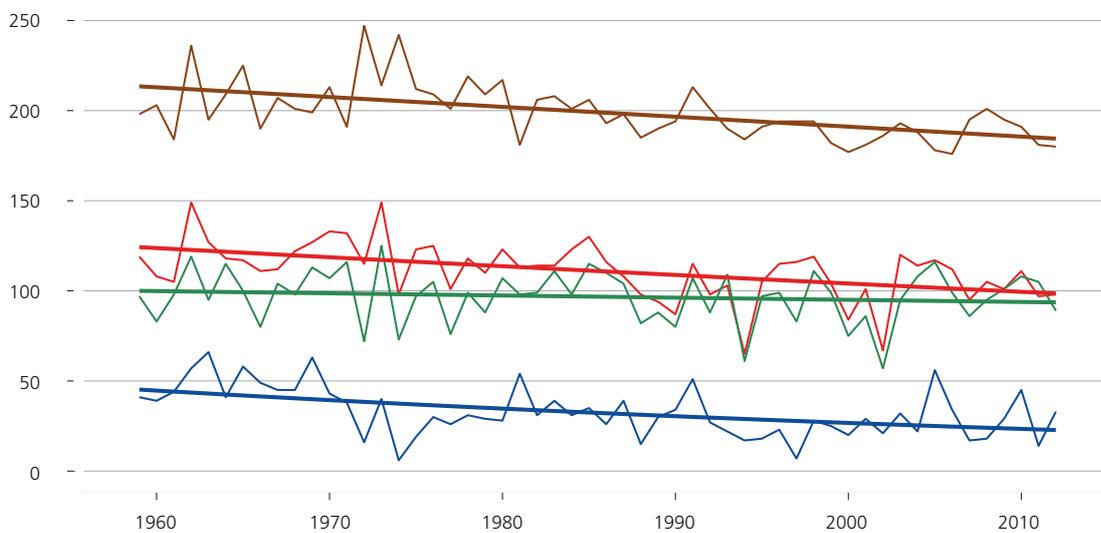
Tab. 5.4:
Tendenze globali della temperatura annuale nei periodi 1864-2012, 1901-2012 e 1961-2012, calcolate complessivamente per le terre emerse e gli oceani e soltanto per le terre emerse. Dati di base: University of East Anglia, 2012 [14].

Giorni di gelo

Il numero di giorni con gelo del 2012 a basse quote del nord delle Alpi (Berna) e del Vallese (Sion) è restato sotto la media (Berna 98, norma 115; Sion 89, norma 98). Alle quote elevate delle Alpi orientali (Davos) è pure risultato inferiore alla media (180, norma 203), mentre nella Svizzera meridionale (Lugano) il numero di giorni è stato vicino alla media (33, norma 35).

Come conseguenza del sensibile riscaldamento invernale si può constatare un calo del numero di giorni di gelo. Nelle serie di misurazioni di Berna, Davos e Lugano la tendenza è significativa e per ogni decennio sono registrati da 4 a 5 giorni di gelo in meno.

Fig. 5.5:
Andamento temporale del numero dei giorni di gelo (giorni dell'anno civile con temperatura minima <0 °C) per le stazioni di Berna, Sion, Davos e Lugano.



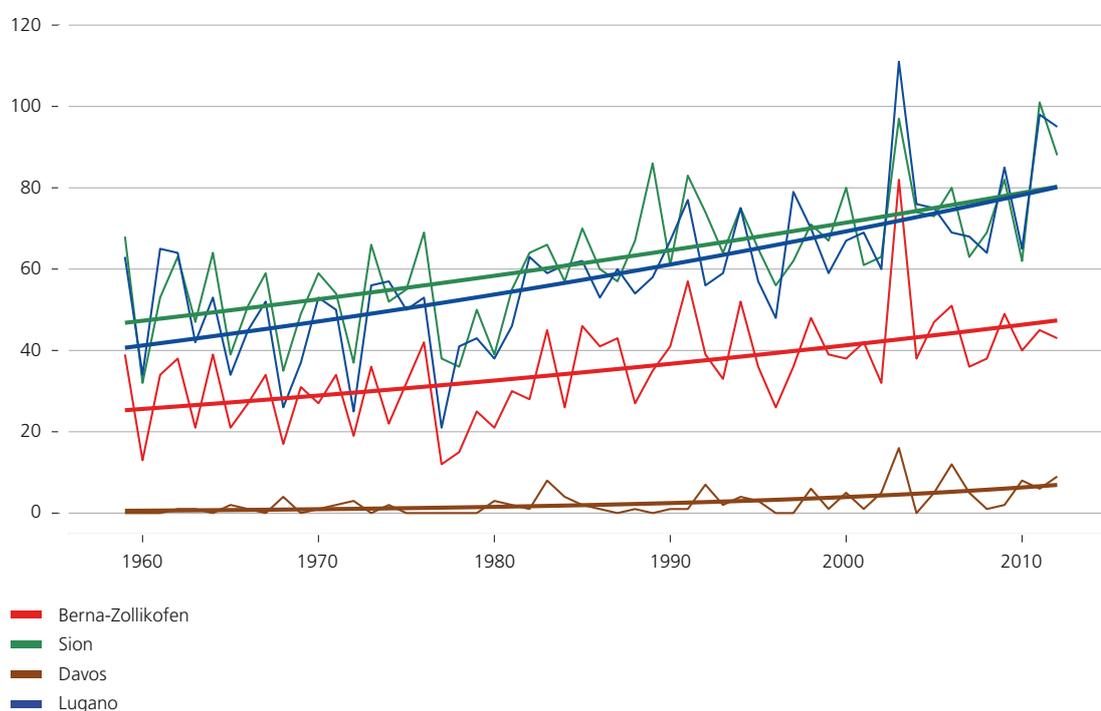
■ Berna-Zollikofen
■ Sion
■ Davos
■ Lugano

Giorni estivi

L'anno 2012, di nuovo caldo, ha portato molte giornate estive nel Vallese e in Ticino. A Sion, nel Vallese, con 88 giorni è stato registrato il terzo valore più alto (norma 55); soltanto nel 2003, con l'estate da primato, e nel 2011 si sono contati un numero di giorni maggiore: 97, rispettivamente 101 giorni. 195 giorni di Lugano (norma 50) rappresentano pure il terzo rango della statistica. A Lugano il primato è sempre detenuto dal 2003 con 111 giorni estivi, mentre nel 2011, l'anno più caldo in Svizzera, il numero è stato solo di poco superiore al 2012.

Anche a Berna il numero di giorni estivi è stato elevato (43, norma 30), ma non particolare. L'estate da record di caldo del 2003 detiene anche l'isolato record di 84 giorni estivi. Davos mostra un andamento simile, ma a un livello nettamente più basso (9, norma 1,4) vista la quota di 1600 m slm. A Davos la caldissima estate del 2003 spicca dalle serie con 16 giorni estivi, meno in proporzione rispetto alle località a quote inferiori.

Con il forte riscaldamento della primavera e dell'estate dagli anni Ottanta del secolo scorso, l'aumento dei giorni estivi è una conseguenza prevedibile. Tale tendenza è significativa in tutte le serie di misure raffigurate. Per ogni decennio vengono registrati 4 giorni estivi in più a Berna, 6 a Sion, 7 a Lugano e 1-2 giorni a Davos.



Quota dell'isoterma di zero gradi

La quota dell'isoterma climatologico di zero (qui determinato partendo dai dati delle stazioni al suolo come media per l'intera Svizzera) si situa nella media degli anni 1961-2012 a circa 750 m in inverno, 1950 m in primavera, 3350 m in estate e 2400 m in autunno.

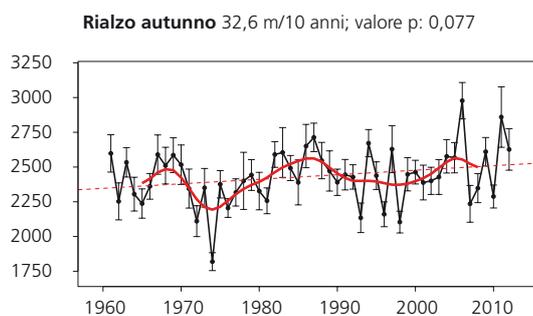
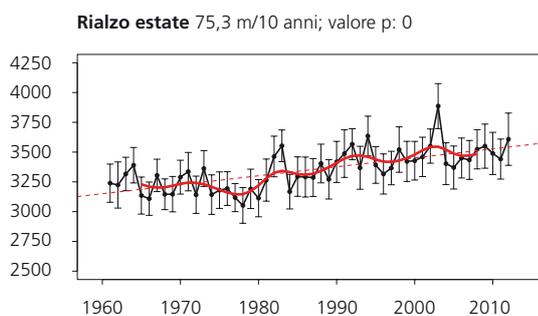
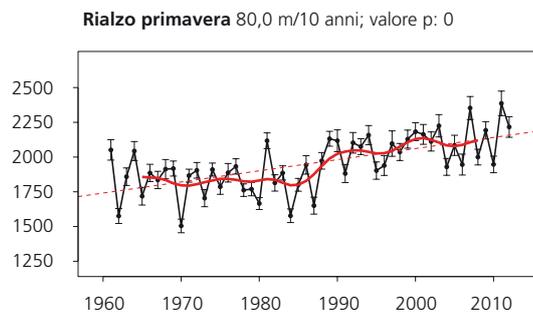
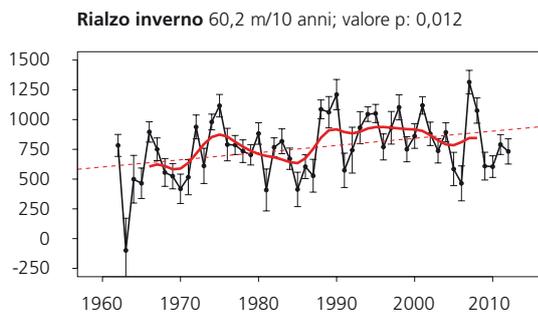
Nell'inverno 2010/2012 la quota dell'isoterma si è situata in media vicino a 750 m, attorno cioè ai valori normali. Nella primavera 2012 con 2200 m ha invece raggiunto la terza quota più alta della statistica dal 1961 per la stagione, terza posizione statistica pure raggiunta in estate con 3600 m. In autunno infine la quota dell'isoterma di zero gradi si è

situata leggermente sopra 2600 m, ciò che rappresenta la sesta quota più alta dal 1961. La quota stagionale dell'isoterma di zero gradi rispecchia bene la temperatura delle rispettive stagioni: quinta primavera più calda, quarta estate più calda, settimo autunno più caldo e infine inverno nella media del periodo 1961-1990.

La quota dell'isoterma di zero gradi è salita in maniera significativa nel periodo 1961-2012 per le stagioni inverno, primavera ed estate. Il rialzo si situa tra 30 m/decennio in autunno e 80 m/decennio in primavera. In generale, questi valori corrispondono a un rialzo della quota di zero gradi di 150 fino a 200 m per ogni grado di riscaldamento.

Fig. 5.7:

Andamento stagionale della quota dell'isoterma di zero gradi come media per tutta la Svizzera (linea nera in metri slm) con tendenza lineare (linea tratteggiata rossa) e dati relativi alla tendenza (variazione e significanza). Le linee grigie verticali mostrano la portata dell'errore nella determinazione dell'isoterma di zero gradi per ogni singolo anno.



Precipitazioni

Dopo tre anni di precipitazioni inferiori alla media, nel 2012 sull'Altopiano sono caduti quantitativi di acqua superiori alla norma. A questo risultato ha contribuito soprattutto l'autunno (figg. 5.8 e 5.9). Nella Svizzera meridionale le precipitazioni sono invece state deficitarie, comunque in misura minore dell'anno precedente. Delle singole stagioni è in particolare è risultato asciutto l'inverno 2011-2012 (figg. 5.10 e 5.11).

Sull'Altopiano si osserva una tendenza a lungo termine delle precipitazioni (1864-2012) di +7,6%/100 anni (+0,8%/10 anni). Tuttavia a livello stagionale si registra una tendenza

significativa soltanto in inverno (+20%/100 anni ovvero +2,0%/10 anni). In primavera, estate e autunno non appaiono tendenze a lungo termine (1864-2012) verso precipitazioni chiaramente superiori o inferiori alla norma.

Nella Svizzera meridionale non si rilevano tendenze a lungo termine verso precipitazioni superiori o inferiori alla norma né a livello annuale né stagionale. Le tabelle 5.5 e 5.6 mostrano una panoramica d'insieme delle tendenze delle precipitazioni al nord e al sud delle Alpi.

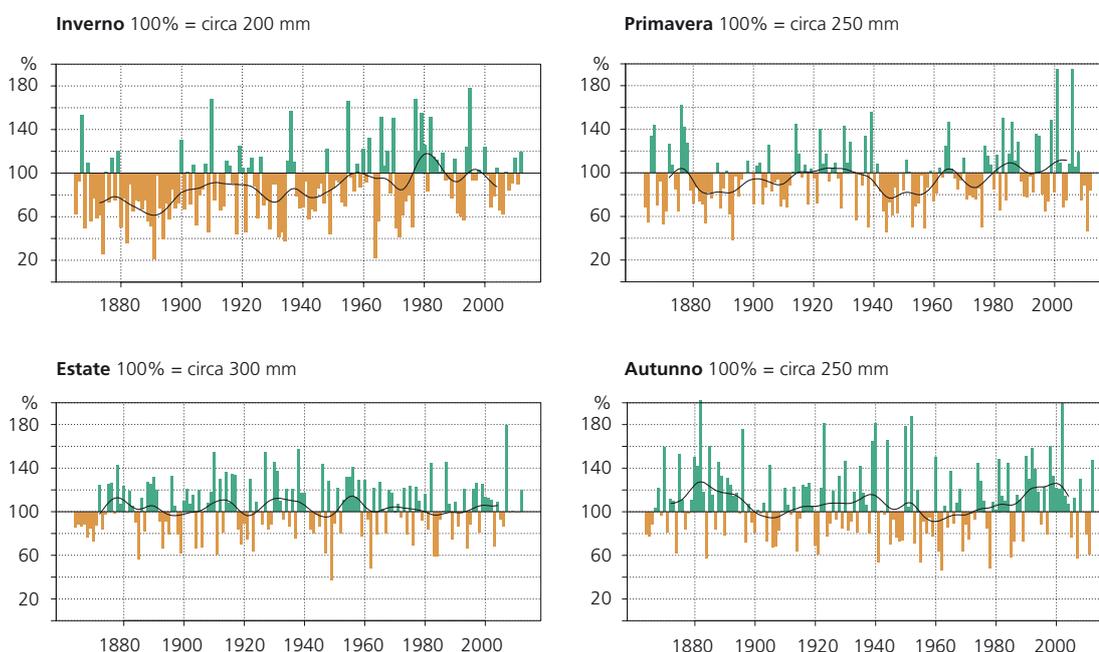
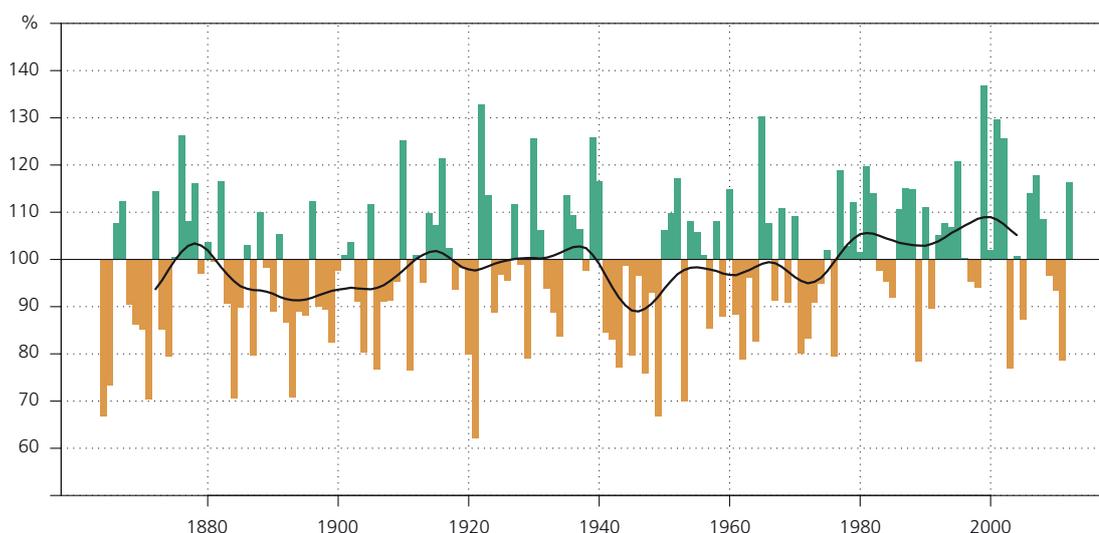


Fig. 5.10:
Andamento storico delle precipitazioni annuali a Lugano (Svizzera meridionale) in percentuale rispetto alla norma (1961-1990).
 Verde = deviazioni positive, marrone = deviazioni negative; la curva nera mostra la media ponderata su 20 anni.

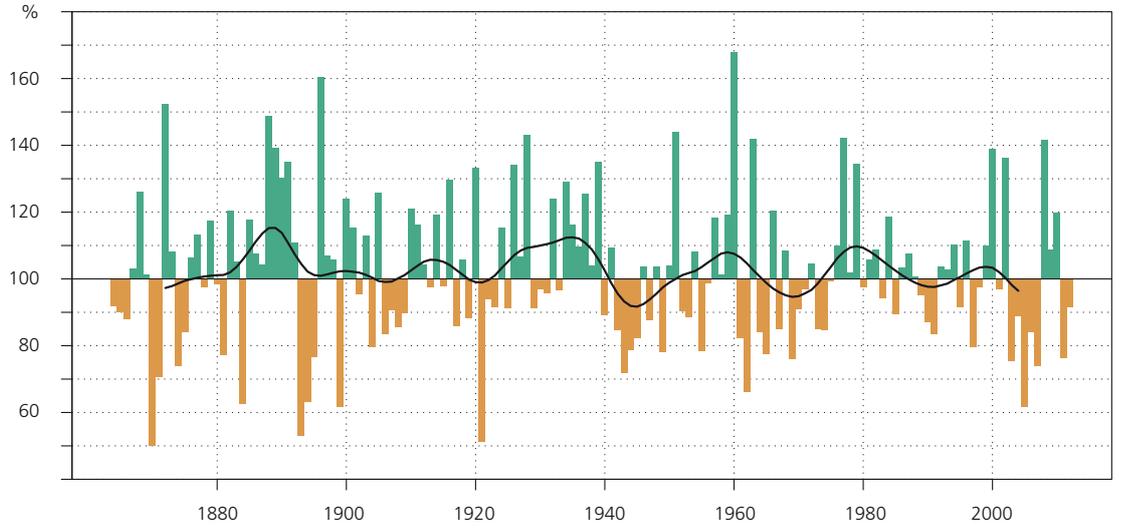
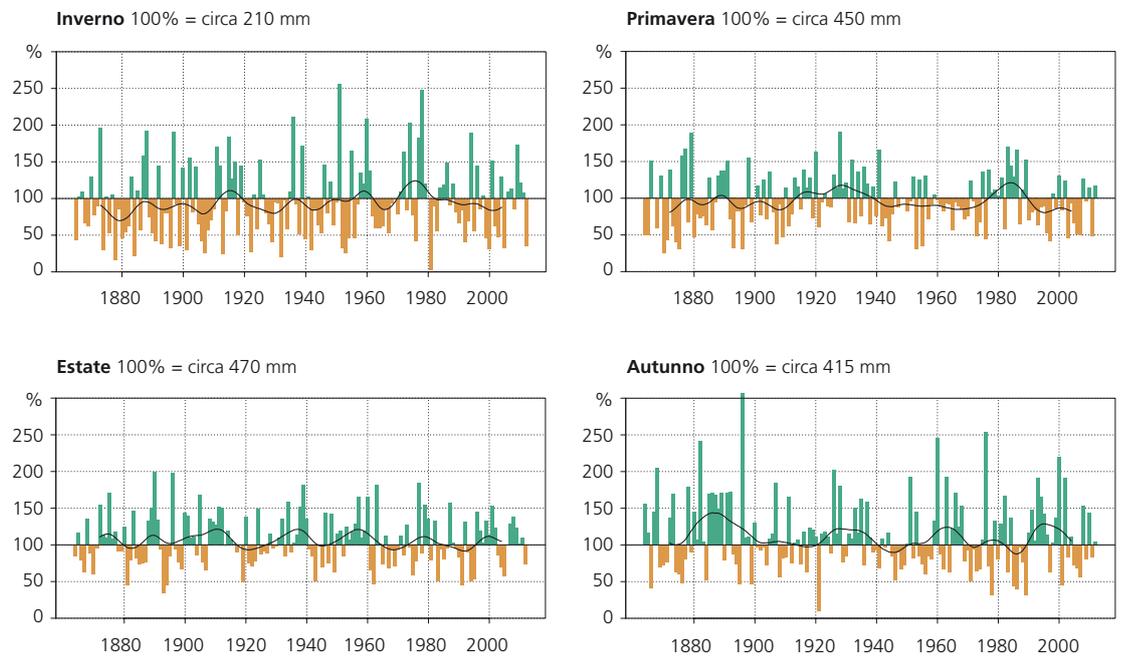


Fig. 5.11:
Andamento storico delle precipitazioni per stagione a Lugano (Svizzera meridionale) in percentuale rispetto alla norma (1961-1990). Verde = deviazioni positive, marrone = deviazioni negative, la curva nera mostra la media ponderata su 20 anni.



Periodo	Primavera MAR-MAG	Estate GIU-AGO	Autunno SET-NOV	Inverno DIC-FEB	Anno GEN-DIC
1864-2012	+ 0,6% non significativo	+ 0,2% non significativo	0,0% non significativo	+ 2,0% non significativo	+ 0,8% non significativo
1901-2012	+ 0,2% non significativo	- 0,4% non significativo	+ 1,0% non significativo	+ 1,6% non significativo	+ 0,8% non significativo
1961-2012	- 1,2% non significativo	+ 0,1% non significativo	+ 4,8% non significativo	- 0,3% non significativo	+ 2,1% non significativo

Tab. 5.5:

Variazioni delle precipitazioni stagionali e annuali in percento per decennio nei periodi 1864-2012, 1901-2012 e 1961-2012, calcolate per l'Altopiano.

Periodo	Primavera MAR-MAG	Estate GIU-AGO	Autunno SET-NOV	Inverno DIC-FEB	Anno GEN-DIC
1864-2012	+ 0,2% non significativo	0,0% non significativo	- 0,8% non significativo	+ 1,0% non significativo	- 0,3% non significativo
1901-2012	-1,1% non significativo	- 0,9% non significativo	- 0,4% non significativo	+ 0,8% non significativo	- 0,5% non significativo
1961-2012	- 1,2% non significativo	+ 3,6% non significativo	+ 1,2% non significativo	+ 0,4% non significativo	+ 0,6% non significativo

Tab. 5.6:

Variazioni delle precipitazioni stagionali e annuali in percento per decennio nei periodi 1864-2012, 1901-2012 e 1961-2012, calcolate per Lugano (Svizzera meridionale).

Senza provvedimenti efficaci a livello globale, in estate in Svizzera si prevede un netto calo delle precipitazioni a partire dal 2050. Secondo gli attuali scenari climatici e prendendo come riferimento la media del periodo 1981-2010, entro la fine del secolo il calo dovrebbe comportare il 30% all'ovest e al sud. Gli scenari mostrano invece una tendenza all'aumento in inverno al sud delle Alpi [23].



Sulla pagina web di MeteoSvizzera si trovano ulteriori informazioni sull'evoluzione delle precipitazioni in Svizzera:

http://www.meteosvizzera.admin.ch/web/it/clima/clima_oggi/trend_svizzera.html

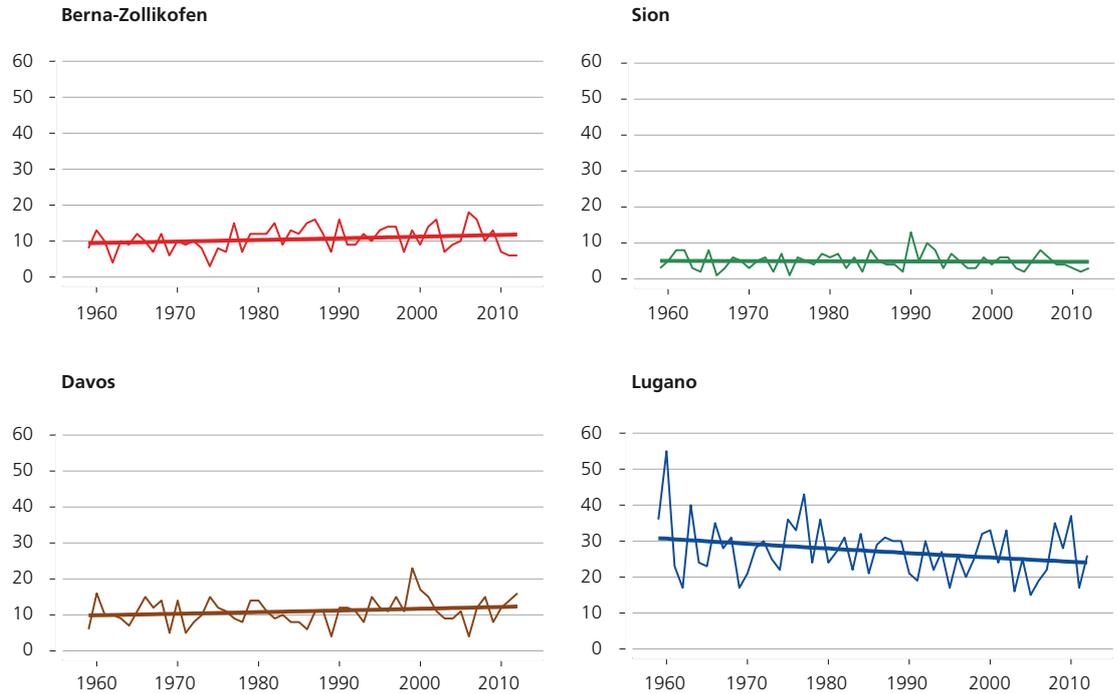
http://www.meteosvizzera.admin.ch/web/it/clima/clima_oggi/trend_climatici_nelle_stazioni.html

Giorni con precipitazioni moderate

L'intensità delle precipitazioni nel 2012 è stata paragonabile a quella dell'anno precedente. Il numero di giorni con precipitazioni moderate è stata sotto la norma alle stazioni di Berna, per un totale di 6 giorni rispetto a 10 di norma e Sion, 3 giorni rispetto a 5. La stazione di Lugano ha registrato un numero vicino alla media, 26 giorni rispetto a 28 della norma, mentre Davos a superato la media con 16 giorni rispetto a 10. In questa stazione il 2012 appartiene così agli anni più intensi ed è stato superato solo dal 1999 (23 giorni) e dal 2000 (17 giorni).

Come per il regime delle precipitazioni, anche in riferimento ai giorni con precipitazioni moderate non sono in generale individuabili tendenze significative alle stazioni di Berna, Sion e Davos. A Lugano (Svizzera meridionale) è invece presente una tendenza appena significativa per meno giorni con precipitazioni moderate. La diminuzione è comunque debole e comporta circa 1 giorno per decennio. Alla stazione di Locarno-Monti questa tendenza non è riscontrabile.

Fig. 5.12:
Numero di giorni con precipitazioni ≥ 20 mm in un anno civile nelle stazioni di Berna, Sion, Davos e Lugano.



Precipitazioni nei giorni molto piovosi

I quantitativi delle precipitazioni dei giorni molto piovosi del 2012 hanno mostrato un comportamento analogo a quello dei giorni con precipitazioni moderate. I quantitativi sono risultati sotto la norma 1961-1990 alle stazioni di Sion, 267 mm rispetto alla norma di 332 mm e di Lugano, 681 mm rispetto a 827 mm della norma. Quantitativi vicina alla norma sono stati raccolti a Berna, 426 mm (norma 440 mm), mentre a Davos nel 2012 i giorni molto piovosi hanno prodotto 647 mm, rispetto ai 445 mm della norma. Il quantitativo di Davos è uno dei maggiori rilevato in questa stazione dal 1961, superato solo nel 1999, 2000, 2011 e 1979.

Nell'andamento pluriennale, delle serie citate solo Davos mostra una tendenza significativa. Come per le precedenti considerazioni sui giorni con precipitazioni moderate, anche per le precipitazioni nei giorni molto piovosi spicca la constatazione che la tendenza pluriennale nella stazione Lugano (Svizzera meridionale) contrariamente alle altre stazioni citate va verso quantitativi minori. Alla stazione di Locarno-Monti, questa diminuzione non è invece constatabile.

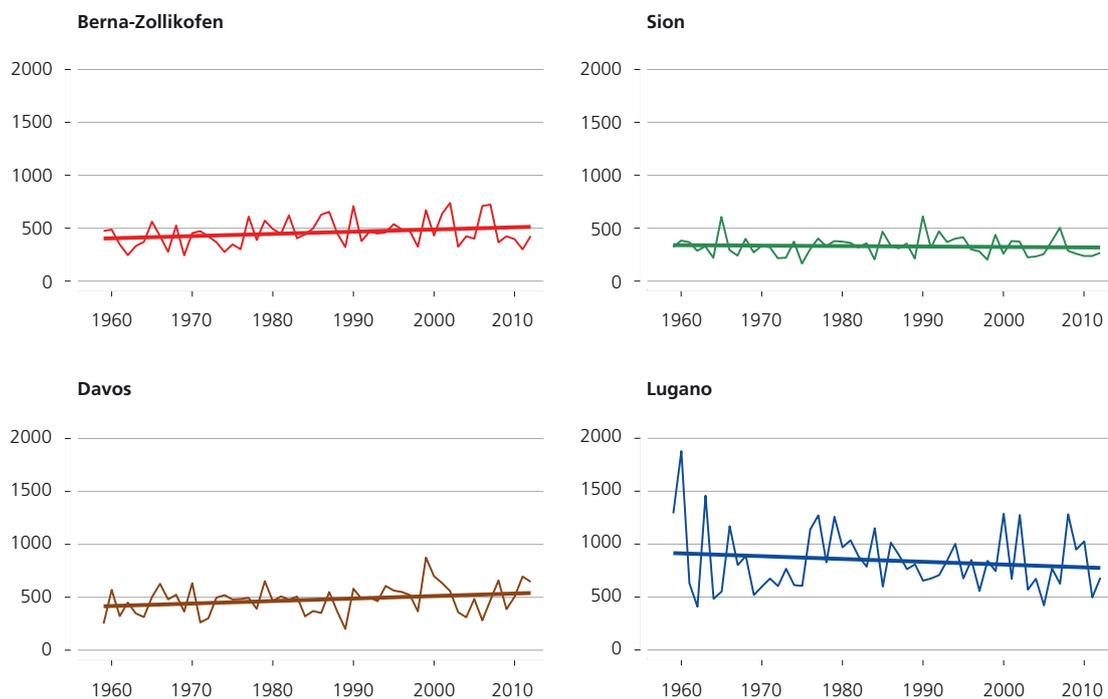


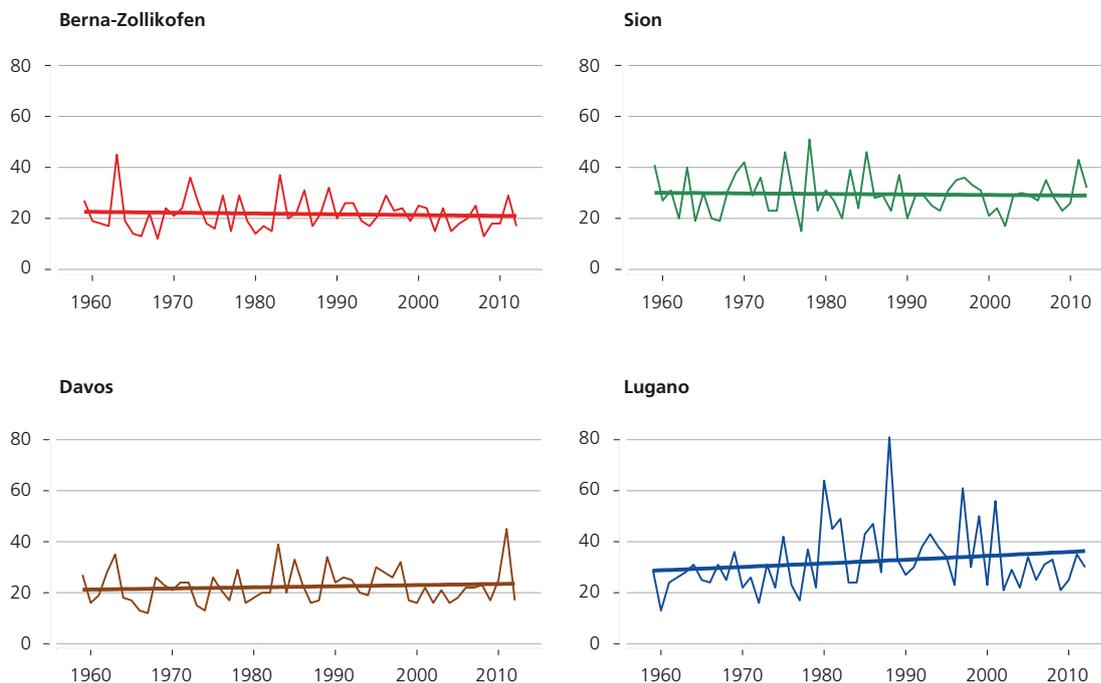
Fig. 5.13:
Quantitativo delle precipitazioni annuali (in mm) di tutti i giorni molto piovosi per le stazioni di Berna, Sion, Davos e Lugano. Sono considerati come giorni molto piovosi quelli il cui quantitativo giornaliero rientra nel 5% delle massime precipitazioni giornaliere. Come riferimento vale il periodo 1961-1990.

Periodi asciutti

L'anno 2012 non ha avuto eventi siccitosi particolari rispetto alla durata media dei periodi asciutti 1961-1990. I periodi asciutto più lunghi si sono verificati a Sion con 32 giorni (norma 30 giorni) e a Lugano con 30 giorni (norma 32 giorni). Durate inferiori alla norma si sono avute a Berna con 17 giorni (norma 22 giorni) e a Davos con pure 17 giorni (norma 22 giorni).

Nell'andamento pluriennale nessuna delle serie di misurazioni citate mostra una tendenza significativa verso periodi di siccità più lunghi. Questo vale in particolare per le stazioni di Berna, Sion e Davos, mentre nelle serie di misurazioni di Lugano è presente una lieve tendenza a un aumento della lunghezza dei periodi asciutti.

Fig. 5.14:
Durata (numero di giorni)
dei periodi asciutti più
lunghi nell'anno civile per
le stazioni di Berna, Sion,
Davos e Lugano.



Indice di siccità

La siccità può essere intesa in modi diversi. In termini molto generali è una carenza di precipitazioni per un periodo prolungato, cioè da più mesi a decenni. A seconda della durata della siccità, la scarsità idrica riguarda in maniera diversa i vari ambiti (agricoltura, selvicoltura, approvvigionamento idrico, produzione energetica, navigazione). In base all'indice SPEI (standardized precipitation evapotranspiration index) viene mostrato il bilancio idrico dei mesi da aprile a settembre.

Il semestre estivo (periodo vegetativo) è determinante per l'agricoltura. I dati recenti indicano che il periodo vegetativo degli ultimi cinque anni è stato più asciutto della media pluriennale. I valori SPEI più bassi (nel 1947, 1865, 2003, 1949, 1893 e 1911) di questa serie corrispondono agli anni in cui si sono manifestati i più massicci danni all'agricoltura. I periodi caratterizzati da SPEI negativo coincidono bene con i maggiori eventi di siccità degli ultimi 150 anni ([19], [18]).

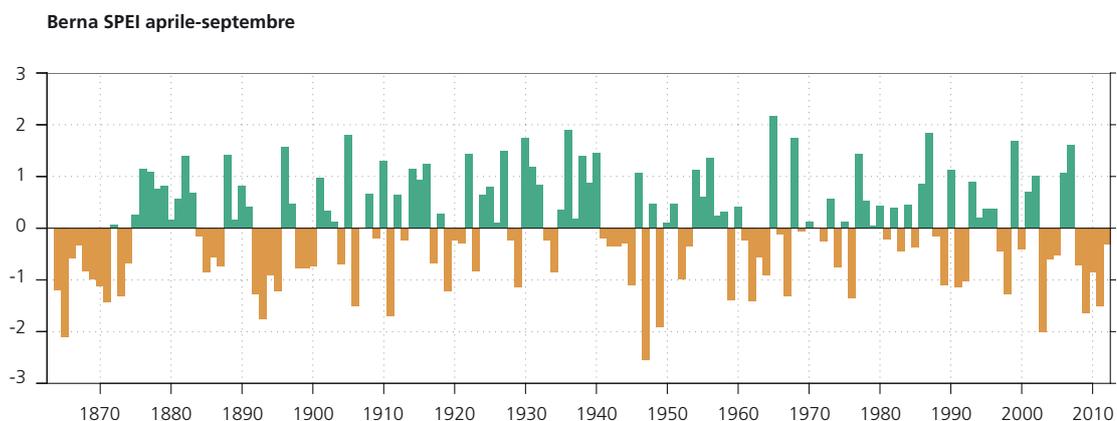


Fig. 5.15:
Indice SPEI del periodo vegetativo (aprile a settembre) per la stazione di Berna. Valori positivi significano condizioni di maggiore umidità, quelli negativi di maggiore siccità rispetto alla media (1864-2012).

Quota dell'isoterma di zero gradi

La media annuale della quota dell'isoterma di zero gradi nell'atmosfera libera, ricavata dai valori registrati dalle sonde meteorologiche giornaliere, nel 2012 ha nuovamente raggiunto un valore elevato, pari a circa 2500 m. Il caldo superiore alla media constatato al livello del suolo nel 2012 si rispecchia così anche nell'atmosfera libera. Spicca la quota particolarmente bassa dell'isoterma di zero gradi nel 2010, seguita da una quota da primato nel 2011. Ciò mostra bene la grande variabilità che è possibile avere di anno in anno, analogamente alla variabilità della temperatura media annuale.

L'andamento pluriennale della quota dell'isoterma di zero gradi nell'atmosfera libera evolve in modo praticamente identico a quello della temperatura media annuale in Svizzera. Particolarmente impressionante è soprattutto il veloce cambiamento verificatosi alla fine degli anni Ottanta del secolo scorso. La media annuale della quota dell'isoterma di zero gradi nell'atmosfera libera si è alzata in maniera significativa nel periodo 1959-2012 con 70 m ogni 10 anni. Questo coincide bene con la tendenza annuale della quota dell'isoterma di zero gradi calcolata sulla base dei dati delle stazioni al suolo (cap. 5.1.1).

Altitudine della tropopausa

L'altitudine media di quasi 11 400 m della quota della tropopausa nel 2012 rappresenta un valore nuovamente elevato nella serie di misurazioni dal 1959. La quota particolarmente bassa nel 2010 e il quella da primato nell'anno seguente mostrano la grande variabilità interannuale, simile a quella della quota dell'isoterma di zero gradi. L'altitudine media della tropopausa è salita in maniera significativa nel periodo 1959-2012 di 56 m ogni 10 anni. L'andamento mostra un buon accordo con le tendenze stagionali della quota dell'isoterma di zero gradi.

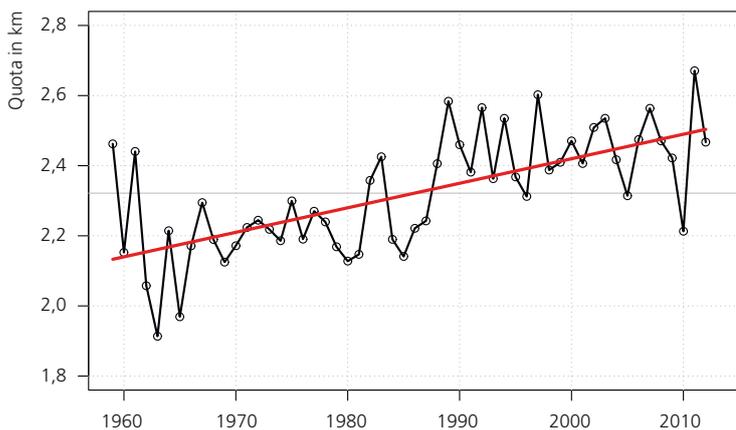


Fig. 5.16:

Media annuale della quota dell'isoterma di zero gradi nel periodo 1959-2012, determinata in base ai sondaggi atmosferici effettuati dalla stazione aerologica di Payerne.

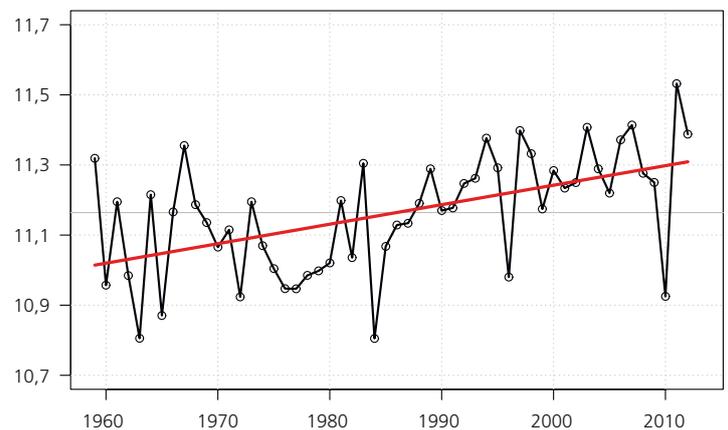


Fig. 5.17:

Media annuale della quota della tropopausa nel periodo 1959-2012, determinata in base ai sondaggi atmosferici effettuati dalla stazione aerologica di Payerne.

Serie di misurazioni dell'ozono ad Arosa

Con la serie di misurazioni ad Arosa, la Svizzera dispone della più lunga serie di misurazioni al mondo relativa all'ozono totale nell'atmosfera. La serie di misurazioni, dal suo inizio nel 1927 fino a circa il 1975, mostra un valore medio pluriennale di circa 330 DU. Tra il 1975 e il 1995 le misurazioni hanno rilevato un calo significativo dell'ozono totale di circa 20 DU. Il calo dell'ozono totale sopra Arosa ha incominciato a manifestarsi agli inizi degli anni Settanta del secolo scorso, periodo di forte crescita delle emissioni di sostanze che distruggono l'ozono. Negli ultimi anni si osserva invece una stabilizzazione dell'ozono totale [8] e il valore medio tra il 1995 e oggi è situato attorno a 313 DU. Il 2010 ha avuto un valore annuale eccezionale di 330 DU, mentre la media annuale degli anni 2011 e 2012 è stata vicina a 300 DU. Questo mostra la grande variabilità possibile dell'ozono totale di anno in anno.

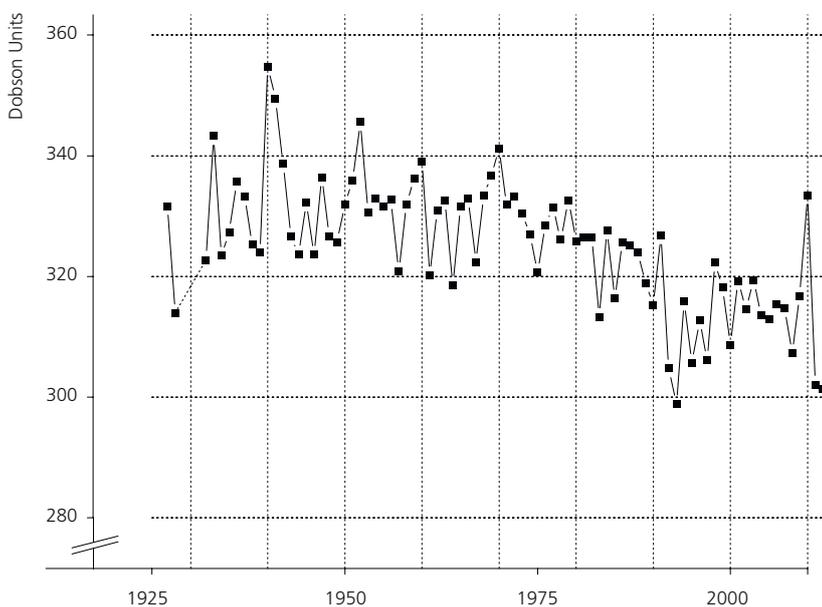


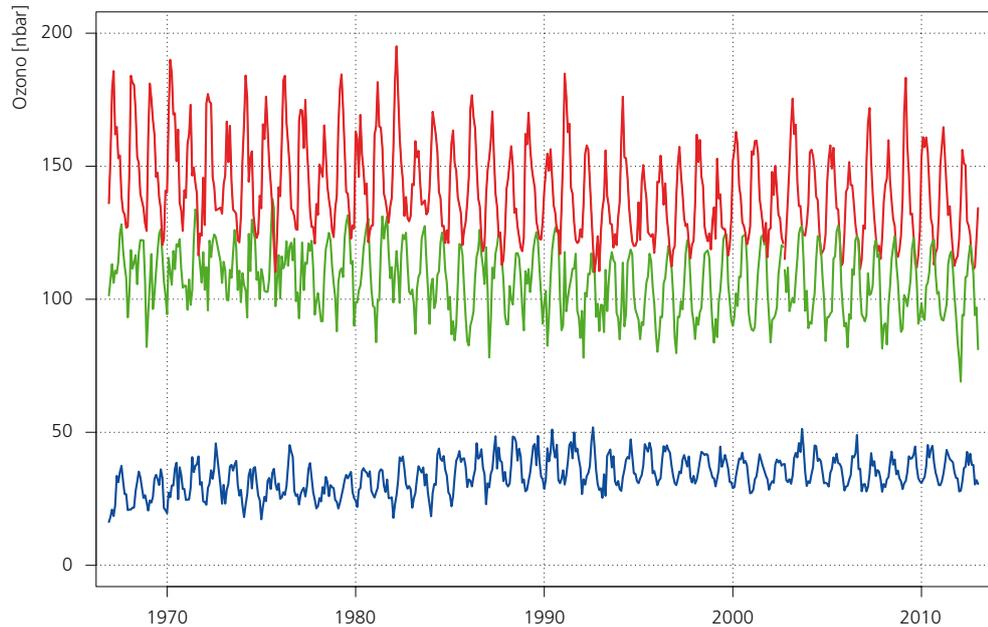
Fig. 5.18:

Colonna totale dell'ozono ad Arosa nel periodo 1927-2012. 100 unità Dobson (DU) corrispondono a 1 mm di ozono puro a 1013 hPa di pressione e 0 °C di temperatura.

Misurazioni dell'ozono a Payerne

Dal 1968 le misurazioni dell'ozono sono effettuate con sonde meteorologiche alla stazione aerologica di MeteoSvizzera a Payerne. Le misurazioni precedenti (1966-1968) erano eseguite dal Politecnico federale di Zurigo. La serie ininterrotta di sondaggi consente di comprendere l'evoluzione temporale delle quantità di ozono nei diversi strati dell'atmosfera.

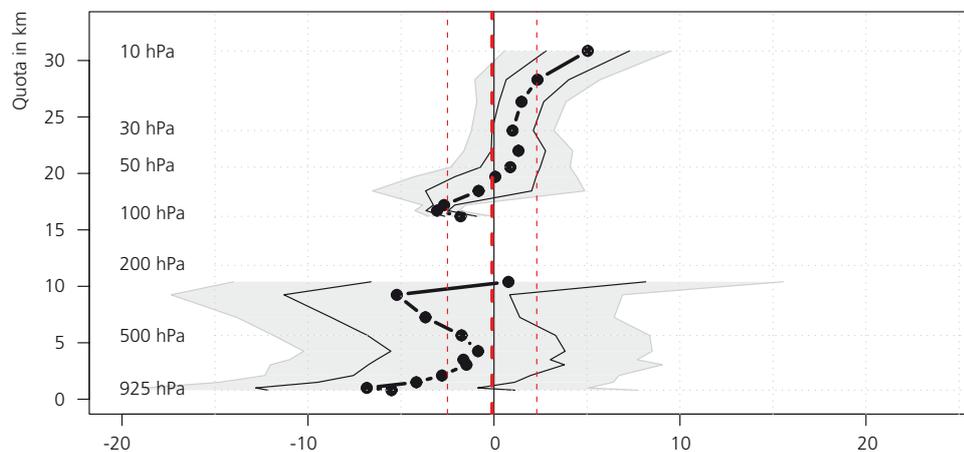
Fig. 5.19:
Concentrazione mensile di ozono a tre altitudini durante il periodo 1967-2012. In blu quota 3 km, in rosso quota 22 km e in verde quota 27 km. La concentrazione di ozono è data in pressione parziale espressa in nanobar [nbar].



Nella fascia di quota tra 15 km e 18 km circa (bassa stratosfera) nel periodo 2001-2012 si è osservata una costante tendenza al ribasso della concentrazione di ozono (fig. 5.20). Al di sopra dei 18 km (media stratosfera) si manifesta una leggera tendenza non significativa al rialzo. La fascia senza

valori tra 10 km e 15 km di quota corrispondono a una zona dove non sono state rilevate variazioni. Al di sotto dei 10 km (nella troposfera) si evidenziano tendenze calanti, tuttavia non significative per la maggior parte delle quote.

Fig. 5.20:
Variazioni delle concentrazioni di ozono tra il 2001 e il 2012 a diverse quote comprese tra 0,5 km e 31 km, espresse in percento di variazioni di concentrazione alle relative quote per decennio (%/10 anni).



Polvere sahariana

La polvere minerale è una componente importante dell'aerosol atmosferico e il Sahara è la sua principale fonte. La presenza di polveri minerali è stata storicamente determinata attraverso l'analisi delle precipitazioni «colorate» o dai depositi nella neve e nel ghiaccio. Dal 2011, misurazioni continue dei coefficienti di diffusione e assorbimento a diverse lunghezze d'onda sono eseguite alla stazione di ricerca alpina dello Jungfraujoch, situata a 3580 m slm nelle Alpi svizzere. Queste misurazioni hanno permesso di sviluppare un nuovo metodo operativo in grado di determinare gli eventi di polvere del Sahara (Saharan dust events, SDE) sopra la Svizzera con una risoluzione oraria. È ora così possibile studiare la ricorrenza di eventi di polvere sahariana sulle Alpi.

Le misurazioni hanno permesso di allestire una climatologia di dodici anni degli eventi di polvere sahariana. Ogni anno sono stati rilevati da 10 a 40 eventi per una durata totale tra 200 e 650 ore. In generale l'arrivo di polvere contribuisce fortemente all'inquinamento da aerosol sulle Alpi in particolare durante la primavera (marzo-giugno) ma anche in ottobre e novembre. In estate gli eventi sono rari e in inverno la loro durata è breve. La maggior parte degli eventi (48%) dura solo qualche ora, mentre un quarto (25%) dura oltre un giorno.

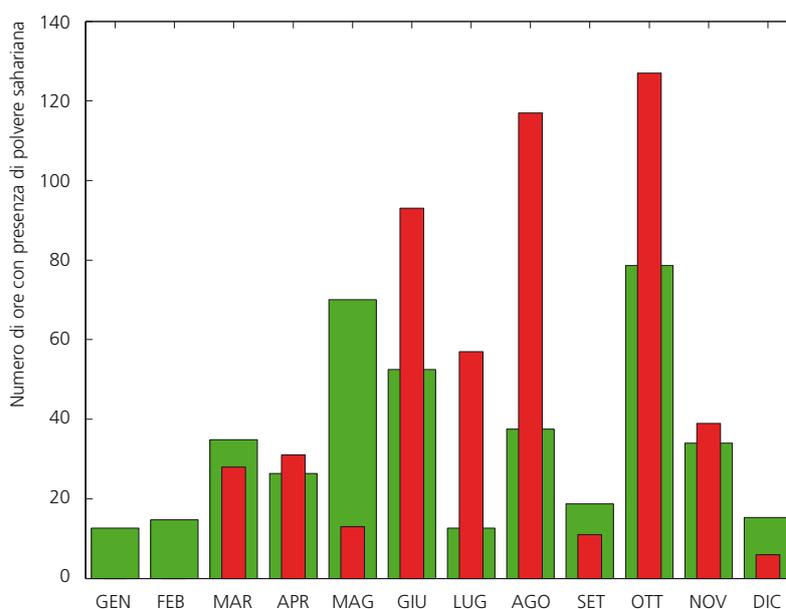


Fig. 5.21: Numero di ore al mese con presenza di polvere sahariana (Saharan Dust Events SDE) alla stazione dello Jungfraujoch nel periodo 2001-2012. Nel 2010-2011 non è stato possibile utilizzare i valori misurati per periodi prolungati, rendendo così impossibile determinare gli eventi di polvere sahariana.

■ Media 2001-2011
■ 2012



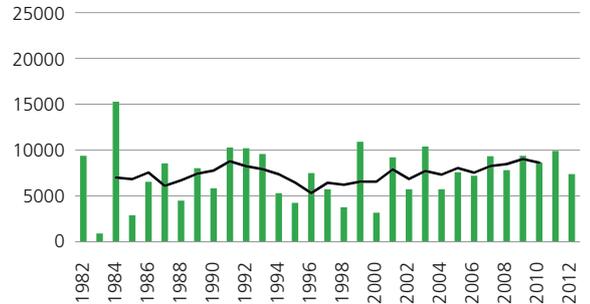
Concentrazione dei pollini

L'intensità della stagione dei pollini cambia di anno in anno e può essere molto forte o molto debole. Questo si ripercuote sull'intensità dei sintomi da raffreddore da fieno per chi è allergico ai pollini.

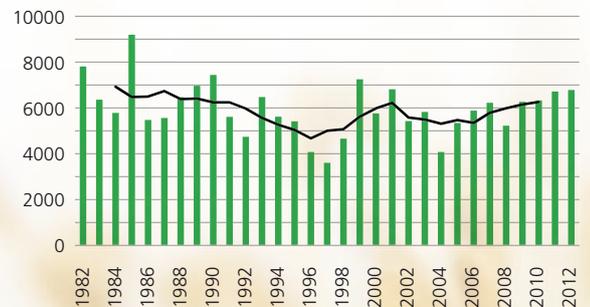
Per la betulla, l'intensità della stagione dei pollini dipende da un lato dal tempo dell'anno precedente poiché gli amenti si sviluppano già nell'estate dell'anno precedente. Il caldo favorisce lo sviluppo di un gran numero di amenti. Inoltre, l'intensità dipende anche dal tempo del periodo di fioritura e dalla fisiologia della piante, poiché le betulle mostrano una tendenza a un ritmo di fioritura biennale. Per i pollini di erbacee l'intensità della stagione dipende principalmente dal tempo durante il periodo di fioritura dell'erba stessa.

La stagione 2012 fa parte degli anni con debole fino a media fioritura. Il faggio non è fiorito del tutto in quest'anno e la quercia e il nocciolo hanno avuto una stagione dei pollini piuttosto debole. Quantitativi normali di pollini sono stati prodotti dall'ontano, dalla betulla, dalle graminacee, dall'ambrosia e dall'artemisia. La stagione del frassino è stata più intensa del normale nella Svizzera occidentale ma più debole nella Svizzera centrale e orientale. In generale, in Ticino gli indici pollinici stagionali dell'ontano, del frassino e soprattutto della betulla sono stati elevati, anche se il numero di giorni con dispersione di pollini è stato nella media.

Betulla Svizzera centrale e orientale



Graminacee Svizzera centrale e orientale



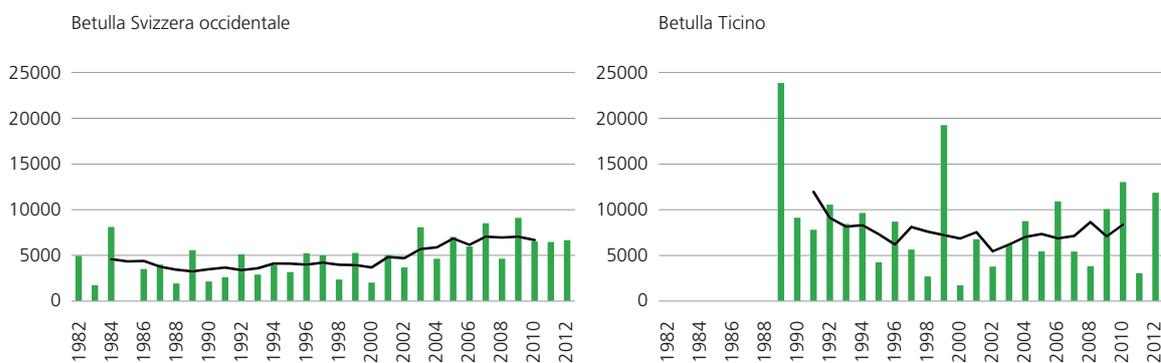


Fig. 5.22

Concentrazione del polline di betulla in tre grandi regioni della Svizzera nel periodo 1982-2012. L'indice pollinico stagionale corrisponde alla somma delle concentrazioni giornaliere di pollini.

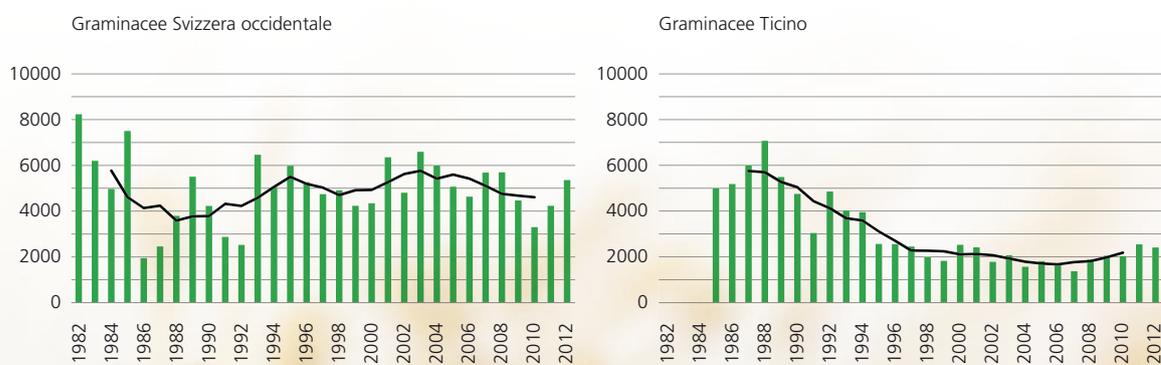


Fig. 5.23:

Concentrazione del polline delle graminacee in tre grandi regioni della Svizzera nel periodo 1982-2012. L'indice pollinico stagionale corrisponde alla somma delle concentrazioni giornaliere di pollini.



5.2 Suolo

Quantitativi di neve fresca e giorni con neve fresca

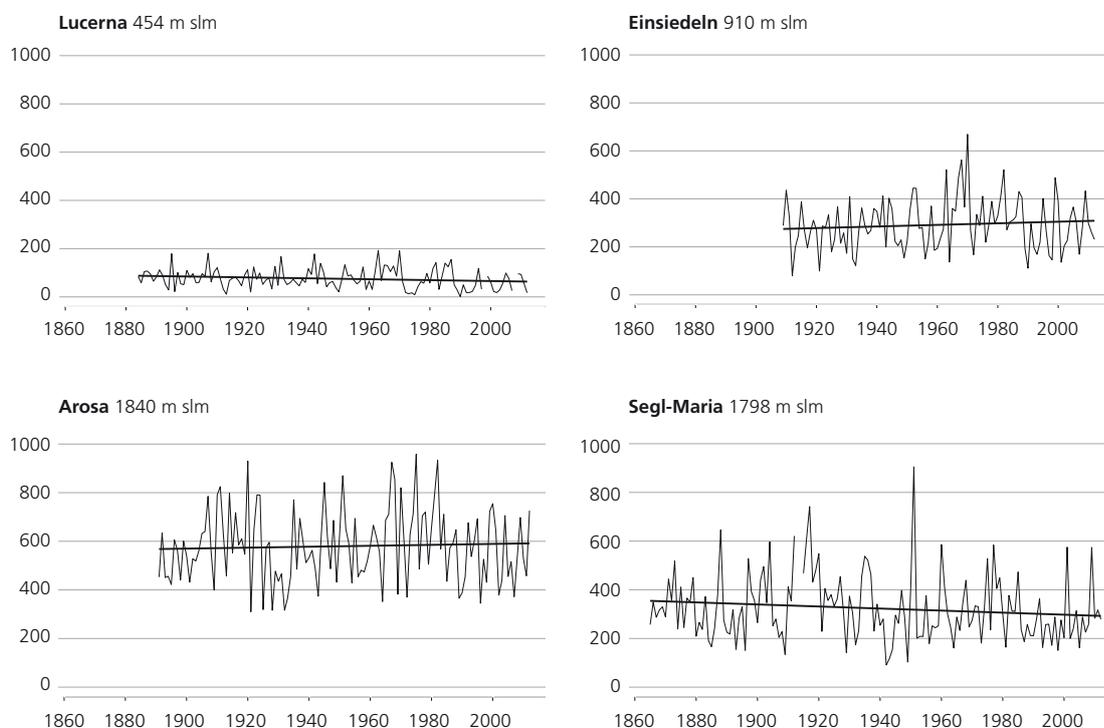
Già verso la fine del 2011 sulle Alpi svizzere, ad eccezione di quelle meridionali, si registravano quantitativi di neve largamente superiori alla media. Durante i primi giorni del 2012 si sono di nuovo verificate importanti nevicate in altitudine. Arosa ha così fatto registrare, alla fine del semestre invernale, una somma dei quantitativi di neve fresca superiore alla norma 1961-1990 (726 cm/norma 631 cm).

A basse quote il tempo è stato mite e per lo più senza neve. A Lucerna durante il semestre invernale si è registrato un accumulo di neve fresca di appena 17 cm (norma 83 cm). Si tratta, con il semestre invernale 1973/74, del quinto inverno

con minore quantità di neve da quando sono iniziate le misurazioni sistematiche nel 1883/84. Pure la stazione di media altitudine di Einsiedeln ha fatto rilevare quantitativi di neve fresca largamente sotto la norma (231 cm/norma 341 cm) e lo stesso vale per la stazione in quota di Segl-Maria (279 cm/norma 312 cm).

In nessuna delle serie relative ai quantitativi di neve fresca del semestre invernale è riscontrabile una tendenza significativa. È tuttavia necessario sottolineare che le registrazioni giornaliere e mensili della neve non sono disponibili in forma di dati omogenei.

Fig. 5.24:
**Somma della neve fresca
(in cm) nel semestre
invernale dall'inizio delle
misurazioni al 2012, nelle
stazioni di Lucerna, Einsie-
deln, Arosa e Segl-Maria.**



Il numero di giorni con neve fresca misurabile è stato sotto la media in tutte le stazioni considerate: Arosa 56 giorni/norma 71 giorni, Einsiedeln 41 giorni/norma 46 giorni, Lucerna 4 giorni/norma 18 giorni e Segl-Maria 25 giorni/norma 42 giorni. Questi dati rispecchiano il fatto che gli elevati quantitativi di neve avuti in altitudine sono caduti durante poche nevicate di grande intensità.

Una tendenza significativa verso un numero maggiore di più giorni con neve fresca si riscontra nella serie di misurazioni delle stazioni di Arosa (+1,7 giorni/10 anni) e di Einsiedeln (+0,7 giorni/10 anni). Tuttavia, un'analisi più dettagliata indica che in particolare il periodo dagli anni Sessanta agli anni Ottanta del secolo scorso ha portato più giorni con neve fresca, mentre i valori precedenti e successivi sono nettamente più bassi.

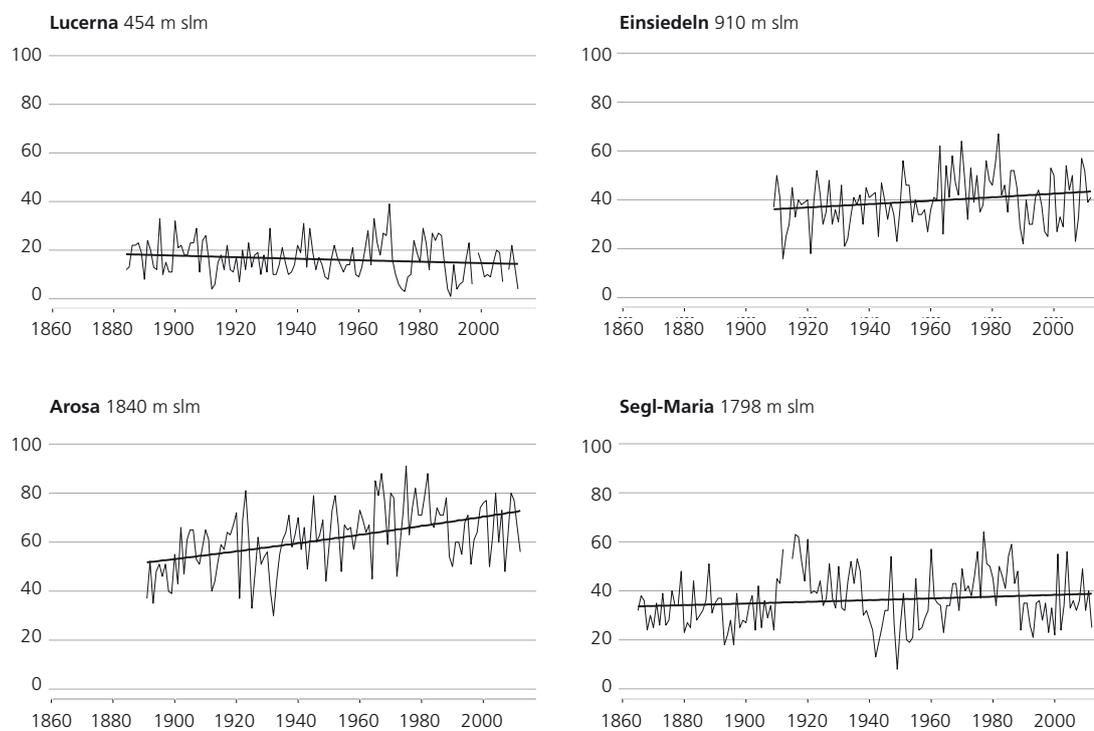
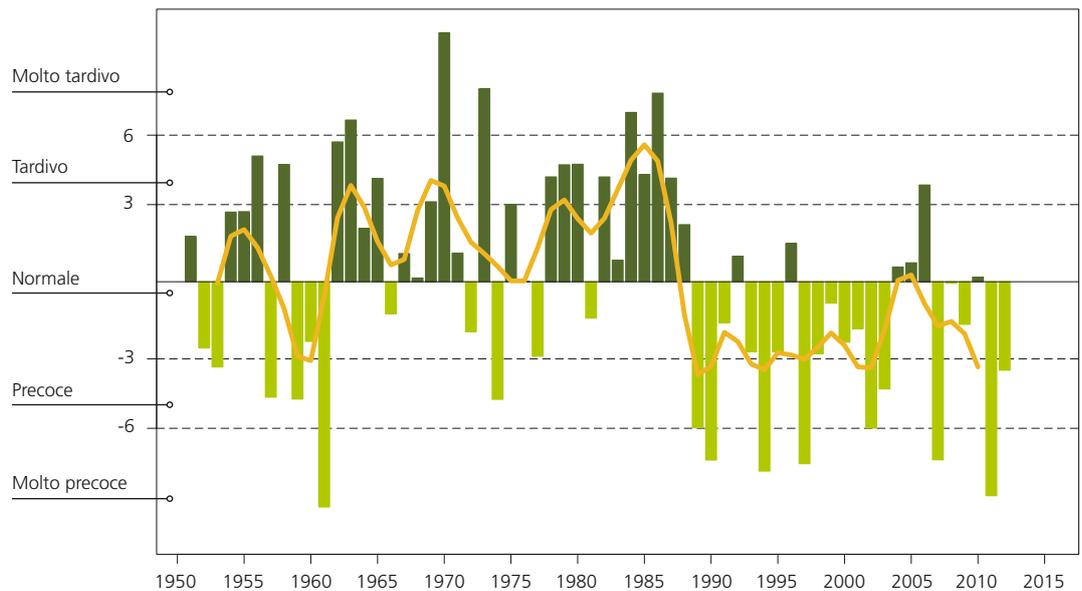


Fig. 5.25:
Numero di giorni con neve fresca nel semestre invernale dall'inizio delle misurazioni al 2012, nelle stazioni di Lucerna, Einsiedeln, Arosa e Segl-Maria.

L'indice di primavera viene utilizzato quale grandezza per caratterizzare lo sviluppo della vegetazione in primavera rispetto agli anni precedenti, rispettivamente rispetto all'andamento storico. Lo sviluppo della vegetazione in primavera dipende principalmente dall'evoluzione della temperatura invernale e primaverile [7]. Le temperature normali dell'inverno 2011-2012, assieme a un febbraio molto freddo e combinate con un marzo molto caldo e un aprile poco sopra la norma, hanno portato a uno sviluppo leggermente precoce della vegetazione nella primavera 2012.

Parallelamente alle temperature più alte in inverno e particolarmente più alte in primavera dalla metà degli anni Ottanta del secolo scorso, l'indice di primavera a partire dalla seconda metà degli anni Ottanta ha mostrato un cambiamento repentino verso uno sviluppo vegetativo primaverile anticipato.

Fig. 5.26:
Andamento annuale dello sviluppo della vegetazione (indice di primavera) in tutta la Svizzera rispetto alla media pluriennale dello sviluppo della vegetazione. La linea continua mostra la media ponderata su 5 anni.



Fioritura del ciliegio a Liestal e spiegamento delle foglie dell'ippocastano a Ginevra

Dal 1894 nella stazione di campagna di Liestal viene registrata la data della fioritura del ciliegio. Nella serie di misurazioni, a partire dal 1900 circa si può constatare una tendenza a termini di fioritura più precoci. La fioritura avvenuta a inizio aprile 2012 rientra nella media degli ultimi due decenni.

Di grande importanza è anche la serie storica esistente dal 1808 della data dello spiegamento delle foglie dell'ippocastano a Ginevra. Questa è la serie di osservazioni fenologiche più lunga in Svizzera. Dal 1900 circa è riscontrabile una netta tendenza a uno spiegamento più precoce delle foglie. Come conseguenza dell'inverno 2011/2012 con temperature vicine alla media ma un febbraio molto freddo, lo spiegamento delle foglie avvenuto a metà marzo è piuttosto tardivo.

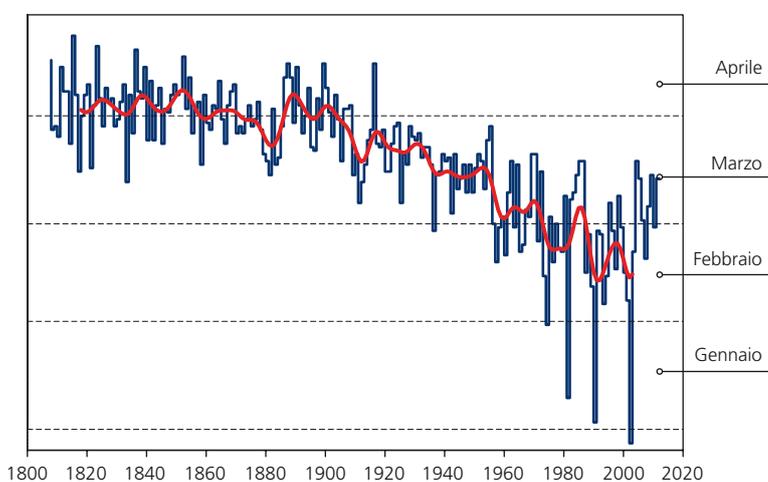
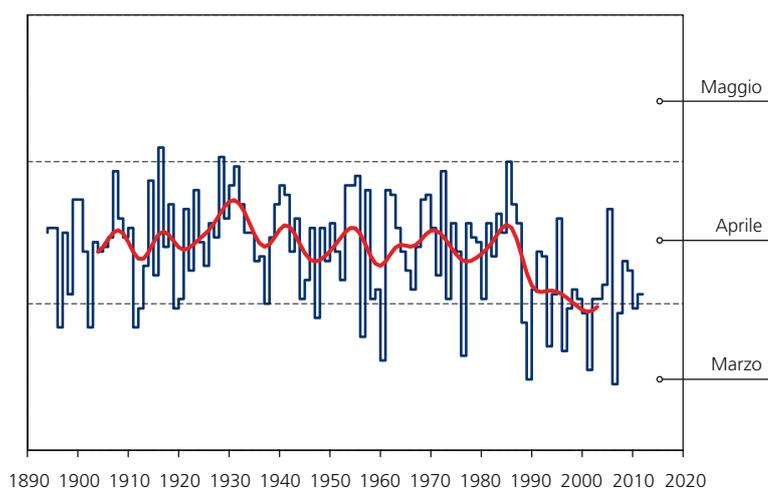


Fig. 5.27:
Data di fioritura del ciliegio a Liestal 1894-2012 (sopra) e data dello spiegamento delle foglie dell'ippocastano a Ginevra 1808-2012 (sotto).



5.3 Base dei dati e metodi

Scelta di indicatori climatici secondo l'OMM

Gli indicatori climatici secondo l'OMM sono calcolati in base alle regole e al software ufficiale del WMO Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) [4], utilizzando come valori di partenza le serie storiche omogeneizzate a partire dal 1959.

Temperatura

A causa dei diversi regimi termici su piccola scala (temperature più basse in montagna, più alte in pianura), l'evoluzione della temperatura in Svizzera viene idealmente raffigurata non con temperature assolute, ma come deviazione rispetto al valore normale pluriennale (1961-1990). Le analisi si basano sul set standard di 12 serie di misurazioni omogeneizzate della rete climatica svizzera (Swiss National Basic Climatological Network; Swiss NBCN [1]).

Isoterma di zero gradi determinata a partire dalle stazioni al suolo

Il calcolo della quota dell'isoterma di zero gradi si basa sulla seguente procedura: per ogni stagione (ad esempio inverno 1962) viene calcolata una regressione lineare tra i valori termici medi standardizzati e la quota sul livello del mare dell'isoterma di zero gradi, compresa una stima delle relative incertezze [6].

Sulla base dei singoli valori di ogni anno, viene calcolata la variazione temporale della quota dell'isoterma di zero gradi (tendenza in m/10 anni). Sono utilizzate tutte le 29 stazioni della rete climatica (Swiss NBCN) [1]. È da notare che la determinazione dell'isoterma di zero gradi presenta errori diversi a seconda della stagione (nei grafici, linee grigie verticali per la portata dell'errore).

In primavera e in autunno la determinazione è possibile con una certa precisione sia poiché sussiste una correlazione relativamente buona tra temperatura e quota, sia perché l'isoterma di zero gradi si trova ancora a quote dove sono presenti stazioni. In inverno e in particolar modo d'estate la determinazione è più incerta, ma per motivi diversi.

In inverno la determinazione è difficile perché i laghi d'aria fredda e la nebbia, nonché il passaggio dei fronti, confondono notevolmente il rapporto tra temperatura e quota, e viene quindi a mancare la linearità tra questi due parametri. In estate il rapporto è piuttosto lineare, ma la quota dell'isoterma di zero gradi è ben al di sopra delle stazioni disponibili. Così anche le minime incertezze sul rapporto temperatura-quota influiscono enormemente sul margine d'errore dell'isoterma di zero gradi.

Precipitazioni

In Svizzera si contrappongono i regimi di precipitazione nordalpino e sudalpino, con peculiarità del tutto specifiche nell'evoluzione pluriennale delle precipitazioni. La raffigurazione di una curva delle precipitazioni per tutta la Svizzera può quindi celare queste essenziali differenze regionali. Per questo di seguito si distingue tra evoluzione delle precipitazioni nordalpine e sudalpine, ma non viene dedotto un andamento delle precipitazioni per tutta la Svizzera (media tra nord e sud delle Alpi). Le analisi si basano sulle 12 serie di misurazioni omogeneizzate disponibili della rete climatica svizzera (Swiss National Basic Climatological Network; Swiss NBCN [1]).

Giorni con precipitazioni moderate

«Precipitazioni moderate» sono definite con quantitativi ≥ 20 mm al giorno. Una precipitazione giornaliera di 20 mm viene registrata più volte all'anno nella maggior parte delle regioni svizzere. Si tratta quindi di un evento ricorrente. È considerata rara una precipitazione che si verifica ogni 10 anni o meno. Questa soglia è raggiunta a Berna è con circa 65 mm, a Sion 50 mm, a Davos 70 mm e a Lugano 130 mm. Tuttavia, la conferma delle tendenze utilizzando eventi estremi presenta limiti di principio proprio a causa della rarità stessa dell'evento. Più un evento è raro, più è difficile dimostrare una tendenza [5]. Pertanto gli eventi estremi non sono indicatori adatti per analizzare i cambiamenti climatici.

Precipitazioni nei giorni molto piovosi

Un giorno viene considerato molto piovoso se il quantitativo delle precipitazioni è maggiore della media pluriennale dei 18 giorni (5%) più piovosi dell'anno. Come riferimento vale il periodo 1961-1990. Viene raffigurata la quantità totale di precipitazioni all'anno cadute in giornate molto piovose.

Indice di siccità

Gli indici SPI (standardized precipitation index) e SPEI (standardized precipitation evapotranspiration index) mostrano le deviazioni delle precipitazioni medie e del bilancio idrico climatico medio (differenza tra le precipitazioni e la potenziale evaporazione). Valori positivi significano condizioni di maggiore umidità, mentre valori negativi di maggiore siccità rispetto alla media.

Lo SPI (standardized precipitation index [20]) indica l'anomalia delle precipitazioni rispetto a un periodo definito (di solito da 1 a 48 mesi) e viene calcolato sulla base dei quantitativi mensili delle precipitazioni. Le precipitazioni accumulate negli ultimi mesi (da 1 a 48) vengono quindi confrontate con i

relativi quantitativi nello stesso periodo nel passato. Quindi la distribuzione di questi quantitativi di precipitazioni viene trasformata in una distribuzione normale standard intorno allo zero. Il valore così trasformato di un determinato quantitativo di precipitazioni corrisponde al valore SPI.

Lo SPEI (standardized precipitation evapotranspiration index [21]) viene calcolato in modo analogo allo SPI, ma al posto del quantitativo delle precipitazioni è basato sul bilancio idrico climatico, che corrisponde alle precipitazioni meno l'evapotraspirazione potenziale. Lo SPEI è dunque il bilancio idrico trasformato sulla distribuzione normale standard. In base alla definizione di distribuzione normale standard, le condizioni con uno SPI/SPEI inferiore a -1 corrispondono a una frequenza di circa il 15%; quelle con valore inferiore a -2 a circa il 2%. Corrispondentemente, la siccità o l'eccedenza idrica può essere ripartita nelle classi indicate di seguito:

SPEI	≤ -2,0	estremamente asciutto
-2,0 < SPEI	≤ -1,5	molto asciutto
-1,5 < SPEI	≤ -1,0	asciutto
-1,0 < SPEI	< 1,0	normale
1,0 ≤ SPEI	< 1,5	piovoso
1,5 ≤ SPEI	< 2,0	molto piovoso
SPEI	≥ 2,0	estremamente piovoso

Quota dell'isoterma di zero gradi nell'atmosfera libera

In condizioni atmosferiche normali, la temperatura dell'aria diminuisce con la quota a partire dalla superficie terrestre. Se al livello del suolo la temperatura è positiva, a una certa quota si troverà un valore della temperatura di 0 °C e al di sopra delle temperature negative. L'altitudine alla quale si trova il passaggio da temperature positive a negative è definita la quota dell'isoterma di zero gradi. Con situazioni di inversioni, la temperatura può passare anche più volte da valori positivi a negativi, in questo caso le direttive dell'OMM raccomandano di considerare la quota dell'isoterma di zero gradi più alta. Per poter disporre di valori paragonabili dell'isoterma di zero gradi anche quando la temperatura al suolo è inferiore a zero, è indicato un valore teorico. Partendo dalla temperatura misurata dalla radiosonda al suolo, viene calcolata una quota fittizia sotto la superficie terrestre. La profondità dell'isoterma di zero gradi viene stabilita assumendo un gradiente termico verticale di 0,5 °C ogni 100 m. Oltre a quote sotto la superficie del terreno, con temperature di partenza inferiori a -2,5 °C si ottengono pure quote dell'isoterma di zero gradi inferiori al livello del mare [31]. La quota dell'isoterma di zero gradi è riportata nel protocollo di ogni radiosondaggio: da questi valori sono poi calcolate le medie mensili utilizzate per l'analisi della tendenza del clima.

Concentrazione dei pollini

L'indice dei pollini è calcolato in base alla concentrazione giornaliera di pollini nell'aria. Per ogni giorno viene determinato il numero di pollini per metro cubo d'aria per il tipo di polline in questione. Questo numero viene sommato per tutto l'anno. Il valore che ne deriva è considerato adimensionale.

Quantitativi di neve fresca e giorni con neve fresca

Le registrazioni giornaliere e mensili della neve non sono disponibili come dati omogeneizzati. L'interpretazione delle serie di misurazioni richiede pertanto una certa cautela.

Indice di primavera

La situazione dello sviluppo della vegetazione viene registrato in fasi fenologiche. La fenologia si occupa dell'andamento nel corso dell'anno di manifestazioni di sviluppo ricorrenti in natura. Le osservazioni fenologiche sono eseguite in circa 80 stazioni distribuite in tutta la Svizzera.

L'indice di primavera utilizzato nel presente rapporto è composto in base alle dieci seguenti fasi fenologiche: fioritura del nocciolo, fioritura del tussilago, fioritura dell'anemone, spiegamento delle foglie dell'ippocastano, fioritura del ciliegio, spiegamento delle foglie del nocciolo, formazione degli aghi del larice, fioritura della cardamine, spiegamento delle foglie del faggio e fioritura del dente di leone.

Le singole fasi fenologiche dipendono ovviamente dall'andamento meteorologico. La fioritura del nocciolo, ad esempio, può essere precoce in caso di fine inverno mite, mentre un periodo di freddo persistente può rallentare nuovamente lo sviluppo della vegetazione, che dipende inoltre anche dalla quota.

Nelle stazioni al suolo a bassa quota, con temperature miti, le fasi fenologiche si verificano prima rispetto alle quote più elevate con condizioni più fredde. Grazie all'analisi delle componenti principali, queste voluminose osservazioni sono strutturate, semplificate e combinate per elaborare un indice di primavera per tutta la Svizzera.

Bibliografia

- [1] Begert M., Seiz G., Foppa N., Schlegel T., Appenzeller C., Müller G., 2007: Die Überführung der klimatologischen Referenzstationen der Schweiz in das Swiss National Climatological Network (Swiss NBCN). Arbeitsbericht MeteoSchweiz, 215.
- [2] Begert M., Seiz G., Schlegel T., Musa M., Baudraz G., Moesch M., 2003: Homogenisierung von Klimamessreihen der Schweiz und Bestimmung der Normwerte 1961-1990. Schlussbericht des Projekts NORM90. MeteoSchweiz, Zürich.
- [3] North N., Kljun N., Kasser F., Heldstab J., Maibach M., Reutimann J., Guyer M., 2007: Klimaänderung in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Umwelt-Zustand Nr. 0728. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [4] siehe <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/>
- [5] Frei C. and Schär C., 2001: Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitations in the Alpine region. *Journal of climate* 14: 1568-1584.
- [6] siehe <http://www.r-project.org>
- [7] Studer S., Appenzeller C. and Defila C., 2005: Inter-annual variability and decadal trends in Alpine spring phenology: A multivariate analysis approach. *Climatic Change* 73: 395-414.
- [8] Favaro G., Jeannot P., Stübi R., 2002: Re-evaluation and trend analysis of the Payerne ozone soundings. Veröffentlichungen der MeteoSchweiz Nr. 63. MeteoSchweiz, Zürich.
- [9] Beniston M., 1997: Variations of snow depth and duration in the swiss alps over the last 50 years: Links to changes in large-scale climatic forcings, *Climatic Change* 36 (1997), 281-300.
- [10] Scherrer S.C., Appenzeller C., Laternser M., 2004: Trends in Swiss Alpine snow days: The role of local and large-scale climate variability. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L13215, doi: 10.2929/2004GL020255.
- [11] Laternser M., Schneebeli M., 2003: Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931-99). *International Journal of Climatology* 23: 733-750.
- [12] Marty C, 2008: Regime shift of snowdays in Switzerland, *Geophys. Res. Lett.* 35, L12501, doi: 10.1029/2008GL033998.
- [13] Wüthrich C., 2008: Lange Schneemessreihen der Schweiz, Aufarbeitung der längsten Schneemessreihen und Trendanalyse ausgewählter Schneeparameter, Geographisches Institut der Universität Bern, Diplomarbeit.
- [14] University of East Anglia, 2013: Temperature anomaly (from the base period 1961-90) datasets HadCRUT3 and CRUTEM3. <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/#datadown>
- [15] IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [16] Collaud Coen, M., Andrews, E., Asmi, A., Baltensperger, U., Bukowiecki, N., Day, D., Fiebig, M., Fjaeraa, A. M., Flentje, H., Hyvärinen, A., Jefferson, A., Jennings, S. G., Kouvarakis, G., Lihavainen, H., Lund Myhre, C., Malm, W. C., Mihapopoulos, N., Molenar, J. V., O'Dowd, C., Ogren, J. A., Schichtel, B. A., Sheridan, P., Virkkula, A., Weingartner, E., Weller, R., and Laj, P. 2013: Aerosol decadal trends – Part 1: In-situ optical measurements at GAW and IMPROVE stations, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 869-894, doi:10.5194/acp-13-869-2013.
- [17] Begert M., Schlegel T., Kirchhofer W., 2005: Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. *International Journal of Climatology* 25: 65-80.
- [18] Calanca, P., 2007: Climate change and drought occurrence in the Alpine region: How severe are becoming the extremes? *Global and Planetary Change*, 57, 1-2, 151-160. doi: 10.1016/j.gloplacha.2006.11.001
- [19] Pfister, C., Rutishauser, M., 2000: Dürresommer im Schweizer Mittelland seit 1525. Workshopbericht «Trockenheit in der Schweiz», Organe Consultatif sur les Changements Climatiques (OcCC), Bern. 17 S. und 2 Anhänge. (http://www.occc.ch/reports_e.html)
- [20] McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J., 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scales, *Proc. 8th Conf. on Applied Climatology*, Jan. 17-22, American Meteorological Society, Boston, pp. 179-184.

- [21] Vicente-Serrano S., Bugueria S., Lopez-Moreno J., 2010: A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, *J of Climate*, 23, 1696-1718, doi: 10.1175/2009JCLI2909.1
- [22] Seiz G., Foppa N., 2007: Nationales Klima-Beobachtungssystem (GCOS Schweiz). Publikation von MeteoSchweiz und ProClim, 92 S. http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_international/gcos/publikationen/Berichte.Par.0026.DownloadFile.tmp/seiz2007.pdf
- [23] CH2011, 2011: Swiss Climate Scenarios CH2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88 pp. <http://www.ch2011.ch/>
- [24] WMO, 2003: GCOS-82. Second Report on the Adequacy of the Global Observing Systems for Climate in Support of the UNFCCC. WMO TD 1143.
- [25] WMO 2013: WMO statement on the status of the global climate in 2012. Draft-Version Januar 2013. Vorläufige Version November 2012 unter: http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/documents/966_WMOstatement.pdf
- [26] MEI-Daten unter: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/klaus.wolter/MEI/table.html>
- [27] Collaud Coen M., Weingartner E., Furger M., Nyeki S., Prévôt A. S. H., Steinbacher M., and Baltensperger U., 2011: Aerosol climatology and planetary boundary influence at the Jungfraujoch analyzed by synoptic weather types. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 5931-5944, doi:10.5194/acp-11-5931-2011.
- [28] Wright W., 2012: Discussion paper on the calculation of the standard Climate normals: a proposal for a dual system. http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/GCDS_1.php http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/Rev_discussion_paper_May2012.pdf
- [29] Sturmarchiv Schweiz. Swiss Severe Weather Database. Spezialseite Wasserhosen Zürichsee. http://sturmarchiv.ch/index.php/Spezialseite_Wasserhosen_Z%C3%BCrichsee
- [30] Wakimoto M.R., Wilson J.W., 1989: Non-supercell Tornadoes. *Monthly Weather Review* 117, 1113-1140.
- [31] Güller A., 1979: Die Nullgradgrenze in der Schweiz 1951-1978, nach den Radiosondierungen von Payerne. *Klimatologie in der Schweiz*, Heft 21/0. Beiheft zu den *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt* (Jahrgang 1978).

Indirizzi

MeteoSchweiz
Krähbühlstrasse 58
CH-8044 Zürich
T +41 44 256 91 11

MeteoSchweiz
Flugwetterzentrale
CH-8050 Zürich-Flughafen
T +41 43 816 20 10

MeteoSvizzera
Via ai Monti 146
CH-6605 Locarno 5 Monti
T +41 91 756 23 11

MétéoSuisse
7bis, av. de la Paix
CH-1211 Genève 2
T +41 22 716 28 28

MétéoSuisse
Chemin de l'Aérologie
CH-1530 Payerne
T +41 26 662 62 11



Website

www.meteosvizzera.ch



Download

www.meteosvizzera.ch



Contatto

meteosvizzera@meteosvizzera.ch