

Il clima del Ticino



Fino a qualche anno fa, il tempo, bello o brutto, rappresentava l'argomento per eccellenza per intavolare una discussione o rompere il ghiaccio con il vicino di treno o di autobus. Oggigiorno, il "tempo" delle conversazioni è più che altro quello temporale, quello che nella frenetica vita attuale non è mai abbastanza, mentre si parla più spesso e volentieri di clima, che sta cambiando, che non è più come una volta, o delle stagioni che riteniamo stravolte rispetto al passato. Ciò significa sicuramente una maggior presa di coscienza della realtà ambientale e dell'influsso che le attività umane possono avere sul clima. I cambiamenti sono però una costante del clima; il clima ha sempre avuto delle oscillazioni più o meno ampie alle quali l'uomo doveva adattarsi o altrimenti soccombeva. In una certa misura, lo sviluppo tecnologico permette di ovviare ai mutamenti del clima; l'alta densità della popolazione mondiale non permette però lo spostamento alla ricerca di condizioni migliori. Ciò che sembra ancora carente nelle nostre conversazioni è la coscienza della scala temporale dei cambiamenti recenti e del passato.

Le pagine che seguono vogliono dare un modesto contributo alla conoscenza generale dei fattori del clima e illustrarne i molteplici aspetti sull'esempio di una piccola ma variata regione come il Ticino, con la convinzione che il passato possa dare un'indicazione per il futuro ma ben consci che nessuna previsione potrà mai avverarsi appieno.

Il presente articolo rappresenta un estratto di una ricerca più ampia in corso

presso il Centro meteorologico di Locarno-Monti. Esso ha potuto essere realizzato grazie al contributo di Francesco Isotta nell'elaborazione dei dati e al sostegno di molti colleghi.

Alcune parti dei testi che seguono sono tratte da *Il clima del Ticino e della Mesolcina* con accenni di climatologia generale e da *Il Bollettino, il tempo e il clima*, apparso sul *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 2003.

Il centro meteorologico di MeteoSvizzera Locarno-Monti elabora e analizza in continuazione i dati forniti dalle stazioni di rilevamento; da diversi anni però non sono più stati pubblicati aggiornamenti o sintesi delle conoscenze nel campo del clima ticinese.

Negli anni passati, sull'argomento sono apparsi, in ordine cronologico: *Il clima del Ticino e della Mesolcina* con accenni di climatologia generale (rapporto di lavoro di MeteoSvizzera, 1991), *Il clima del Ticino* (in: *Introduzione al paesaggio naturale del Cantone Ticino*, 1990), *Il clima del Ticino* (*Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 1971), *Regionale Klimabeschreibung 2. Teil* (pubblicazione MeteoSvizzera, 1971), a cui si aggiungono ricerche della prima parte del XX° secolo come *Alcune caratteristiche del clima di pianura del Cantone Ticino* (*Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 1932) e *Il clima di Lugano nel cinquantennio 1864-1914* (*Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 1915).



Fosco Spinedi,
meteorologo e climatologo,
Ufficio federale di
meteorologia e climatologia,
Locarno-Monti



Francesco Isotta,
studente alla Facoltà
di scienze della terra,
Politecnico federale, Zurigo



MeteoSvizzera



Introduzione

Fin dalla sua apparizione sulla terra, l'uomo ha cercato di dare un significato agli eventi atmosferici. Per gli uomini delle caverne, le alluvioni, i fulmini o i tuoni erano le manifestazioni di un nemico invisibile e soprannaturale, e anche per gli antichi Greci e Romani all'origine di un determinato fenomeno stava sempre una divinità; pure la Bibbia e il Vangelo sono ricchi di accenni al tempo o a eventi particolari (Bernacca & Ferrari, 1972).

La storia della meteorologia in senso stretto incomincia con i Greci che ne hanno coniato il termine (*meteoros* = "che sta in alto nell'aria" dopo esser stato sollevato, e *logos* = discorso), anche se molto tempo prima in India furono eseguite misure delle precipitazioni. Per due millenni i lavori di Aristotele e dei suoi seguaci fecero scuola, oltre a definire buona parte del vocabolario meteorologico (Aristotele, 1962). Una sintesi della concezione della meteorologia ai tempi dei Romani è costituita dalla *Naturalis Historia* di Plinio il Vecchio (23-79 d.C.). Verso il IX° secolo gli Arabi ripresero le conoscenze meteorologiche dei Greci e dei Romani e le diffuse nel bacino del Mediterraneo.

Solo nel XV° secolo fu inventato il primo strumento, una specie di igrometro, da parte

del cardinale Niccolò da Cusa. Nel 1500 circa, Leonardo da Vinci costruì un anemoscopio e un indicatore meccanico dell'umidità, mentre nel 1597 Galileo inventò un indicatore della temperatura che più tardi, con l'aggiunta di una scala, sarebbe diventato il termometro odierno. Queste scoperte, a cui il barometro a mercurio di Torricelli (1643) e gli studi sulla pressione effettuati da Pascal e Descartes apportarono un impulso sostanziale, diedero inizio al periodo di osservazioni strumentali e l'avvio alla serie climatologica di dati misurati (Knowles Middleton, 1969).

Anche se le misurazioni di singoli strumenti permettevano una certa previsione del tempo, solo l'invenzione del telegrafo nel 1835 rese possibile lo scambio in tempo reale di informazioni meteorologiche eseguite simultaneamente su vasta scala e l'allestimento di carte sinottiche (*sin* = insieme, *opsis* = visione). L'8 agosto 1851 in Inghilterra fu pubblicata la prima carta del tempo, in vendita anche al pubblico (Alippi, 1930). In tempi più recenti, alla misura delle condizioni meteorologiche a livello del suolo, si sono aggiunti i sondaggi dell'atmosfera, eseguiti con strumenti miniaturizzati portati in alto da un pallone, e l'impiego del radar per determinare la posizione delle fasce o delle cellule di precipitazioni, seguirne lo spostamento e ana-

lizzarne la struttura interna (Joss et al., 1996). Un contributo insostituibile è dato dai satelliti per l'osservazione globale del tempo e dai calcolatori elettronici con i quali è possibile migliorare i metodi di analisi e di previsione del tempo e del clima e prolungare la validità delle previsioni stesse. Tiros-1, il primo satellite meteorologico, fu lanciato nello spazio dagli Stati Uniti il 1° aprile del 1960 su un'orbita polare con una distanza dalla terra di 800-1.500 km. Nel 1966 fu invece dato l'avvio al programma dei satelliti geostazionari che, essendo fissi rispetto alla superficie terrestre, rendono possibile l'osservazione continua della medesima area geografica.

Indicazioni generali sul clima

I concetti di clima e tempo sono molto antichi, visto l'intimo legame dei fenomeni atmosferici con l'evoluzione dell'uomo e del suo ambiente, e ci sono stati tramandati da innumerevoli detti e proverbi la cui origine si perde nei secoli.

La scienza del clima e del tempo in senso stretto non ha però potuto svilupparsi prima della creazione degli strumenti per la misurazione oggettiva degli elementi atmosferici. Le annotazioni e le osservazioni qualitative sul tempo antecedenti l'era strumentale, unite alle testimonianze naturali (i cosiddetti dati di sostituzione, o *proxy data*), forniscono comunque informazioni fondamentali per determinare il clima del passato.

Pur essendo utilizzati correntemente, le definizioni di clima e di tempo non sempre sono ben distinte. Con *tempo* e *condizioni del tempo* si definisce lo stato in cui l'atmosfera viene a trovarsi in un dato momento. Esso dipende dalla combinazione assunta dai vari elementi meteorologici, quali temperatura, pressione, vento, umidità, soleggiamento ecc., derivante dalla presenza di una particolare massa d'aria o di diverse masse d'aria in contrasto fra di loro.

Il ciclo di una manifestazione del tempo è in genere di breve durata: raramente più di un giorno. Il clima è invece la risultante delle con-



dizioni atmosferiche che si verificano sull'arco di anni o di decenni in una determinata regione e rappresenta lo stato medio degli elementi atmosferici e la loro varianza (Rosini, 1988). Le *situazioni meteorologiche* infine sono in un certo modo l'anello di congiunzione tra il tempo e il clima. Esse abbracciano periodi di più giorni consecutivi, talvolta anche di una o due settimane e più, durante i quali predomina un ben determinato tipo di tempo. Le situazioni meteorologiche caratteristiche dell'arco alpino sono legate a situazioni generali che interessano tutta o gran parte dell'Europa e la loro successione a intervalli più o meno regolari determina il clima delle nostre regioni.

La voce greca, dalla quale deriva la parola *clima*, significa inclinazione (della terra), ma ha poi assunto il significato di "zona della stessa latitudine geografica". Le origini della climatologia, lo studio del clima, risalgono all'inizio del 1800 con il geografo A. von Humbolt che si preoccupò di ricercare delle leggi fisiche che potessero spiegare la distribuzione della vegetazione terrestre.

J. Hann, uno dei fondatori della climatologia moderna, nel 1883 definì il clima come "l'insieme degli eventi meteorologici che in qualunque punto della terra contrassegnano lo stato medio dell'atmosfera", mentre quarant'anni più tardi W. Köppen, a cui dobbiamo una delle maggiori opere di classificazione dei climi della terra, lo definì come "lo stato medio e il decorso normale del tempo in un dato luogo". Dopo gli anni trenta si fece strada l'idea che sarebbe stato possibile pervenire a un'efficace descrizione del clima attraverso l'esame delle masse d'aria. Alla climatologia statica, si aggiunse così la climatologia dinamica (Pinna, 1977).

Una completa classificazione deve inoltre considerare anche la variabilità dei fenomeni meteorologici occasionali; per esempio, una gelata un anno su 10 può mettere in pericolo la sopravvivenza di certe piante, anche se la temperatura media è abbastanza elevata da permetterle lo sviluppo e la riproduzione.



Il Centro meteorologico di MeteoSvizzera a Locarno-Monti

Il primo passo per l'istituzione del Centro meteorologico risale al 1929 con la creazione dell'*Osservatorio bioclimatico* di Orselina, nato sotto gli auspici dell'Associazione climatologica ticinese, con la collaborazione in particolare dei professori Ferri di Lugano e Mariani di Locarno. Nel 1935, l'allora *Centrale meteorologica Svizzera* ebbe la possibilità di rilevare la struttura ed estendere anche al Ticino la sua attività nel campo delle previsioni meteorologiche. Il 1° maggio, il neocostituito *Osservatorio ticinese* emise il primo bollettino di previsione. Negli anni successivi, Locarno-Monti segnò il tempo in molti campi: dopo la seconda guerra mondiale, per due decenni partecipò attivamente alle ricerche e agli esperimenti antigrandine organizzati dal Dipartimento federale dell'economia pubblica; ad essi si affiancarono studi nel campo della radiazione solare, della fisica delle nubi, in particolare della formazione delle precipitazioni, dello sviluppo di sensori meteorologici e dell'allestimento delle reti di stazioni automatiche di rilevamento.

Oggi il Centro meteorologico produce giornalmente numerose previsioni per svariati campi di attività e continua la ricerca di base e quella applicata, in particolare nel campo dell'analisi e dell'elaborazione delle immagini dal satellite e dal radar. Oltre 550 lavori illustrano i risultati delle ricerche e delle analisi meteorologiche effettuate a Locarno-Monti a partire dal 1935. Oltre alla raccolta dei lavori di ricerca, dati, carte e strumenti meteorologici, il Centro meteorologico dispone di una piccola biblioteca tematica con libri e riviste, in parte risalenti all'inizio del XX° secolo, aperta al pubblico.

MeteoSvizzera - Ufficio federale di meteorologia e climatologia fa parte del Dipartimento degli interni e adempie ai compiti meteorologici e climatologici di importanza nazionale a favore di popolazione, enti pubblici ed economia. Cura inoltre i contatti con gli istituti di ricerca specifici, i servizi meteorologici esteri, e rappresenta la Svizzera presso le organizzazioni internazionali, in particolare l'*Organizzazione meteorologica mondiale* (OMM), con sede a Ginevra. La sede principale di MeteoSvizzera si trova a Zurigo ed è affiancata dai Centri regionali di Locarno-Monti, Ginevra e Kloten, a cui si aggiungono la stazione aerologica di Payerne e circa 800 punti di rilevamenti meteorologici di vario genere distribuiti in tutta la Svizzera e a tutte le quote.

«Con tempo e condizioni del tempo si definisce lo stato in cui l'atmosfera viene a trovarsi in un dato momento. Il clima è invece la risultante delle condizioni atmosferiche che si verificano sull'arco di anni o di decenni.»

Gli elementi del clima

Aspetti geo-morfologici

Il Ticino occupa una porzione di territorio che si estende dal margine settentrionale della Valpadana fino alla cresta principale delle Alpi, coprendo un dislivello di circa 3.300 metri, una distanza nord-sud di 90 km, una est-ovest di 50 km e una superficie di ca. 2.800 km².

Un elemento di rilievo è costituito dalla linea insubrica, linea tettonica che, oltre a dividere due contesti geologici, segna il cambiamento dal paesaggio alpino a quello prealpino. Il Sopraceneri è caratterizzato da massicci imponenti e valli profonde, perlopiù di orientamento sud-nord, con ripidi pendii e un esiguo fondovalle. Le valli principali si addentrano nella catena alpina con poca pendenza, costituendo così una via privilegiata di penetrazione faunistica e botanica. Il forte dislivello su breve distanza comporta fasce climatiche, e di conseguenza vegetative, molto ravvicinate tra di loro.

La morfologia segna in maniera determinante tutti gli elementi meteorologici, in particolare il regime delle precipitazioni, la cui distribuzione è il risultato della combinazione delle correnti meteorologiche dominanti e dei rilievi più importanti. Soltanto circa il 45% della superficie del territorio si trova al di sotto della quota di 1.500 m. Il Sottoceneri è invece caratterizzato da una morfologia più dolce, con cime che non superano la quota di 2.000 metri. Man mano che ci si sposta verso sud, gli spazi pianeggianti aumentano e il rilievo si appiattisce; circa l'85% del territorio si trova ad altitudini inferiori ai 1.500 m.

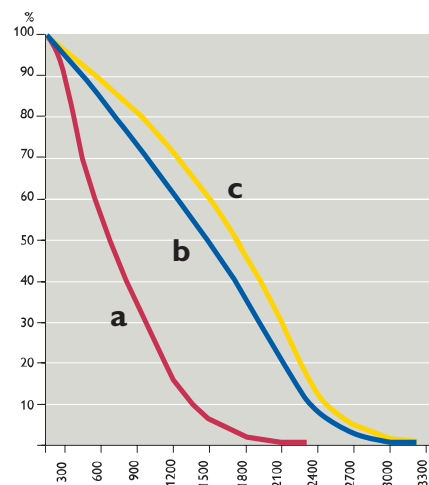
La zona pianeggiante contigua più grande del Cantone è però il Piano di Magadino, posto su un asse est-ovest, che assieme all'alto Verbano rappresenta la naturale zona di convergenza delle valli del Sopraceneri e la delimitazione verso nord delle Prealpi (Bär, 1984).

Il Sopraceneri è quasi esclusivamente composto di rocce cristalline, con limitata

retenzione idrica, ciò che favorisce un rapido scorrimento superficiale delle acque meteoriche. Il suolo risulta acido con implicazioni evidenti sul chemismo delle acque superficiali. Anche la metà settentrionale del Sottoceneri è costituita di rocce cristalline, mentre la parte meridionale, grossomodo a sud del Ceresio, è composta di rocce calcaree, con circolazione idrica in profondità dovuta alla presenza di vasti reticoli ipogei di grandi dimensioni. Il suolo risulta basico, ciò che si riflette in particolare sulla vegetazione e sulla capacità di tamponare l'acidità delle precipitazioni.

Aspetti idrologici.

Il territorio ticinese è caratterizzato dalla presenza di due grandi laghi, Verbano e Ceresio, con una superficie totale in Svizzera di circa 73 km², facenti parte dei grandi laghi prealpini, ai quali si aggiungono numerose piccole superfici d'acqua, in particolare in quota nel Sopraceneri (laghetti alpini). A partire dagli anni '50, ai laghi naturali si aggiunsero diversi bacini artificiali, in



¹ Ripartizione percentuale della superficie del Ticino in base all'altitudine, per tutto il Cantone (b), il Sopraceneri (c) e il Sottoceneri (a).

parte di grande capienza. I fiumi, anche quelli di maggiori dimensioni, hanno un carattere torrentizio. Infatti, il tempo di deflusso del Ticino dalla Val Bedretto alla sua foce a Magadino è di una decina di ore soltanto.



Le Alpi viste dal satellite (METEOSAT-8, 19 maggio 2004). La presenza della neve in altitudine mette in evidenza il reticolo di valli che incidono il massiccio alpino.

«Un elemento di rilievo è costituito dalla linea insubrica, linea tettonica che, oltre a dividere due contesti geologici, segna il cambiamento dal paesaggio alpino a quello prealpino.»

La rete di misurazione

La rete di misurazione di MeteoSvizzera in Ticino comprende 12 stazioni principali automatiche e 18 stazioni pluviometriche manuali, alle quali si aggiungono una stazione radar per il rilevamento delle precipitazioni nell'atmosfera e 4 stazioni fenologiche (osservazioni dello sviluppo vegetativo). La maggior parte delle stazioni automatiche rileva tutti gli elementi meteorologici con una frequenza di 10 minuti e i dati sono disponibili in tempo reale per la preparazione delle previsioni. Dopo esser stati controllati ed elaborati, essi costituiscono la base della banca di dati climatologica. Alcune stazioni sono inoltre dotate di personale che esegue regolarmente (a intervalli di 3 o 6 ore) l'osservazione degli elementi del tempo difficilmente misurabili, quali per esempio la nuvolosità (genere, quota ed estensione) e la visibilità, seguendo le indicazioni internazionali emesse dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale.

Presso le stazioni pluviometriche manuali, i responsabili misurano i quantitativi delle precipitazioni (liquide e l'equivalente in acqua di quelle solide) e l'altezza della neve a intervalli di 24 ore. Questi dati, ancora raccolti su supporto cartaceo, vengono elaborati alla fine di ogni mese e rappresentano la base per molte analisi pluviometriche, grazie alla loro ininterrotta disponibilità da oltre un secolo. La stazione radar fornisce informazioni semiquantitative sulle precipitazioni in atto nell'atmosfera in un raggio di ca. 150 km. I valori rilevati sono approssimativi, ma hanno il grande vantaggio di coprire una vasta superficie. Il loro utilizzo è prevalentemente legato alla previsione.

Gli addetti delle stazioni fenologiche osservano lo sviluppo di determinate piante e fiori, rilevando la data di apparizione di diversi stadi vegetativi, quali per esempio lo spiegamento delle foglie, la fioritura, oppure la colorazione o la caduta delle foglie. Dato che lo sviluppo vegetativo dipende dalla combinazione degli elementi meteorologici, le osservazioni fenologiche permettono di seguire l'inizio delle stagioni nel corso degli anni.

Lugano è la stazione con programma di misurazione completo che dispone della serie più lunga e completa di dati, a partire dal 1864, e rappresenta una delle stazioni climatologiche di riferimento a livello svizzero. Parecchie altre stazioni furono installate nella seconda metà del XIX° secolo, ma a parte Locarno, con la stazione dapprima ubicata a Locarno-Muralto e poi a Locarno-Monti, per una ragione o l'altra subirono spostamenti o interruzioni tali da rendere non omogenee le serie di dati. Per le precipitazioni, elemento misurabile con strumentazione semplice, una decina di stazioni oltre a Lugano e Locarno dispongono di dati giornalieri da 100 a 130 anni.

La cartina riporta le stazioni del Ticino e delle zone limitrofe; le località sottolineate indicano le stazioni automatiche, le altre rappresentano le stazioni pluviometriche.



Principali componenti del clima

Radiazione solare

Il sole è in pratica l'unica fonte di energia e di calore della terra e dell'atmosfera; l'incidenza più o meno obliqua dei raggi solari rispetto alla superficie terrestre determina tanto le diverse zone climatiche, quanto l'alternarsi delle stagioni.

Circa metà dell'energia solare arriva nello spettro della luce visibile, il resto in quello infrarosso e ultravioletto. La terra a sua volta emette la stessa quantità di radiazioni (in caso contrario vi sarebbe un riscaldamento, rispettivamente un raffreddamento, della terra e dell'atmosfera), principalmente nello spettro dell'infrarosso. La radiazione è misurata con il piranometro, in Watt/m^2 .

Oltre che dai parametri orbitali, la quantità di energia che raggiunge la superficie terrestre dipende dallo spessore dell'atmosfera, dalla trasparenza dell'aria e dal grado di nuvolosità.

Temperatura

La temperatura dell'aria è in stretto rapporto con la radiazione e normalmente l'evoluzione del campo termico si svolge parallelamente al ciclo energetico, anche se con tempi leggermente sfasati, e con disturbi dovuti all'arrivo di masse d'aria con temperature differenti. Con *escursione termica* si definisce la differenza tra il massimo e il minimo della temperatura in un determinato periodo di tempo. Il ciclo annuale della temperatura dipende prin-



cipalmente dal bilancio stagionale della radiazione solare (e di conseguenza dalla latitudine), dall'ambiente geografico (tra l'altro la distanza da superfici d'acqua), dall'effetto delle masse d'aria (cioè dall'origine delle masse d'aria prevalenti) e dal flusso di calore latente.

Soleggiamento

La durata del soleggiamento (o eliofania) definisce il lasso di tempo (in ore e minuti) durante il quale il sole illumina un dato luogo in maniera tale che gli oggetti gettino ancora ombra. Analogamente alla radiazione, il soleggiamento, oltre che da fattori meteorologici, dipende dalla latitudine e dall'orizzonte attorno alla stazione di rilevamento. Gli eliometri tradizionali rilevano la durata del soleggiamento per mezzo di una striscia di carta, sulla quale i raggi del sole concentrati da una boccia di cristallo bruciano una traccia. Gli apparecchi automatici sono tarati in modo da registrare quando la radiazione solare diretta raggiunge almeno la potenza di $200\text{W}/\text{m}^2$.

Precipitazioni

Le precipitazioni sono il risultato della rimozione, in forma liquida o solida, dell'umidità atmosferica. Si distingue tra precipitazioni cadute (pioggia, neve, grandine) e precipitazioni depositate (rugiada, brina). L'altezza delle precipitazioni è rilevata in millimetri di acqua (o acqua equivalente facendo fondere le precipitazioni solide), ciò che corrisponde alla quantità in litri per metro quadro.

Umidità

Con la misura dell'umidità si stabilisce il tasso di vapore acqueo presente nell'atmosfera. Per ogni data temperatura e pressione vi è un limite ben preciso della quantità di vapore che l'aria può contenere. La proporzione tra l'umidità presente e il massimo contenibile è espressa in percento e chiamata umidità relativa. Il vapore d'acqua è un gas invisibile, che però assorbe però la radiazione solare di determinate lunghezze d'onda ed è perciò importante per il bilancio energetico della terra. Ciò che comunemente è chiamato *vapore* è invece acqua già allo stato liquido, sotto forma di piccolissime goccioline (del diametro di millesimi di mm) in sospensione nell'aria.

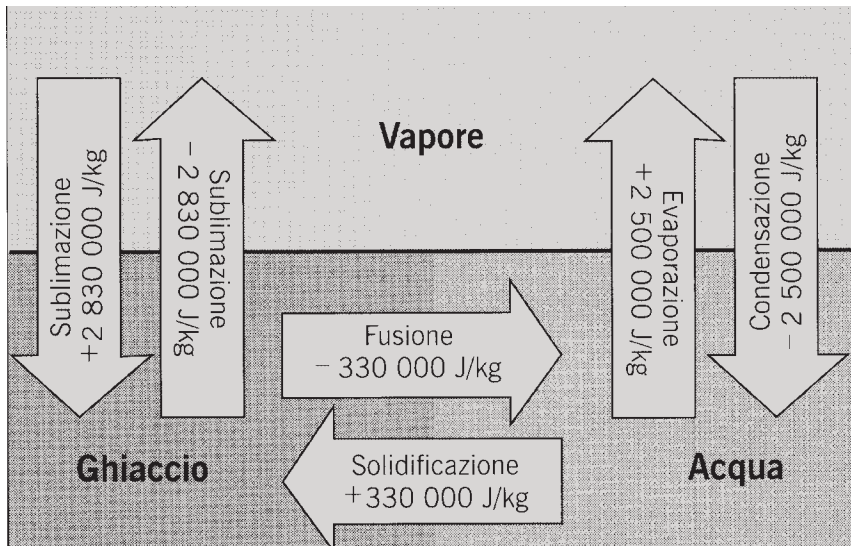
Nuvolosità

Quando l'umidità dell'aria raggiunge la saturazione (umidità relativa del 100%), sia per raffreddamento della massa d'aria, sia per apporto di ulteriore umidità, una parte del vapore acqueo condensa formando minuscole goccioline d'acqua, o cristallini di ghiaccio se la temperatura è inferiore a zero gradi.

Il processo di condensazione viene innescato da minuscole particelle igroscopiche di polveri o di sale, chiamate nuclei di condensazione. Le goccioline, rispettivamente i cristallini di ghiaccio, possono poi crescere per ulteriore aggiunta di molecole d'acqua o aggregandosi fra di loro fino a diventare troppo pesanti per restare in sospensione nell'aria, dando così origine alle precipitazioni, liquide o solide.



B Cambiamenti di stato dell'acqua¹



¹ Ogni passaggio da uno stato all'altro è legato a cambiamenti energetici (Kappenberger e Kerkmann, 1997).

Vento

Il vento è definito come il movimento orizzontale dell'aria rispetto alla superficie della terra. Mediamente il 2% dell'energia solare che arriva sulla terra è convertita in energia cinetica del vento. La direzione del vento è indicata rispetto al nord geografico e riporta il punto cardinale della sua provenienza. La velocità è espressa in nodi, metri al

secondo, chilometri all'ora o in gradi Beaufort (scala qualitativa basata sulle manifestazioni visive del vento).

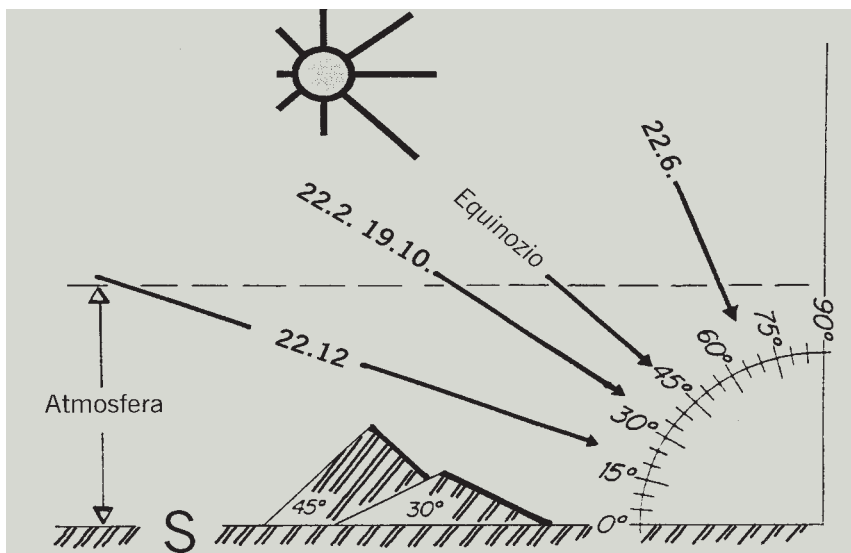
Il vento su grande scala è legato alla distribuzione orizzontale della pressione, mentre su scala ridotta esso dipende dalla stabilità dell'aria, dalla distribuzione locale della temperatura (e di conseguenza della pressione) e soprattutto dall'orografia, con effet-

ti tanto più sensibili quanta più questa è accidentata. Le circolazioni locali si sovrappongono così alle correnti generali alterandone la distribuzione fino a ca. 1.000-2.000 m sopra il terreno.

Pressione

La pressione atmosferica rappresenta la forza della massa d'aria sovrastante per unità di superficie; essa viene ufficialmente misurata in ettopascal [hPa]. La pressione costituisce un elemento climatico di minor importanza, rispetto alla temperatura o alle precipitazioni, in quanto le forme di vita sulla terra non risentono direttamente, o solo in misura trascurabile, delle sue fluttuazioni. La pressione diventa però un fattore di base per la formazione e la distribuzione del vento come elemento del clima.

C Elevazione del sole a mezzogiorno nel corso dell'anno¹



¹ Prima dell'equinozio, i pendii di 45° rivolti a nord non sono raggiunti dal sole (Kappenberger e Kerkmann, 1997).



Il tema

L'analisi

Congiuntura

La ricerca

Libri e riviste



Situazioni meteorologiche tipiche della regione alpina

Per le principali situazioni meteorologiche, che caratterizzano il tempo e di conseguenza il clima della regione alpina, sono riasunte le manifestazioni più caratteristiche. Per maggiori dettagli e approfondimenti, si rimanda a *Il tempo in montagna* di Kappenberger e Kerkmann, 1997.

Anticiclone

In una zona di alta pressione ha luogo un lento movimento discendente dell'aria a grande scala. Questa si riscalda, per compressione, e l'umidità relativa diminuisce, con un dissipamento totale o parziale delle nubi. L'anticiclone è normalmente associato a bel tempo, anche se la copertura nuvolosa può sussistere estesa e d'inverno, quando l'aria discendente non raggiunge il suolo, con la presenza di un lago d'aria fredda si può spesso formare una compatta coltre di nebbia. La formazione di uno strato d'aria stagnante blocca infatti il rimescolamento dell'aria e favorisce l'accumulo di sostanze inquinanti.

Depressione

In una zona di bassa pressione le masse d'aria subiscono uno spostamento ascendente più o meno veloce. Di conseguenza l'aria si raffredda (per espansione), il tasso di umidità relativa cresce portando quasi sempre alla condensazione del vapore acqueo con la susseguente formazione di nuvole e precipitazioni.



Pressione livellata

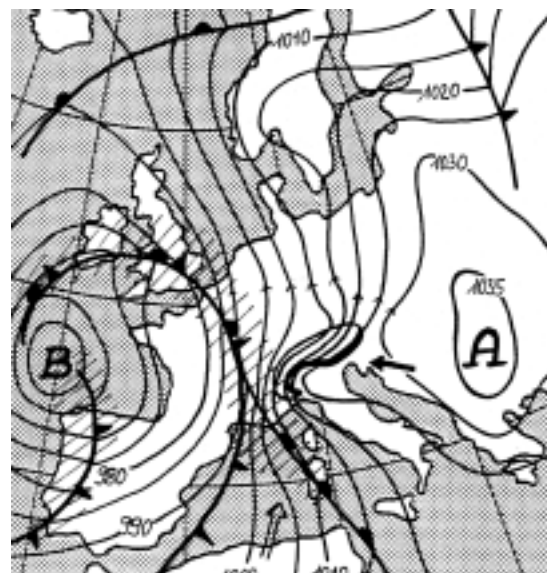
Questa situazione meteorologica è caratterizzata da una pressione uniforme sul continente e da venti generali molto deboli. D'estate, il riscaldamento del terreno provoca la formazione di numerose bolle d'aria che, salendo, danno origine ad altrettante nubi più o meno sviluppate e a cellule temporalesche. D'inverno invece, l'instabilità dell'aria si traduce perlopiù in nuvolosità estesa.

Venti occidentali

La circolazione generale dell'atmosfera fa sì che le latitudini medie si trovino spesso toccate da correnti occidentali. I venti da ovest sono particolarmente frequenti d'inverno quando il divario di temperatura tra l'equatore e il polo nord è particolarmente accentuato. In queste situazioni, le depressioni si susseguono rapidamente e le perturbazioni a esse associate portano alternativamente aria calda e fredda verso l'Europa centrale. Il tempo risulta variabile con intervalli di sole alternati a precipitazioni e sensibili sbalzi di temperatura, particolarmente d'inverno. Il versante sudalpino resta a volte protetto dalle Alpi, che in parte bloccano l'arrivo di aria da ovest, e approfitta dell'influsso dell'anticiclone normalmente posizionato sul Mediterraneo.

Sbarramento al sud

Una situazione di sbarramento al sud delle Alpi si instaura con l'arrivo di una perturbazione atlantica, collegata a una depressione tra l'Irlanda e la Gran Bretagna, mentre sull'Europa orientale è ancora presente una zona di alta pressione. La perturbazione è normalmente preceduta da correnti sudoccidentali cariche di umidità. A causa della presenza della catena alpina, esse sono costrette



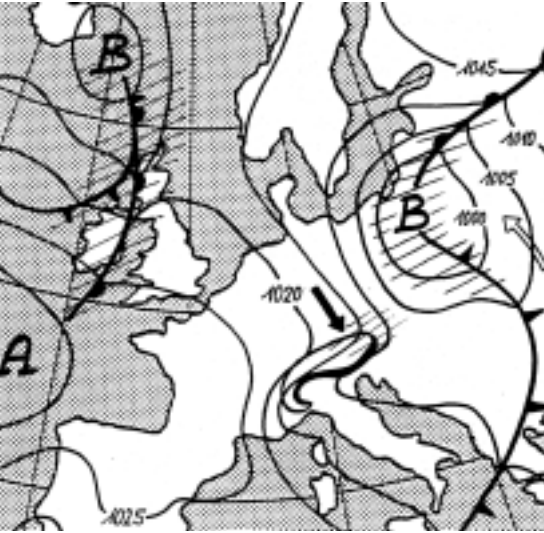
Situazione di sbarramento al sud delle Alpi (Kappenberger e Kerkmann, 1997).

Indicazioni per l'interpretazione dei grafici

Per illustrare il clima del Ticino sono stati utilizzati in prevalenza due tipi di grafici. Il primo riporta il valore dell'elemento meteorologico per ogni giorno dell'anno, derivato dalla media su 20 anni del corrispondente giorno. La curva è poi stata lisciata su un periodo di 11 giorni per filtrare gli estremi. Per alcune grandezze, per esempio la temperatura massima o minima assoluta, il grafico riporta il valore estremo rilevato in 20 anni nel corrispondente giorno, senza lisciatura della curva. Questo tipo di rappresentazione illustra ottimalmente l'andamento medio o estremo di un dato elemento nel corso dell'anno.

Il secondo tipo di grafico riporta invece i valori medi o estremi su base mensile. La perdita di informazioni dovuta all'unità di tempo più lunga è compensata da un'interpretazione più semplice dell'elemento.

Nella parte dedicata al clima del passato, i grafici riportano invece i valori annuali o i valori decennali di tutta la serie a disposizione, ciò che dovrebbe illustrare globalmente l'andamento del relativo elemento meteorologico durante il periodo considerato.



Situazione di vento da nord (favonio) al sud delle Alpi (Kapfenberger e Kerkmann, 1997).

te a sollevarsi, ciò che provoca la condensazione del vapore acqueo, la formazione di nuvole e di precipitazioni.

Sul versante nordalpino invece, l'aria ormai priva di gran parte dell'umidità si riscalda per compressione durante la sua discesa verso l'Altopiano. Il vento che soffia nelle vallate, e a volte anche sull'Altopiano, è chiamato favonio da sud e risulta secco e con temperatura elevata. Le situazioni di sbarramento possono sussistere per più giorni, apportando al sud delle Alpi quantità anche ingenti di precipitazioni, particolarmente in primavera e in autunno.

Favonio da nord

Il favonio da nord normalmente subentra alla situazione di sbarramento, in quanto spesso il passaggio di una perturbazione atlantica è seguito da un rialzo della pressione sull'Europa centrale. Contemporaneamente, sul Mediterraneo o sull'Adriatico, si forma una depressione più o meno profonda. Il divario di pressione provoca un flusso d'aria turbolento e veloce sul versante sudalpino, molto simile al favonio da sud oltre le Alpi. Il favonio o vento da nord è una carat-

teristica del tempo e del clima ticinese e, oltre a un cielo sereno e di un blu profondo, provoca un impressionante calo dell'umidità e temperature minime a volte molto basse.

Ritorno da est

La situazione di ritorno da est, o di bise, si instaura spesso dopo una fase di vento da nord, quando il centro dell'alta pressione dalle Isole Britanniche o dal mare del Nord si è spostato sull'Europa orientale. Le correnti che si formano sul fianco meridionale dell'anticiclone convogliano aria provenien-

te dai Balcani verso le Alpi. D'inverno questa può essere molto fredda e sull'Altopiano prende il nome di bise, allo stesso momento è pure all'origine della nebbia alta. Le correnti orientali si manifestano anche sul versante sudalpino con un calo della temperatura e la formazione di una copertura di nuvolosità bassa (tra 1.000 e 2.000 m) a volte estesa.

D'estate la situazione di ritorno da est è poco frequente e l'aria di origine continentale è per lo più secca, calda e ricca di polveri, tanto da provocare una densa caligine.



«Il favonio è una caratteristica del tempo e del clima ticinese e, oltre a un cielo sereno e di un blu profondo provoca un impressionante calo dell'umidità.»

Le principali caratteristiche del clima ticinese

La presenza della catena alpina influenza sensibilmente qualsiasi processo meteorologico attenuandone o rafforzandone gli effetti. Gli influssi delle principali correnti atmosferiche sono così modificati in maniera più o meno evidente.

Le correnti occidentali, calde d'estate e fresche d'inverno e spesso umide, sono perlopiù deviate verso nord. Le invasioni di aria polare o subpolare provenienti da latitudini settentrionali, dovendo superare le Alpi, sono invece modificate in una corrente favonica secca e a volte mite o calda. Le masse d'aria in arrivo dal settore sudovest fino a sud, in generale calde e umide, possono raggiungere il versante sudalpino abbastanza direttamente e senza sostanziali modifiche, ma sono poi sottoposte a un forte sollevamento orografico. Le correnti orientali, di provenienza continentale e perciò piuttosto secche, apportano aria fredda o molto fredda d'inverno e aria calda d'estate.

Un altro influsso non trascurabile sul clima di almeno parte del cantone è quello della Valpadana. Ciò si manifesta principalmente con la formazione o l'avvezione di nebbia e foschia. A questi influssi su vasta scala si sovrappongono gli effetti della circolazione locale determinata dalla topografia e dalla presenza dei laghi. Questo fatto determina per esempio brezze regolari o un certo smussamento degli estremi di temperatura in prossimità dei laghi.

Al clima della regione dei grandi laghi prealpini del versante sudalpino, comprendente così anche la fascia a basse quote del Ticino centrale e meridionale, è stato dato il nome di insubrico. Il nome deriva dall'antico popolo celtico che nel V° secolo a.C. abitava la Gallia Transpadana. Il termine di Insubria è stato proposto nel XVIII° secolo dal botanico A. von Haller per definire una particolare comunità vegetale della fascia di flora submediterranea. Pure in geologia ritroviamo il ter-

mine di linea insubrica indicante la frattura che separa le Alpi penniniche dalle Alpi meridionali (Amministrazione, 1995).

Il clima insubrico è caratterizzato da inverni normalmente secchi e soleggiati, con periodi di favonio da nord, ma anche con nevicate a volte abbondanti, da precipitazioni soprattutto nelle stagioni di transizione (primavera e autunno) e da estati soleggiate interrotte da acquazzoni anche violenti. Esso permette la crescita nei luoghi più riparati di molte specie di piante subtropicali o persino tropicali.

Un fattore difficilmente considerabile nella classificazione climatica è la variabilità dei singoli parametri. L'esempio più rappresentativo per il Ticino è dato dalle precipitazioni: è possibile avere due mesi consecutivi quasi senza precipitazioni, oppure due mesi il cui totale si avvicina alla media pluriennale. I mesi del semestre estivo presentano dei minimi assoluti che non superano i 20 mm, mentre nel semestre invernale i minimi sono vicini a 0 mm. I massimi d'estate superano invece 500 mm, in inverno 250 mm.

La temperatura media annuale in Ticino, almeno per quanto concerne le zone più densamente abitate, è compresa tra 10 e 12°C. I valori medi dell'umidità si aggirano attorno a 65% di umidità relativa, sia per l'anno sia per i singoli mesi. Gli estremi mensili variano comunque da 50% di umidità relativa per i mesi più secchi (tra gennaio e giugno) a 80% per i mesi più umidi (da settembre a febbraio). Per singoli giorni invece, l'umidità relativa può scendere fino a 15%, per effetto del favonio da nord.

Il numero delle ore di sole è proporzionale alla nuvolosità e strettamente legato all'andamento dell'orizzonte. La nuvolosità media annuale è di circa 50-60%, con i valori più alti lungo l'arco alpino. Ciò si riflette sul soleggiamento che in media raggiunge il 55% del massimo possibile. Vaste fasce del territorio risultano idonee per l'installazione di sistemi a energia solare, sia attivi (collettori e pannelli solari), sia passivi (finestre o verande rivolte a sud).



La presenza di molte valli che si aprono verso la pianura Padana determina sovente una dissociazione dei venti a basse quote con le correnti in quota. La direzione e la velocità dei venti nel Ticino sono così spesso legate al ciclo diurno dei venti termici (vento di monte e di valle, brezza di terra e di lago). Le differenze di pressione tra il nord e il sud delle Alpi possono causare dei venti meridionali (che risalgono le valli) o venti settentrionali (che scendono verso il piano). I temporali, infine, sono ulteriori fenomeni che contribuiscono al regime dei venti del Cantone. Le velocità massime a basse quote si registrano in occasione di favonio da nord o con i temporali.

L'inquinamento atmosferico e del suolo si aggiunge ai fattori climatici determinando la qualità della vita a livello locale. Determinate situazioni meteorologiche possono provocare un ristagno dell'aria negli strati più bassi dell'atmosfera favorendo la concentrazione di sostanze nocive e la formazione di foschia e caligine. Oppure le precipitazioni acidificate dalle sostanze presenti nell'aria, filtrando nel terreno, cambiano l'equilibrio chimico dei suoli e dei bacini idrici (Ambrosetti, 1991).

Grazie alla favorevole combinazione delle condizioni climatiche, all'inizio del secolo scorso il Ticino ha conosciuto un notevole sviluppo quale zona di cura e di turismo. Oltre agli elementi climatici più vistosi, come l'elevato numero di ore di sole e la scarsità di nebbie, veniva anche reclamizzato l'alto tasso di radioattività naturale del suolo (nella fascia lunga la linea insubrica) (Kornmann, 1924).

«La presenza della catena alpina influenza sensibilmente qualsiasi processo meteorologico. Gli influssi delle principali correnti atmosferiche sono così modificati in maniera più o meno evidente.»

1 Radiazione globale media giornaliera¹

Valori assoluti in kWh/m ²	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
Locarno-Monti	1,46	2,30	3,54	4,14	4,83	5,82	5,99	5,22	3,68	2,31	1,46	1,19

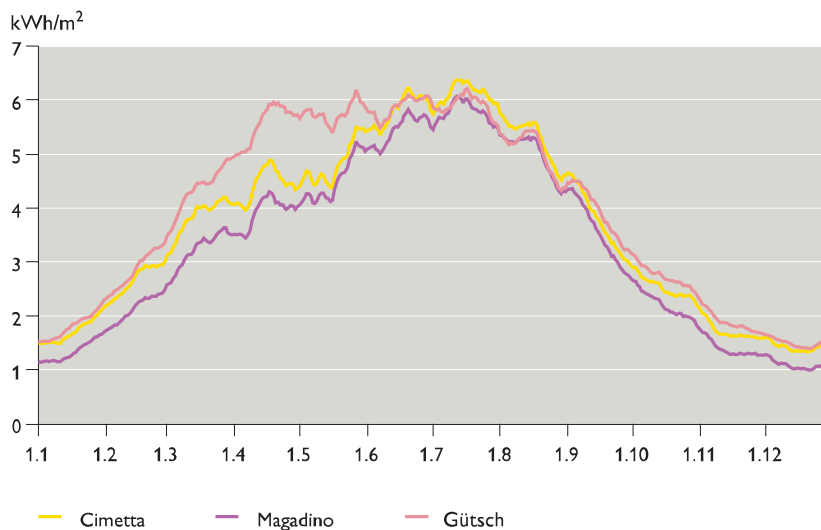
Valori percentuali rispetto a Locarno-Monti

Piotta	54	85	94	95	89	88	88	87	90	88	67	45
Gütsch	124	124	123	133	119	102	98	97	106	118	127	126
Cimetta	117	117	110	105	99	101	101	101	102	109	116	118
Lugano	90	91	89	89	92	92	93	96	98	95	94	90
Magadino	93	94	93	93	93	94	96	96	97	97	95	91

¹ Radiazione rilevata su superficie orizzontale nel periodo 1981-2001.

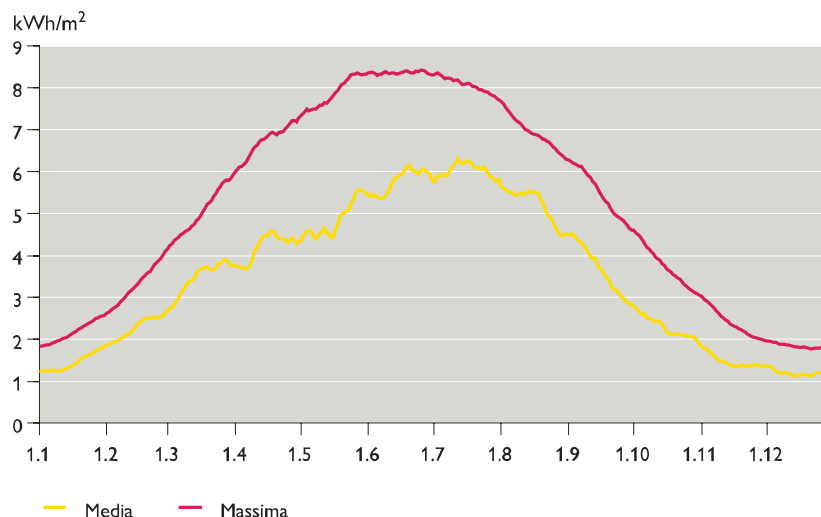
Locarno-Monti si trova a 390 m slm, Piotta a 1.015, Gütsch a 2.280, Cimetta a 1.670, Lugano a 276, Magadino a 197.

D Radiazione globale giornaliera media¹



¹ Radiazione rilevata su superficie orizzontale nel periodo 1981-2001, con lisciatura su 11 giorni.

E Radiazione globale giornaliera media e massima¹



¹ Radiazione rilevata su superficie orizzontale nel periodo 1981-2001, con lisciatura su 11 giorni.

Radiazione solare

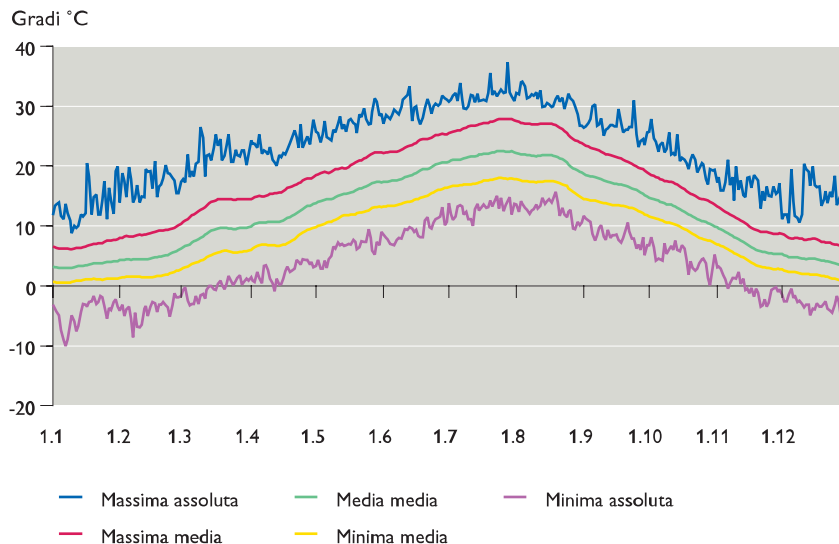
La radiazione solare rilevata in una stazione è limitata in primo luogo dalla copertura nuvolosa e dalla presenza di nebbia e foschia, oltre che dall'altezza dell'orizzonte, dall'esposizione e naturalmente dalla stagione. Le nebbie o le foschie invernali interessano principalmente le zone del Ticino centrale e meridionale fino a 500-1.000 m di altitudine, mentre le foschie estive si spingono pure nelle valli raggiungendo una quota di 1.000-2.000 metri. Per contro, le creste e le cime delle montagne in estate sono maggiormente interessate da formazioni nuvolose rispetto alle valli o alle zone pianeggianti.

Il grafico D mostra l'andamento della radiazione globale misurata su superficie orizzontale a tre diverse altitudini e in due diverse regioni (Ticino centrale e Alpi). Si può rilevare il generale aumento della radiazione con la quota. Da inizio marzo a metà maggio lo scarto tra Ticino centrale e Alpi è particolarmente marcato ed è principalmente dovuto a una minore formazione di nuvolosità cumuliforme nelle Alpi ancora innevate rispetto alle Prealpi già libere da neve. Nei mesi estivi invece, la maggiore presenza di formazioni nuvolose sui rilievi riduce di molto la differenza di radiazione tra montagna e pianura.

L'andamento della radiazione globale a Locarno-Monti (v.graf.E) mostra la differenza tra il massimo, rilevabile nei giorni senza nuvole e con buona trasparenza dell'aria, e la radiazione media, in primo luogo dipendente dalla copertura nuvolosa.

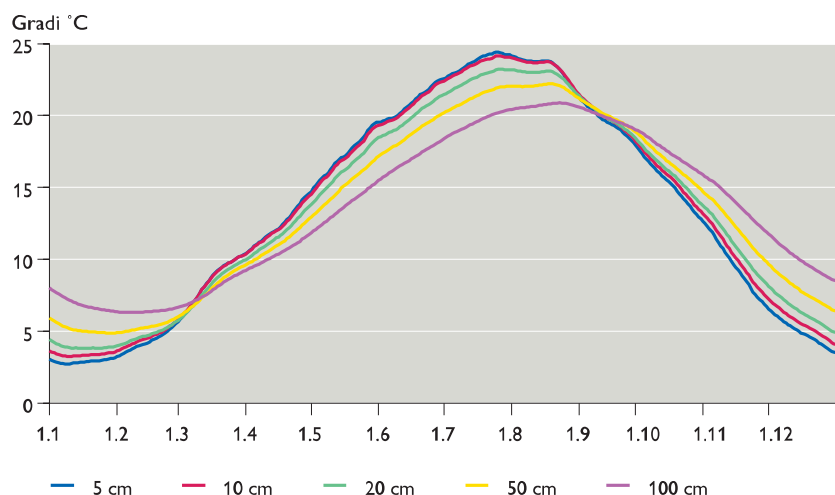
La tabella 1 fornisce i valori della radiazione globale, grandezze che possono rappresentare una prima stima per il dimensionamento di un impianto solare. A dipendenza della stagione, dell'esposizione e dell'inclinazione, la radiazione misurata su un pendio può risultare molto maggiore di quella rilevata su un piano orizzontale.

F Temperatura dell'aria¹



¹ Temperatura dell'aria a 2 m a Locarno-Monti (1982-2001). Valori medi lisciati su 11 giorni.

G Temperatura giornaliera media nel suolo¹



¹ Temperatura a 5, 10, 20, 50 e 100 cm di profondità (1982-2001), a Locarno-Monti. Lisciatura su 11 giorni.

Temperatura

Le fasce collinari sono le regioni che godono di un regime di temperatura più equilibrato, grazie a un frequente rimescolamento dell'aria in tutte le stagioni. Le zone pianeggianti risentono invece dei minimi dovuti al ristagno di aria fredda e ai massimi causati dalla scarsa circolazione in certe situazioni di tempo stabile estivo. La temperatura cala mediamente di 0,5°C ogni 100 metri verso l'alto nei mesi invernali e di 0,7°C ogni 100 metri nei mesi estivi.

Le temperature più alte e i massimi storici sono sempre stati rilevati in situazioni di tempo soleggiato con favonio da nord.

Il grafico F riporta l'andamento medio ed estremo della temperatura a Locarno-Monti; da esso si può rilevare l'escursione massima (differenza tra le massime e le minime assolute), l'escursione media, rispettivamente le massime e le minime medie e la temperatura media per ogni giorno.

Dalla tabella 2 si può invece desumere la differenza media di temperatura tra un versante a solatio (rivolto a sud) e uno a bacio (rivolto a nord), posti alla stessa quota. I rilevamenti sono stati eseguiti in valle Leventina a circa 1.200 m di altitudine.

La tabella 3 indica i valori medi mensili e annuali delle temperature per alcune stazioni ticinesi, e consente di calcolare per ogni mese il gradiente di cambiamento della temperatura con la quota.

La temperatura dell'aria e del suolo è in stretta relazione con l'andamento della radiazione (l'aria si riscalda, rispettivamente si raf-

2 Differenza di temperatura tra versante a solatio e versante a bacio (in °C)¹

	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
Temperatura media	2,11	1,78	1,33	0,95	0,78	0,75	0,90	1,08	1,18	1,19	1,16	1,30	1,21
Temperatura massima	2,85	1,26	0,49	0,16	0,09	0,17	0,28	0,48	0,73	1,12	1,55	1,98	0,93
Temperatura minima	1,95	1,80	1,50	1,28	1,13	1,11	1,15	1,16	1,12	1,03	0,93	0,99	1,26

¹ Differenza media della temperatura media, massima media e minima media tra un versante a solatio e uno a bacio, posti alla stessa altitudine. Valle Leventina, 1.200 m slm, periodo 2000-2003.

«Le fasce collinari sono le regioni che godono di un regime di temperatura più equilibrato. Le zone pianeggianti risentono invece dei minimi dovuti al ristagno di aria fredda e ai massimi causati della scarsa circolazione.»

3 Temperatura media mensile e annuale (in °C)¹

Stazione	Alt.(m)	Periodo	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giù.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
Cimetta	1.672	'74-'00	-1,4	-1,7	0,2	2,3	6,7	10,4	13,3	13,0	9,9	6,0	1,5	-0,4	5,0
Comprovasco	545	'71-'00	2,2	3,3	7,2	10,1	13,9	17,0	18,8	17,8	14,1	9,5	5,8	2,5	10,2
Guetsch	2.282	'71-'97	-6,1	-6,6	-5,3	-3,5	1,2	4,5	7,9	7,9	5,1	1,8	-2,8	-4,7	-0,1
Locarno-Monti	379	'71-'00	3,2	4,6	8,1	11,1	15,0	18,5	21,2	20,7	16,9	12,0	7,0	4,3	11,9
Lugano	276	'71-'00	3,2	4,6	8,0	11,1	15,2	18,8	21,7	21,2	17,3	12,4	7,4	4,2	12,1
Magadino	198	'71-'00	1,3	3,4	7,5	11,1	15,4	18,9	21,4	20,8	16,6	11,2	5,6	2,0	11,3
Piotta	1.015	'80-'00	-0,2	1,0	5,0	8,2	12,8	16,2	18,6	18,3	14,2	9,5	4,0	0,8	9,0
Robiei	1.891	'71-'00	-4,2	-4,1	-2,3	0,0	4,3	8,1	11,4	11,3	8,1	4,1	-0,5	-2,8	2,8
Stabio	353	'82-'00	0,9	2,1	6,6	10,1	14,9	18,4	21,2	20,3	15,8	11,1	5,5	1,9	10,7

¹ Temperatura media per ogni mese e per l'anno di alcune stazioni ticinesi e del San Gottardo (Gütsch). Periodi diversi.

fredda, per contatto con la superficie terrestre). Nel terreno, gli estremi sono rapidamente smussati dopo pochi centimetri e l'escursione annua (differenza tra massimo e minimo annuale) si riduce man mano con la profondità e di pari passo i massimi e i minimi si spostano nella stagione (v. graf. G). Oltre una certa profondità (qualche decina di metri a dipendenza anche della composizione del terreno), la temperatura è uniforme, con oscillazioni stagionali impercettibili, e corrisponde all'incirca alla temperatura media annuale dell'aria esterna (Oppizzi e Spinedi, 1999).

Altre elaborazioni per qualificare la temperatura di un luogo si basano per esempio sull'analisi dei giorni con valori che oltrepassano determinate soglie. Il grafico H mostra l'andamento dei giorni estivi (con temperatura massima uguale o superiore a 25°C) e dei giorni con gelo (temperatura minima inferiore a 0°C), due dei valori soglia più ricorrenti. Anche i giorni tropicali (temperatura massima uguale o superiore a 30°C) e i giorni di ghiaccio (temperatura massima inferiore a 0°C) sono correntemente riportati nelle analisi climatologiche.

2003, anno di caldo e siccità eccezionali

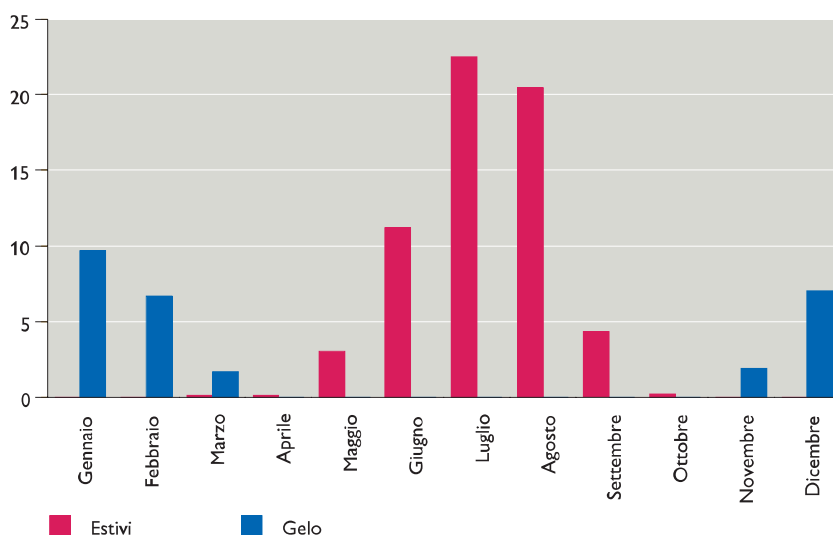
Da quando esistono le misurazioni meteorologiche regolari (circa 140 anni), al sud delle Alpi (ma anche nel resto della Svizzera) non è mai stato rilevato un anno con una simile combinazione di siccità e caldo estremi come il 2003.

Su tutto il territorio e a tutte le quote, a partire da maggio e fino a settembre, le temperature sono state sensibilmente sopra la media, con condizioni di caldo finora mai registrate. In particolare maggio, giugno e agosto hanno avuto temperature mensili da 3 a oltre 6 gradi sopra la media, mentre l'estate (giugno, luglio, agosto) è risultata di ben lunga la più calda mai rilevata. Sono stati superati la maggior parte dei record precedenti legati alla temperatura.

Le precipitazioni hanno mostrato lievi differenze regionali: la zona più asciutta è risultata il Ticino centrale, mentre nel Ticino meridionale e settentrionale la siccità appare statisticamente meno estrema. I quantitativi totali sull'anno variano da un minimo di circa 60% della media, rilevato a Locarno-Monti (1107 l/m²), a circa 70-75% nelle altre regioni. Soltanto nel 1870 e nel 1921 sono stati rilevati quantitativi minori che nel 2003.

La carenza di precipitazioni e il caldo estremo hanno avuto vistosi effetti sul territorio, a cominciare dal deflusso dei corsi d'acqua, la portata delle sorgenti, il parziale rinsecchimento della vegetazione, la fusione accelerata dei ghiacciai e dei nevai, problemi di irrigazione nell'agricoltura e perdita di produzione, in particolare di foraggio.

H Numero medio di giorni estivi e di giorni con gelo¹



¹ Numero medio di giorni estivi (temperatura massima $\geq 25^\circ\text{C}$) e di giorni con gelo (temperatura minima $< 0^\circ\text{C}$) per ogni mese, a Locarno-Monti, media 1971-2000.

I Frequenza delle precipitazioni¹



¹ Frequenza media delle precipitazioni (%) per ogni giorno dell'anno (1981-2001), a Locarno-Monti. Lisciatura su 11 giorni.

Precipitazioni

Le precipitazioni in Ticino presentano un massimo in primavera (aprile-maggio) e un altro alla fine dell'estate e all'inizio dell'autunno (settembre-ottobre), mentre il minimo coincide con i mesi invernali. Il mese con il maggior numero di giorni con precipitazioni risulta maggio, a causa dell'alta frequenza di situazioni di sbarramento; il minimo è registrato in dicembre o gennaio, grazie alla pre-

senza normalmente prolungata di situazioni anticicloniche. Le intensità maggiori si rilevano d'estate o d'autunno in occasione di forti temporali e possono superare in casi estremi 30 mm in 10 minuti, 90 mm in 1 ora e 300-400 mm in 24 ore. In casi estremi, i massimi mensili più elevati possono rappresentare fino a metà dei quantitativi annuali medi!

La zona con le precipitazioni più abbondanti è situata appena a nord del Verbano e

comprende in particolare le Centovalli, la Valle Onsernone, la Bassa Val Maggia e parte della Val Verzasca. Questa distribuzione è principalmente dovuta alla direzione predominante (da sudovest) delle correnti, che convogliano umidità verso il pendio sudalpino, e all'orografia della zona, che presenta un brusco e massiccio innalzamento su una distanza ridotta. Massimi secondari sono situati, nell'ordine, in Alta Val Maggia, sul massiccio Tamaro-Gradiccioli e sul massiccio del Monte Generoso. La zona meno piovosa si trova invece nella Media Valle di Blenio, che resta sottovento alle principali correnti umide.

Anche le correnti settentrionali possono portare precipitazioni; quantitativi significativi si registrano però solo lungo le Alpi. Ad Airolo per esempio, in media il 30% circa delle precipitazioni proviene da nord; la percentuale si riduce velocemente andando verso sud e nel Ticino centrale è inferiore all'1%.

Il grafico I mostra la frequenza media delle precipitazioni a Locarno-Monti nel corso

4 Precipitazioni medie mensili e annuali (in mm)¹

Stazione	Alt.(m)	Periodo	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
Airolo	1.149	'71-'00	103	87	107	163	175	155	137	137	194	225	146	102	1.731
Bellinzona	228	'71-'00	81	55	98	151	178	185	156	180	182	160	105	70	1.601
Biasca	293	'71-'00	90	62	93	152	165	162	161	168	193	187	119	79	1.631
Brissago	280	'71-'00	89	70	127	224	230	212	196	200	267	255	152	82	2.104
Camedo	570	'71-'00	100	88	158	261	268	206	183	230	329	318	170	91	2.400
Cevio	418	'71-'00	85	81	124	192	205	158	149	163	231	237	137	83	1.845
Coldrerio	330	'71-'00	97	78	112	160	190	165	132	159	175	192	119	84	1.664
Comprovasco	545	'71-'00	60	51	57	123	118	139	110	129	161	147	114	63	1.270
Crana-Torricella	1.002	'71-'00	93	74	137	225	276	240	192	210	259	247	150	91	2.193
Locarno-Monti	379	'71-'00	87	66	117	185	205	198	181	202	228	202	126	79	1.876
Lugano	276	'71-'00	86	61	105	157	196	186	138	165	184	163	103	73	1.617
Magadino	198	'71-'00	90	71	117	197	214	204	167	183	221	216	138	79	1.896
Mosogno	760	'71-'00	95	79	132	231	239	187	170	208	294	270	148	84	2.137
Robiei	1.891	'71-'00	166	152	188	264	303	211	180	195	271	321	215	153	2.622
Scudellate	904	'74-'00	103	76	128	211	254	209	170	198	209	221	137	84	1.999
Vira-Gambarogno	210	'71-'00	91	68	121	199	219	206	157	192	217	217	134	79	1.898

¹ Precipitazioni medie per ogni mese e per l'anno di alcune stazioni ticinesi, periodo 1971-2000 (Scudellate 1974-2000).

«La zona con le precipitazioni più abbondanti è situata appena a nord del Verbano. La zona meno piovosa si trova invece nella Media Valle di Blenio.»



Danni causati dallo straripamento di riali in Val di Blenio nell'estate 2003 (foto G.Valenti).

dell'anno, con i valori lisciati su un periodo di 11 giorni per ottenere una curva climatologicamente più rappresentativa. Risalta chiaramente il periodo invernale con precipitazioni nel 20 fino al 30% dei giorni, a cui segue un rapido rialzo dei giorni piovosi all'inizio di aprile per culminare a metà maggio con 6 giorni di precipitazioni su 10.

L'andamento è simile anche per le altre regioni del Ticino.



Strato di neve colorata dalla polvere sahariana sul Ghiacciaio del Basodino (foto G. Kappenberger).

Le precipitazioni colorate

Con il termine di *precipitazioni colorate* sono definiti i fenomeni di pioggia o di neve che presentano una colorazione particolare a causa della presenza di sostanze estranee. Le più comuni, già osservate nell'antichità, sono sabbie e polveri di varia provenienza, ceneri vulcaniche e pollini di piante o di fiori (la *pioggia gialla* in Asia). Le precipitazioni colorate, che a intervalli abbastanza frequenti interessano il sud delle Alpi e l'arco alpino in generale, contengono essenzialmente polveri silicee di origine sahariana, unitamente a piccole quantità di fibre vegetali. Il più delle volte, un simile evento passa inosservato perché di breve durata, oppure, e più spesso, perché i quantitativi di polvere sono minimi e subito dilavati.

Il deserto e le regioni subdesertiche del Sahara, che occupano una superficie di ca. 12 milioni di km², sono una fonte quasi inesauribile di polvere. E' stato stimato che ogni anno da 100 a 200 milioni di tonnellate di sabbia fine e di polvere vengano asportati dal vento, immessi nell'atmosfera e trasportati, in casi estremi, fino in Scozia o in Florida. Dato che i venti della fascia subtropicale dell'emisfero settentrionale soffiano in predominanza da nord-est (alisei), la maggior parte della polvere viene trasportata verso ovest e si deposita, a seconda della stagione, lungo le coste africane comprese tra il golfo di Guinea e le isole Canarie, con un massimo nella regione delle isole di Capo Verde. In determinate occasioni, cioè quando le polveri precedentemente sollevate cadono sotto l'influsso di correnti da sud-ovest, il trasporto avviene in direzione dell'Europa, attraverso la Spagna e la Francia o il Mediterraneo occidentale. In altre occasioni invece, lo scirocco e i venti meridionali portano direttamente la polvere sulle Alpi attraverso l'Italia.

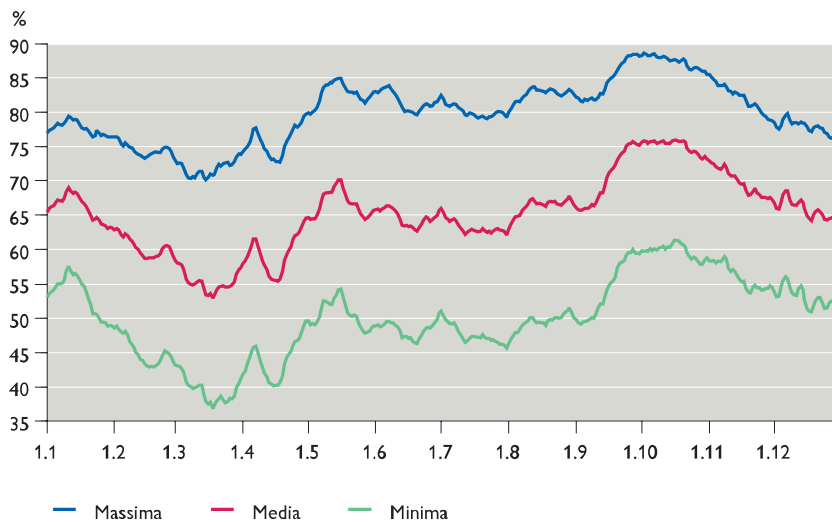
Praticamente solo d'inverno e in primavera la circolazione atmosferica è tale da permettere la formazione di una corrente di provenienza così meridionale. D'estate e d'autunno, la fascia anticiclonica delle Azzorre blocca gli scambi diretti tra la zona subtropicale e la nostra zona temperata.

Solo le particelle con un diametro di meno di 20 μ (0,020 mm) sono abbastanza leggere da poter essere trasportate per lunghe distanze, mentre il resto ricade entro un raggio più o meno ampio dalla zona di sollevamento. Il diametro delle particelle che arrivano fin sull'Europa centrale è ancora minore ed è compreso tra 1 e 10 μ (tra 0,001 e 0,010 mm).

In tempi passati le polveri delle precipitazioni colorate venivano per lo più attribuite a eruzioni vulcaniche, in particolare del Vesuvio e dell'Etna. Soltanto nella seconda metà del XIX° secolo venne presa in considerazione la loro possibile provenienza sahariana. Risalgono infatti anche a quel periodo i primi tentativi (riusciti) di attraversare il deserto e le prime spedizioni scientifiche all'interno del Sahara. Il 15 gennaio 1867, una vistosa caduta di neve rossastra sulle Alpi, assieme a due eventi minori nel febbraio del 1850 e del 1851, diede lo spunto per una ricerca più approfondita sul fenomeno. La polvere raccolta sulle Alpi venne così confrontata con prove di sabbia raccolte dagli studiosi nel Nordafrica. Il fenomeno venne chiamato *Föhnstaub*, polvere del favonio, in quanto la deposizione di polvere fu osservata in concomitanza con forti venti meridionali. Un forte evento di precipitazione colorata può depositare alcuni grammi di polvere per m².

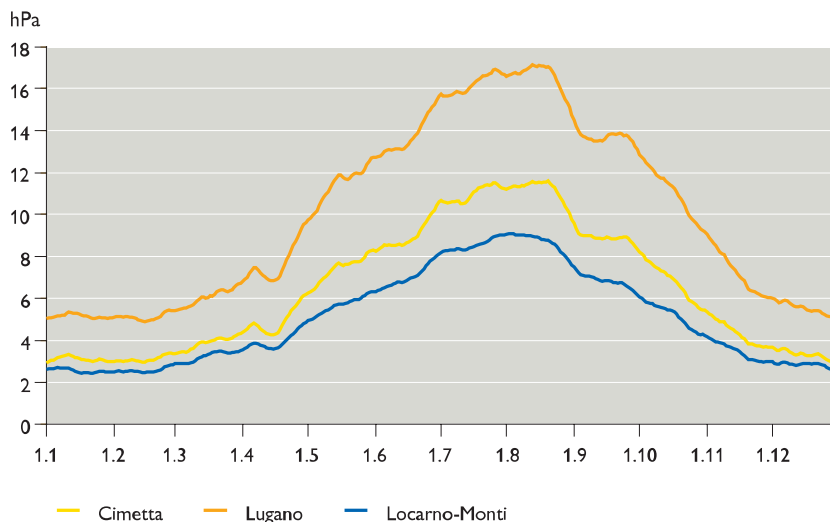
La colorazione della neve a causa della polvere del Sahara non deve però essere confusa con gli aggregati di un'alga unicellulare che si riproduce sulla neve. L'*Haematococcus nivalis*, sopra circa 2.000 metri di quota, può infatti formare delle grandi distese rossastrine simili ai depositi di polvere.

J Umidità dell'aria¹



¹ Umidità giornaliera relativa dell'aria a Locarno-Monti, medie 1982-2001, con lisciatura su 11 giorni.

K Pressione media del vapore acqueo¹



¹ Pressione media del vapore acqueo per il periodo 1981-2001, con lisciatura su 11 giorni.

Umidità

I valori medi dell'umidità relativa (cioè la percentuale di umidità presente rispetto all'umidità teorica con aria satura alla stessa temperatura) hanno una valenza limitata, data la grande variabilità dell'umidità nel corso della giornata e a dipendenza della situazione meteorologica. Il contenuto di umidità nell'aria è in funzione della sua temperatura e per certe applicazioni è più appropriato indicare l'umidità in grandezze assolute, per esempio in grammi di vapore per metro cubo di aria. Alla temperatura di 0°C, l'aria satura può contenere circa 4 g di vapore per m³, a 15°C ca. 10 g/m³ e a 30°C ca. 30 g/m³. L'umidità viene pure espressa in pressione parziale del vapore acqueo (in hPa) rispetto alla pressione atmosferica totale.

Indicativamente, d'estate in un dato momento, l'atmosfera può contenere l'equivalente in acqua per produrre ca. 15 mm di precipitazioni (chiamata anche acqua precipitabile). Eventi di precipitazioni di 100 mm sono consueti per il clima ticinese; ciò significa che l'aria sopra il Ticino deve venir sostituita almeno 7 volte per produrre questo quantitativo di acqua e può fornire un'indicazione delle correnti necessarie per spostare un simile volume d'aria.

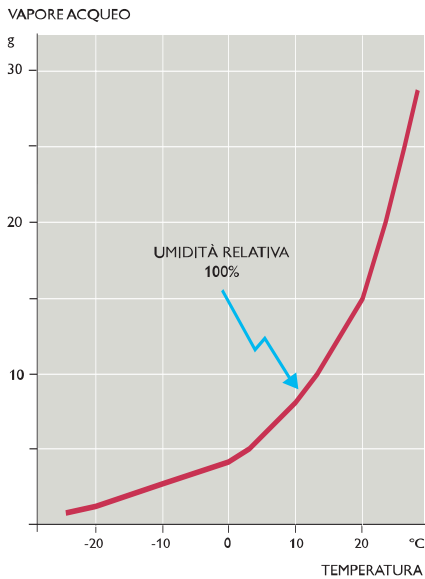
Il tasso di umidità relativa in Ticino può variare dal 100%, normalmente in presenza di precipitazioni o di nebbia, a minimi del 4-8% per qualche ora in occasione di favonio estremamente secco. Le medie mensili variano tra il 60 e il 75%, con i valori più elevati nei periodi di più piovosi (primavera/autunno).

L'andamento medio dell'umidità relativa a Locarno-Monti (v. graf. J) ricalca fedelmente l'andamento medio della frequenza delle precipitazioni (v. graf. I). Il grafico K mostra l'andamento medio dell'umidità, espressa in hPa, nel corso dell'anno per tre stazioni a quote diverse e per due differenti regioni. L'andamento nelle tre stazioni appare molto simile, ma con valori assoluti che rispecchiano la diversa pressione totale.



Cristalli di ghiaccio (dimensioni 1-2 cm) formati dalla deposizione dell'umidità dell'aria durante un prolungato periodo invernale senza precipitazioni in una zona costantemente ombreggiata in riva al fiume Maggia.

L Contenuto vapore acqueo¹



¹ Contenuto massimo di vapore acqueo (in g/m³) in funzione della temperatura, pressione al livello del mare.



Aria limpida e basso tasso di umidità in una giornata di favonio da nord.

Afa

Il senso di afa subentra quando la temperatura e l'umidità relativa dell'aria superano una soglia critica, che può essere espressa con il tasso di umidità assoluta, cioè con la quantità di vapore d'acqua presente nell'aria.

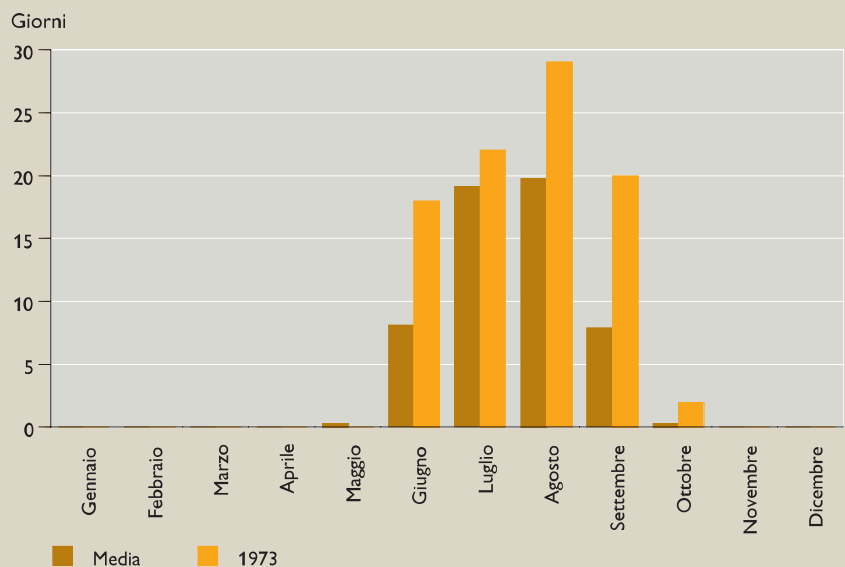
Oltre che da parametri meteorologici, la sensazione di afa è anche determinata da fattori fisiologici. L'organismo umano, infatti, a seconda del tasso di umidità, trasmette degli stimoli che possono essere persino opposti. Per esempio, sotto 14°C circa, l'aria umida sembra più fredda dell'aria più secca alla stessa temperatura; al disopra, invece, sempre alla stessa temperatura, l'aria più umida dà la sensazione di essere più calda rispetto a quella più secca. A partire da 16°C e se l'umidità è sufficientemente elevata, subentra un senso di disagio. Fisicamente è causato da una diminuzione del potere di raffreddamento del corpo, cioè da un'alterazione della regolazione termica con cui l'organismo si adatta all'ambiente.

La dispersione del calore corporeo in eccesso avviene per conduzione (trasmissione del calore attraverso il riscaldamento dell'aria circostante), irraggiamento (emissione di calore sotto forma di radiazioni infrarosse) e tramite l'energia di evaporazione (calore assorbito dall'acqua per evaporare). Quando però la temperatura dell'aria raggiunge o supera quella corporea, la perdita del calore non è più possibile per conduzione e irraggiamento, ma può avvenire esclusivamente tramite l'evaporazione del sudore e dei liquidi delle mucose e dei polmoni. Di conseguenza, nel caso limite di aria satura, cioè con umidità relativa del 100% e una temperatura superiore a 37°C, l'organismo umano non potrebbe più cedere calore all'ambiente. Il caldo-umido costituisce una forte sollecitazione per il corpo. Le conseguenze di una prolungata esposizione sono: malessere generale, surriscaldamento ed eventualmente il collasso. La sensazione di afa rappresenta così un campanello di allarme all'apparire di disturbi di adattamento dell'organismo alle condizioni igrotermiche dell'ambiente.

Non tutte le persone sono egualmente sensibili all'umidità; da ricerche teoriche ed esperimenti pratici è comunque stato stabilito che la sensazione di afa generalmente subentra quando il contenuto di vapore d'acqua nell'aria supera 14 g/m³ (rispettivamente quando la pressione del vapore d'acqua supera 19 hPa, sui ca. 1.000 hPa che costituiscono la pressione totale dell'aria). Il grado di afosità viene invece definito come la differenza in gradi tra la temperatura effettiva e la temperatura del valore soglia.

Per il periodo 1971-2000, il grafico mostra il numero medio di giorni afosi a Lugano e il massimo rilevato nel trentennio (1973).

Numero medio di giorni afosi a Lugano



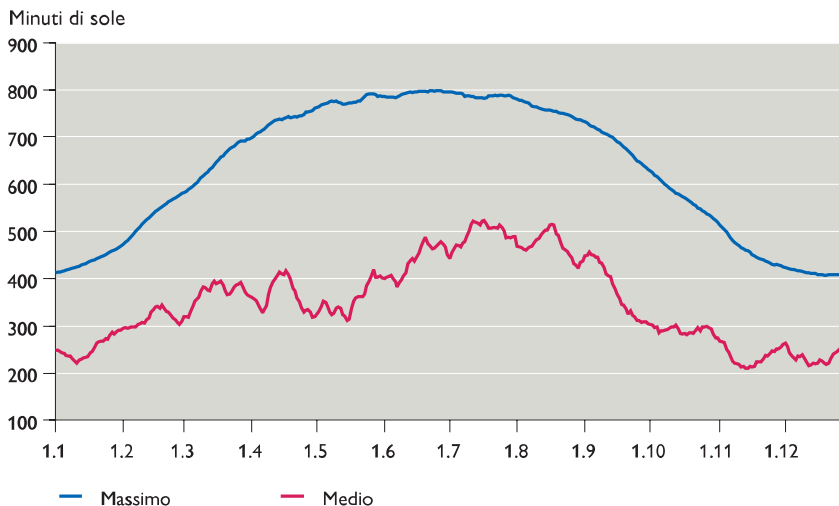
«Le medie mensili dell'umidità relativa variano tra il 60 e il 75%, con i valori più elevati nei periodi più piovosi (primavera/autunno).»

Soleggiamento

Il Ticino gode in generale di un abbondante soleggiamento. D'inverno però, a causa della posizione geografica e della bassa elevazione del sole, alcune regioni restano senza sole anche per periodi prolungati. Su base annuale il soleggiamento raggiunge circa il 55% del massimo possibile (cioè se il cielo fosse sempre sereno) con valori mensili che variano da un minimo di ca. il 30% a un massimo di ca. l'80%.

Il grafico M mostra l'andamento del soleggiamento a Locarno-Monti (la stazione di riferimento per il soleggiamento in Ticino) sull'arco dell'anno, con i valori medi per ogni giorno e il massimo possibile, in minuti. Da queste due grandezze deriva il soleggiamento relativo in % (v.graf. N). Il paragone tra soleggiamento, frequenza delle precipitazioni, umidità e nuvolosità permette di trovare evidenti relazioni tra queste grandezze nei grafici riportati.

Lugano è stata la prima stazione ticinese dotata di un eliometro, di tipo Campell-Stokes, con una boccia di cristallo che concentra i raggi del sole su una striscia di carta. Lo strumento, costruito nel 1885 dalla ditta Negretti & Zambra di Londra (allora una rinomata ditta di strumenti meteorologici), ha fedelmente seguito gli spostamenti della stazione ed è ancora perfettamente funzionante.



¹ Andamento del soleggiamento medio e massimo possibile a Locarno-Monti. Media 1982-2001 con lisciatura su 11 giorni.

Sonnenstube

Quando l'elioterapia rappresentava uno dei pochi trattamenti possibili per lenire le malattie polmonari, il Ticino divenne conosciuto come *Sonnenstube* per l'abbondante soleggiamento e per le ideali condizioni climatiche atte a curare molti malanni. Nelle pubblicazioni dell'inizio del XX° secolo, veniva spesso evidenziato il clima invernale del Ticino, mite, soleggiato e con poca nebbia, mentre il soleggiamento estivo non veniva particolarmente menzionato. Statisticamente, il soleggiamento relativo è infatti superiore nel semestre invernale che in quello estivo, anche se le ore totali di sole sono forzatamente inferiori.

Il dott. Schmid-Curtius, fondatore dell'Osservatorio bioclimatico e geofisico ticinese (precursore del Centro meteorologico attuale), in un articolo del 1930 illustra questa situazione come segue: "L'Osservatorio deve la sua fondazione al fatto scientificamente documentabile che il clima del Ticino possiede elementi che non possiedono altri climi noti d'Europa, e che costituiscono, pertanto, una novità in materia. Da molto tempo il clima del Ticino esercita una grande attrazione sia da Nord che da Sud. In estate, chi viene dal Sud, incontra nelle sue vallate - specie nella Leventina e nella Mesolcina - un sospirato refrigerio, mentre chi vi scende da nord in autunno ed in inverno vi trova luce e calore; - sole, insomma."

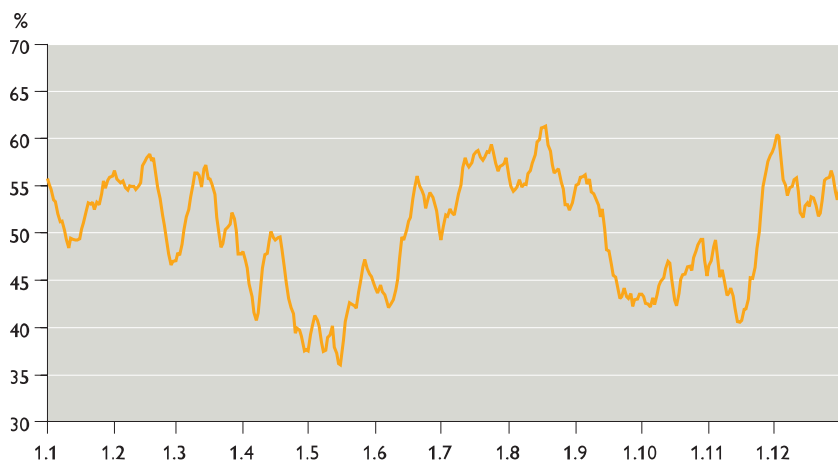
5 Soleggiamento medio mensile e annuale (in ore)¹

Stazione	Alt.(m)	Periodo	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
Cimetta	1.672	'82-'00	159	164	205	171	170	206	246	226	177	160	137	144	2.163
Comprovasco	545	'77-'00	85	97	129	128	123	145	178	161	133	102	141	77	1.499
Gütsch	2.282	'71-'97	114	125	145	141	150	166	215	205	179	150	118	113	1.822
Locarno-Monti	379	'71-'00	127	140	181	186	185	219	255	240	190	155	123	122	2.122
Lugano	276	'71-'00	117	129	168	169	175	211	247	232	181	143	113	110	1.995
Magadino	198	'79-'00	134	140	180	171	172	209	245	235	180	140	118	113	2.036
Piotta	1.015	'80-'00	72	116	169	154	154	184	220	211	165	123	74	135	1.777
Robiei	1.891	'92-'00	97	109	143	116	129	161	174	154	120	99	76	68	1.446
Stabio	353	'82-'00	118	129	177	156	166	202	237	230	167	125	101	101	1.909

¹ Numero medio di ore di sole per ogni mese e per l'anno di alcune stazioni ticinesi e del San Gottardo (Gütsch). Periodi diversi.

«Su base annuale il soleggiamento raggiunge circa il 55% del massimo possibile, con valori mensili che variano da un minimo di ca. il 30% a un massimo di ca. l'80%.»

N Soleggiamento relativo¹



¹ Soleggiamento relativo (in %) a Locarno-Monti. Media 1982-2001 con lisciatura su 11 giorni.

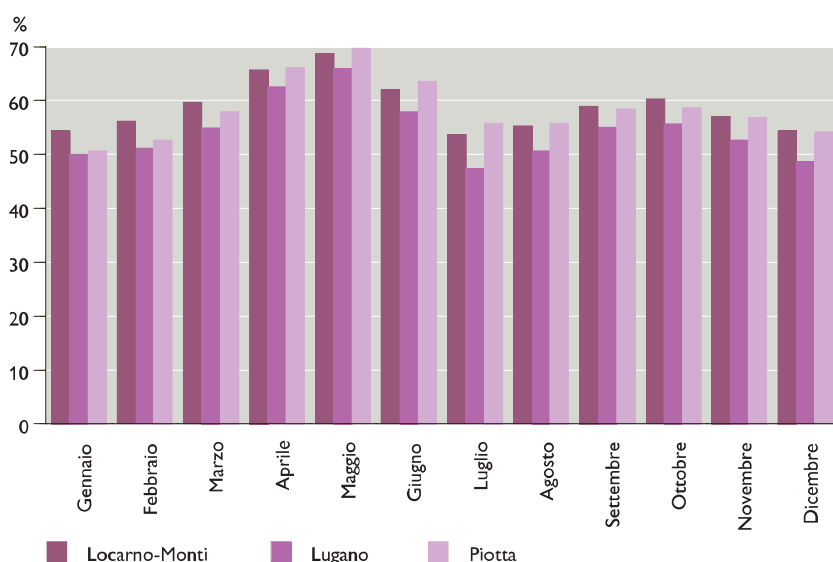
Nuvolosità

La copertura nuvolosa viene stimata visivamente in ottavi di volta celeste occupata da nubi e il valore giornaliero rappresenta la media di tre osservazioni effettuate il mattino, a mezzogiorno e la sera. Un'osservazione completa della nuvolosità secondo le direttive internazionali, oltre alla stima della copertura totale, comporta pure l'identificazione del genere delle nubi presenti e la stima dell'altezza sopra il terreno della loro base.

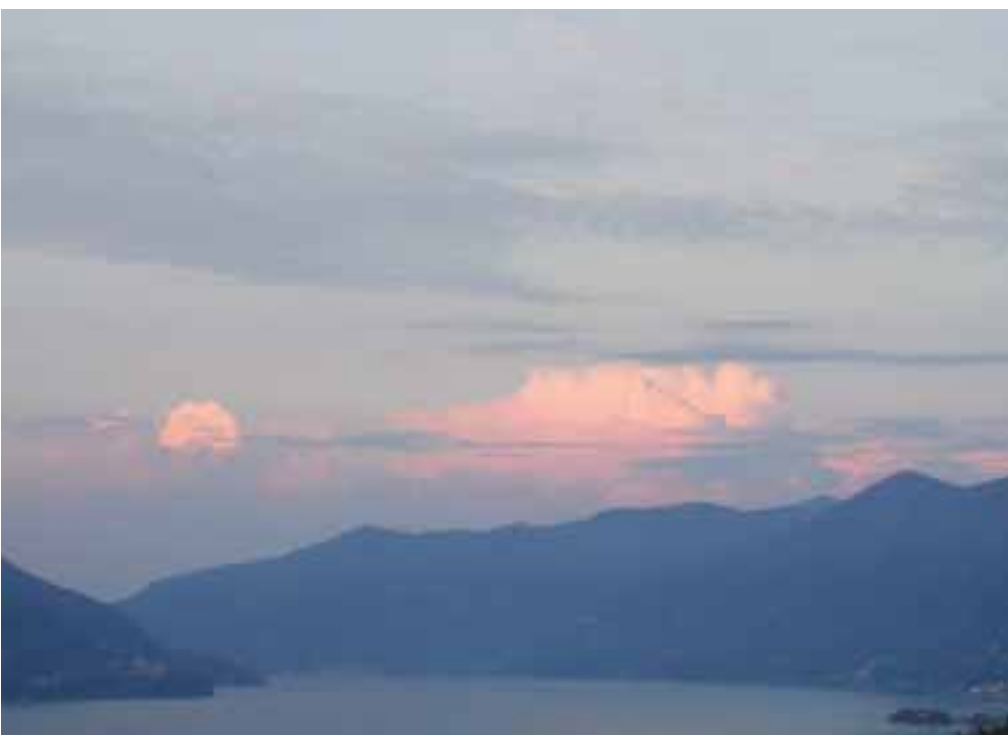
La componente soggettiva di questa osservazione è molto grande, e i risultati sono perciò da valutare con cautela. In Ticino, la presenza di nubi può essere riassunta con quattro situazioni principali: innanzitutto il passaggio di fronti e con le situazioni di sbarramento (correnti da sudovest) che normalmente portano nuvolosità importante su tutto il territorio; in secondo luogo con le situazioni senza correnti dominanti e pressione relativamente uniforme che favoriscono lo sviluppo di nuvolosità locale, più estesa in una o nell'altra regione a seconda della stagione; con correnti dal settore nord (nordovest fino a nordest), il Ticino settentrionale è interessato da nuvolosità sensibilmente maggiore del Ticino centrale o meridionale; al contrario, con correnti da est o sudest, normalmente si forma una copertura nuvolosa estesa solo sul Ticino meridionale.

Il grafico O mostra la nuvolosità mensile media per tre regioni diverse del Ticino, rappresentate dalle stazioni Lugano, Locarno-Monti e Piotta. L'andamento generale è simile nelle tre regioni e rispecchia l'andamento del soleggiamento relativo nell'esempio di Locarno-Monti. Gli scarti tra le stazioni nello stesso mese sono invece più difficilmente spiegabili in base ai soli criteri meteorologici.

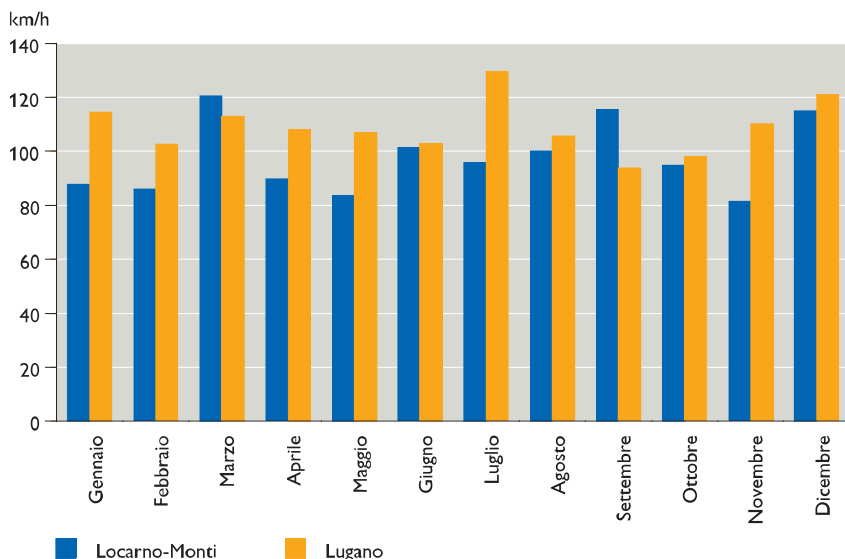
O Nuvolosità media mensile¹



¹ Nuvolosità mensile media nel periodo 1971-2000.

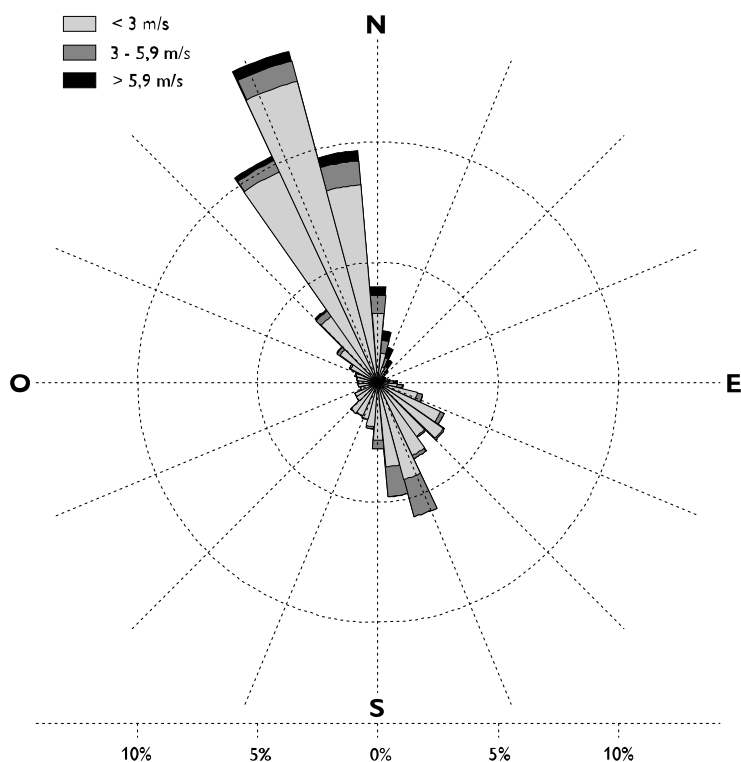


P Raffica massima¹



¹ Velocità massima del vento nel periodo 1971-2000.

Q Rosa dei venti¹



¹ Rosa dei venti di Lugano, media 1981-2000. Direzione a intervalli di 10°, velocità suddivisa in tre classi. La frequenza delle diverse velocità per direzione è riportata in percento.

Vento

La variabilità del territorio ticinese ha per conseguenza un regime di venti piuttosto complesso. Da una parte, le valli e le pianure sono poco toccate dalle correnti generali, rilevabili perlopiù solo in montagna, salvo nelle situazioni da nord; dall'altra parte proprio la presenza di una rete di valli che si aprono verso sud, verso la Valpadana, favorisce la formazione di un regime di venti regionali (cioè venti termici legati al ciclo del sole e del riscaldamento). A queste manifestazioni si aggiungono i venti prettamente locali, causati dai temporali. Le stazioni di misurazione situate nelle valli rilevano praticamente solo due direzioni principali, determinate dall'orientamento della valle.

Le velocità di vento più elevate sono misurate in occasione di eventi di favonio da nord o con i temporali. Valori di 70-80 km/h sono registrati più volte all'anno; velocità superiori a 100 km/h sono invece eventi rari.

In particolare nelle regioni lacuali del Verbano e del Ceresio, i venti locali hanno assunto nomi specifici. Tra i più conosciuti si possono elencare l'*inverno* e l'*invernone*, la *brevia*, il *munscendrin* (dal Monteceneri), la *porlezzina*, ecc.

Il grafico P riporta la velocità massima registrata a Lugano e a Locarno-Monti per ogni mese dell'anno durante il periodo



Albero sradicato da raffiche di vento tempestoso in occasione di un violento temporale (Gudo, luglio 2000).



Nubi a forma di lenti (*Alto cumulus lenticularis*), tipiche per le situazioni di favonio (foto G. Kappenberger).

1971-2000. In autunno, inverno e primavera, le raffiche massime sono da attribuire al favonio, in estate ai venti generati dai temporali; Lugano appare più soggetta al favonio di Locarno-Monti.

La rosa dei venti (v. graf. Q) rappresenta graficamente la distribuzione statistica del vento di una stazione di rilevamento, riportando la frequenza (in %) delle direzioni orarie del vento con diverse soglie di velocità.

Oltre alle evidenti ripercussioni che il vento può avere sull'ambiente, vale la pena ricordare l'effetto raffreddante del vento sull'organismo umano. Il vento asporta infatti calore dalla pelle non coperta e, se la temperatura è sufficientemente bassa, la perdita di calore supera la capacità di rifornimento energetico da parte dei vasi sanguigni così che l'epidermide gela. La perdita di calore aumenta con la velocità del vento; un indice (*wind chill*) calcolato in base alla temperatura e alla velocità del vento permette di conoscere la temperatura teorica percepita dalla pelle esposta.

Favonio

Con il nome di favonio si definisce il vento da nord catabatico (discendente) che raggiunge il Ticino quando sulle Alpi si instaurano correnti settentrionali, con un anticiclone sull'Europa centrale e una depressione sull'Italia. Tra il nord e il sud delle Alpi si possono creare notevoli differenze di pressione (in casi estremi fino a ca. 20 hPa) che, tra altri fattori, sono determinati per la velocità del vento e la profondità di penetrazione nella Valpadana.

Secondo la provenienza geografica delle masse d'aria, il favonio può essere da caldo fino a gelido. Il rialzo della temperatura a cui l'aria è sottoposta è dovuto a un processo termodinamico di base. L'aria, costretta a superare la catena alpina, salendo sul versante sopravvento si raffredda (per espansione), e di conseguenza il vapore d'acqua condensa, formando nubi e precipitazioni. Superata la sommità della catena alpina, l'aria si riversa sul versante sottovento dove, ormai priva di gran parte dell'umidità, subisce un riscaldamento per compressione man mano che scende. L'aria secca (nella quale cioè non avvengono processi di condensazione o evaporazione) si raffredda, rispettivamente si riscalda, di 1°C ogni 100 m di spostamento verticale. Quando invece ha luogo la condensazione del vapore acqueo, il raffreddamento con l'aumento della quota comporta solo ca. 0,6°C ogni 100 m (e analogamente anche il riscaldamento è di 0,6°C ogni 100 m quando nell'aria discendente avviene l'evaporazione dell'acqua delle nubi o delle precipitazioni). Di conseguenza, in una situazione favonica, l'aria che raggiunge le pianure ticinesi ha una temperatura più elevata di quella che aveva sull'Altopiano. Il fenomeno di accumulo di aria sul versante sopravvento e la formazione di precipitazioni prende il nome di *sbarramento* (*stau*).

Il grafico mostra il numero medio di giorni con favonio per ogni mese dell'anno a Locarno-Monti, media 1971-2000. Risalta chiaramente l'elevata frequenza nel semestre invernale.

Numero medio di giorni con favonio a Locarno-Monti



«Da una parte, le valli e le pianure sono poco toccate dalle correnti generali; dall'altra, proprio la presenza di una rete di valli che si aprono verso sud, verso la Valpadana, favorisce la formazione di un regime di venti regionali.»

Altri elementi caratteristici del clima ticinese

Temporali

Il temporale è un fenomeno caratteristico che spesso accompagna le precipitazioni estive in Ticino. Per definizione esso consiste in scariche elettriche nell'atmosfera accompagnate da manifestazioni sonore (tuono).

I temporali sono provocati dalla rapida ascesa di aria caldo-umida a quote elevate (temporali termici) o dall'incontro violento di una massa d'aria caldo-umida con una di aria fredda (temporali legati a perturbazioni) che destabilizza vaste fasce dell'atmosfera. L'interazione che ha luogo fra le particelle di ghiaccio e di acqua componenti la nube temporalesca e il campo elettrico esistente nella nube sviluppa elevate tensioni. La nube agisce come un gigantesco accumulatore e, quando la differenza di potenziale raggiunge un certo limite, si produce la scarica elettrica. La pressione, aumentata repentinamente per l'inten-

so calore provocato dal canale del fulmine, genera delle onde d'urto nell'aria che si manifestano con rumori cupi.

Le scariche elettriche possono verificarsi tra due zone distinte di una nube, tra due nubi vicine, tra la base d'una nube e il suolo, anche tra una nube e il cielo sereno. Esse durano una piccola frazione di secondo. La scarica ha un andamento sinuoso e capriccioso con varie ramificazioni. Quella che appare come una scarica in realtà consiste in numerose scariche successive, ciascuna della durata di alcuni microsecondi.

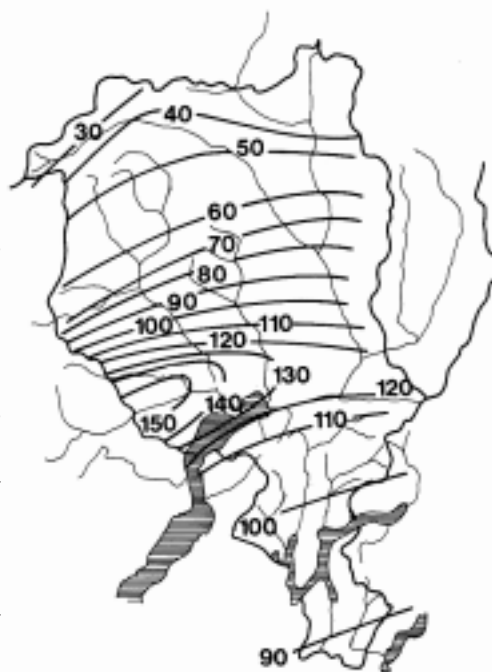
Si può calcolare la distanza approssimativa di un temporale contando il numero di secondi che intercorrono tra il momento dell'osservazione di un lampo e la percezione del tuono. Moltiplicando questo numero per 330 (velocità di propagazione del suono) si ottiene la distanza in metri alla quale si è verificato il lampo osservato.

La carta della distribuzione dei temporali mostra un massimo nel Ticino centrale. L'intensità del fenomeno dipende dal grado di instabilità dell'atmosfera e dalla disponibilità di umidità; regolarmente temporali violenti si abbattano sul Cantone, in particolare sulle regioni centrali e meridionali, provocando ingenti danni da grandine, scariche elettriche o vento. Uno dei più violenti in tempi recenti ha toccato una fascia a sud del Ceresio il 1° agosto 1988 provocando grandine della grandezza di palle da tennis.

Il numero medio di temporali all'anno in Ticino appare elevato perché secondo i criteri adottati da questa statistica, se tra un tuono e l'altro intercorrono oltre 30 minuti, viene contato un nuovo temporale. In un giorno possono così aver avuto luogo più temporali (Zenone 1972).

Nebbia e foschia

La foschia e la nebbia sono dovute alla sospensione nell'aria di piccolissime goccioline d'acqua. Quando la visibilità risulta tra 1 e 15 km, il fenomeno viene definito foschia; sotto 1 km, nebbia.



Distribuzione dei temporali in Ticino, numero medio di eventi per anno (Zenone, 1972)

Le condizioni necessarie per la formazione di nebbia sono presenza di umidità e raffreddamento dell'aria. Il raffreddamento dell'aria può avvenire per irraggiamento, sollevamento, avvezione o mescolanza.

La forma più classica di nebbia è quella per irraggiamento. Essa ha luogo quando una massa d'aria relativamente umida si raffredda per contatto con un terreno freddo (a sua volta raffreddato dalla perdita di calore per onda lunga). Le condizioni necessarie per la sua formazione sono notti chiare, venti deboli, aria e terreno umidi. Il suo spessore può variare da pochi metri a 200-400 metri; la dis-



Pomodoro colpita da un chicco di grandine.

«La carta della distribuzione dei temporali mostra un massimo nel Ticino centrale.»



Strato di nebbia sottile (pochi metri di spessore) sul piano di Magadino e su parte del Lago. I raggi del sole mettono in evidenza la presenza di foschia che riduce lievemente la visibilità.

soluzione viene favorita dall'arrivo del vento o avviene per riscaldamento del terreno.

In Ticino la nebbia è poco frequente, e le regioni più toccate risultano le zone pianeggianti del Sottoceneri, in parte interessate dalle nebbie della Valpadana. La nebbia in pianura ha normalmente uno spessore di qualche decina fino a poche centinaia di metri e raramente persiste per più giorni. Nelle stazioni di collina, come Locarno-Monti, o di montagna, la nebbia è perlopiù dovuta a nubi basse che limitano la visibilità a meno di 1 km.

La foschia per contro è un fenomeno frequente e interessa il Cantone durante tutto l'anno. Le regioni maggiormente toccate sono il Ticino centrale e quello meridionale, d'inverno fino a un'altitudine normalmente non superiore a 1000 m, d'estate anche fino a 2000 m e oltre. La foschia è spesso legata all'inquinamento atmosferico e può contenere una sensibile percentuale di polveri, fuliggini o altre microscopiche particelle prodotte da processi industriali, domestici o legati al traffico.



La più abbondante nevicata a Locarno nella seconda metà del XX° secolo, con uno strato di ca. 80 cm di neve fresca in 24 ore (gennaio 1985).

Neve

Le nevicatae in pianura rappresentano probabilmente l'elemento più variabile del clima ticinese, sia per la frequenza, sia per i quantitativi. Infatti, anche d'inverno le masse d'aria sono spesso miti e solo sopra 1.000-1.500 m le precipitazioni sono prevalentemente in forma nevosa. L'unica situazione meteorologica, che può portare neve in quantità anche in pianura, richiede un periodo di correnti da est con temperature negative, seguito da correnti sudoccidentali umide. Le precipitazioni prodotte dalle correnti occidentali cadono così nell'aria fredda intrappolata nella Valpadana e restano solide fino a toccare il suolo. Se però le precipitazioni persistono oltre 1-2 giorni, il rimescolamento verticale è normalmente tale da distruggere il lago di aria fredda e a basse quote ritorna a cadere la pioggia.

A Locarno-Monti, negli ultimi 70 anni circa, la nevicata più precoce ha avuto luogo il 27 ottobre 1981 (2 cm) e la più tardiva il 2 maggio 1945 (2 cm), mentre la nevicata più abbondante in 24 ore è caduta nel gennaio 1978 (85 cm).

«Le nevicatae in pianura rappresentano probabilmente l'elemento più variabile del clima ticinese.»



Siccità

Sul versante subalpino, il periodo durante il quale si verificano le siccità più importanti va da metà dicembre a metà marzo. Pure nei mesi estivi sono possibili forti siccità, acuitizzate dalle temperature elevate, ma poiché fenomeni di instabilità locale si verificano anche in fasi prettamente anticiclonali, i periodi di siccità estivi sono nettamente più corti di quelli invernali. Il fattore temperatura, che incide solo limitatamente sulle siccità invernali, diventa man mano più importante avanzando nella primavera. Le siccità che si spingono addentro nella primavera sono comunque rare.

Un periodo di siccità è perlopiù legato a una situazione di blocco anticiclonico, con il centro dell'alta pressione che può trovarsi tra l'Europa centrale, il Mediterraneo e il vicino Atlantico. Quando l'anticiclone è localizzato sulla metà occidentale del continente, le correnti a esso collegate soffiano da nord sulle Alpi, ciò che porta favonio al Sud e ulteriore aridità.

Oltre che dalla carenza d'acqua, le conseguenze sull'ambiente sono determinate da

molti fattori, come ad esempio la riserva idrica accumulata in precedenza, ma anche la temperatura, l'innevamento, la frequenza del vento e lo stadio della vegetazione. In maniera molto approssimativa si può affermare che le prime manifestazioni sul territorio appaiono dopo un mese di mancanza di precipitazioni.

Frequenza e distribuzione delle siccità

In Ticino sono possibili periodi secchi (senza alcuna precipitazione) di 30-60 giorni, periodi asciutti (precipitazioni trascurabili) di 60-100 giorni e periodi siccitosi (con carenza generale di precipitazioni) di 3-12 mesi. Il Ticino centrale e quello meridionale hanno una frequenza di siccità paragonabili, mentre il numero e la durata delle siccità diminuisce nel Ticino settentrionale, che a volte beneficia di precipitazioni portate da nord.

Indicativamente, l'inizio delle siccità si distribuisce nella seguente maniera (riferimento stazione di Locarno-Monti):

- prima di metà ottobre: 15% ca.;
- tra metà ottobre e metà dicembre: 20% ca.;
- tra metà dicembre e metà febbraio: 50% ca.;
- oltre metà febbraio: 15% ca.

L'inizio più precoce è stato il 12 settembre (1914), la fine più tardiva il 1° maggio (1955). In media, ogni 3,5 anni circa ha luogo un periodo secco (senza alcuna precipitazione) di 30-39 giorni e ogni 10 anni circa uno di 40 giorni e oltre. Il più lungo periodo secco del XX° secolo si è verificato tra il 1988 e il 1989 con 63 giorni secchi a Locarno e 77 a Lugano.

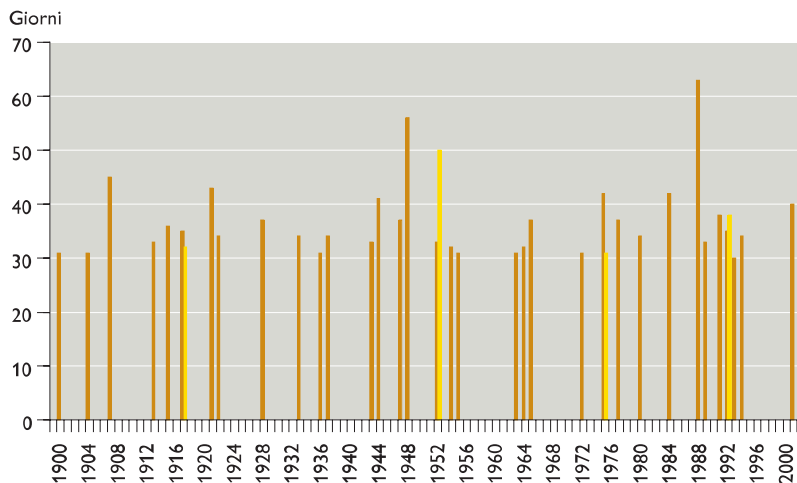
Periodi asciutti (precipitazioni trascurabili) con una lunghezza di 60-69 giorni ricorrono in media ogni 10 anni mentre di 70 giorni e oltre si verificano ogni 15-20 anni circa. I massimi secolari sono di 84 giorni per Locarno (8.1.1953 - 1.4.1953) e 104 per Lugano (28.11.1980 - 11.3.1981).

Da quando sono effettuate misurazioni meteorologiche regolari (1864), il periodo siccitoso più prolungato e forte al Sud delle Alpi risale probabilmente al 1869-1871 (circa 18 mesi); i rilevamenti a disposizione sono però in parte contraddittori. Più documentata e con dati attendibili fu invece la siccità che ebbe luogo tra il dicembre 1920 e il febbraio 1922 (15 mesi) con una scarsità generale di precipitazioni in tutti i mesi, salvo agosto.

Le cronache del tempo parlarono di "esaurimento delle sorgenti, arenamento delle industrie mancanti di forze motrici e generale avvizzimento della vegetazione che condusse a considerevole deperimento", oltre a un livello bassissimo del lago di Lugano. Il totale delle precipitazioni raggiunse solo circa il 50% del normale.

Anni quasi altrettanto asciutti come il 1921 furono il 1893 e il 2003. Il 1997 fu invece l'anno con la siccità che maggiormente interessò la primavera.

R Periodi secchi¹



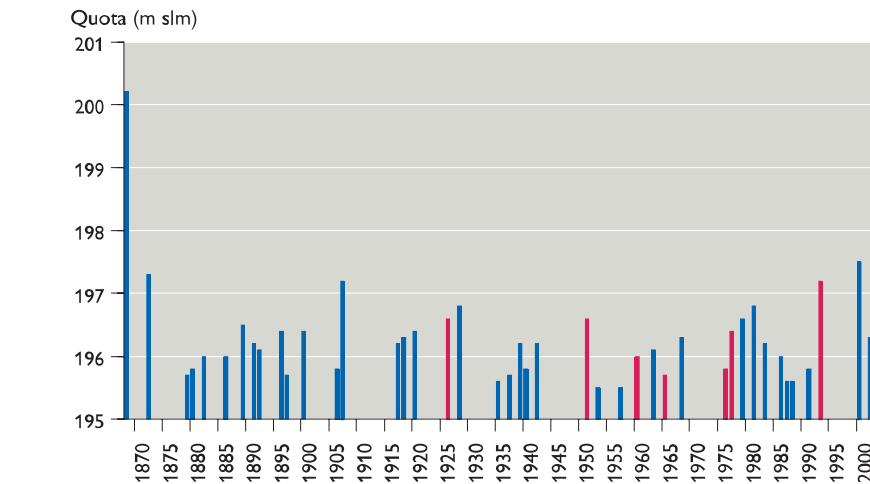
¹ Periodi secchi (senza alcuna precipitazione) registrati a Locarno-Monti a partire dal 1900. Le barre in colore chiaro indicano un secondo evento nello stesso anno.

«Sul versante subalpino, il periodo durante il quale si verificano le siccità più importanti va da metà dicembre a metà marzo.»

Alluvioni ed esondazioni

Le precipitazioni, a volte abbondanti e intense, che caratterizzano il clima del Ticino dalla primavera all'autunno, spesso hanno come conseguenza lo straripamento di corsi d'acqua o l'esondazione dei laghi, in particolare del Verbano. Gli eventi di pioggia intensa possono andare da un violento temporale isolato che causa danni in un piccolo bacino imbrifero con piene lampo (per esempio Faèd, Val Bavona, 1992), a precipitazioni abbondanti che interessano tutto il bacino imbrifero del Ticino, sia svizzero, sia italiano per diverse settimane (autunno 1993 e 2000). Tra questi due estremi si possono trovare tutta una serie di combinazioni per intensità, estensione e durata.

In generale si possono suddividere questi eventi in tre classi di estensione e durata. Troviamo dapprima gli eventi temporaleschi di dimensioni limitate e di breve durata, che si formano in situazioni di pressione uniforme sulla regione alpina. Questi temporali possono produrre brevi precipitazioni intense con raffiche di vento ed eventualmente grandine. I danni, anche se forti, sono molto circoscritti. Seguono il passaggio di fronti freddi attivi con attività temporalesca e precipitazioni



¹ Altezza del livello del Verbano. La quota 195 m slm rappresenta la soglia di allarme. Le barre rosse indicano più esondazioni nello stesso anno.

intense che possono interessare un'area di qualche centinaio di km². Le conseguenze delle precipitazioni si ripercuotono su più bacini imbriferi e possono portare allo straripamento anche dei fiumi principali. L'evento normalmente non dura oltre 1-2 giorni ed è legato al cambiamento della massa d'aria, ciò che in montagna può significare la caduta di neve anche d'estate.

Le situazioni di sbarramento prolungato, con continuo apporto di umidità dal Mediterraneo e dall'Atlantico verso le Alpi, e durante le quali si verificano pure dei passaggi frontali con attività temporalesca, originano gli eventi di maggiori precipitazioni. Le piogge posso-

no durare in maniera più o meno intensa per alcune settimane e interessare anche tutto il Ticino. L'ingrossamento dei fiumi di tutto o gran parte del bacino imbrifero porta spesso all'esondazione del Verbano, meno frequentemente a quella del Ceresio. Inoltre, spesso si producono danni di scorrimento superficiale delle piogge che non riescono più a filtrare nel terreno saturo di acqua a causa delle prolungate precipitazioni. Il grafico S mostra le altezze delle esondazioni del Verbano (195 m slm è la soglia d'allarme e a partire da 195,5 m si producono i primi inconvenienti). Risalta la quota di 204 m del 1868, l'esondazione più importante negli ultimi due secoli.



Influsso del tempo e del clima sull'organismo

Già nel secondo secolo dopo Cristo, Galeno, medico personale dell'imperatore Marco Aurelio, aveva riconosciuto l'effetto positivo di una cura climatica e di un cambiamento di clima inviando i malati di affezioni respiratorie in zone desertiche o di montagna. Più tardi, durante il medioevo, le sue osservazioni fecero pure scuola nella medicina dei conventi e, fino all'avvento della medicina basata sull'impiego massiccio di farmaceutici sintetici, le stazioni di cura e di riabilitazione della regione alpina erano ben frequentate.

Le molteplici interazioni degli elementi del clima (radiazione, temperatura, umidità, elettricità dell'aria, vento, pressione ecc.) sono state raggruppate in tre complessi principali di effetti bioclimatici. Gli *effetti termici* definiscono gli stimoli dovuti al riscaldamento e al raffreddamento tenendo conto anche dei venti e dell'umidità. La temperatura ha un ruolo importante particolarmente per le malattie cardiovascolari. Gli *effetti attinici* descrivono invece le ripercussioni della radiazione (globale, infrarossa, ultravioletta ecc.) considerando però anche il grado di nuvolosità, che può alterare fortemente l'intensità della radiazione. Una dosata esposizione ai raggi ultravioletti, oltre che per la formazione di pigmenti e di eritemi, viene utilizzata in certe terapie come stimolo del metabolismo e della produzione di vitamina. Gli *effetti chimici* raggruppano gli effetti sull'organismo provocati dalle inclusioni naturali nell'aria (polveri, particelle di sale, iodio, pollini, radioattività naturale ecc.) e dalle inclusioni artificiali (polveri industriali, sostanze chimiche in sospensione, radioattività artificiale ecc.). Le immissioni prodotte dall'uomo, in concentrazioni elevate, possono avere delle ripercussioni negative soprattutto sulle vie respiratorie ma anche sul sistema cardiocircolatorio.

Per delimitare le diverse proprietà degli elementi climatici sono state definite tre suddivisioni bioclimatiche principali: clima *opprimente*, *distensivo*, e *stimolante*. Il clima opprimente è frequente per lo più nelle zone di pianura o di fondovalle dove d'estate l'aria raggiunge temperature elevate e d'inverno, a causa delle frequenti inversioni di temperatura, oltre a nebbie e foschie si accumulano sostanze inquinanti prodotte dall'uomo. Il clima distensivo è invece riscontrabile nella fascia collinare e montana caratterizzata da ampie distese boschive. In queste zone, le condizioni di temperatura, radiazione e vento sono per lo più equilibrate, ciò che riduce al minimo le sollecitazioni dell'organismo. Il clima stimolante è invece presente in montagna, a diverse intensità a dipendenza dell'altitudine. L'effetto stimolante proviene dalla variabilità del tempo, dalle temperature generalmente basse, dalla radiazione intensa e dalla diminuita presenza di ossigeno e vapore d'acqua. A quote elevate, e in caso di certe malattie, questo tipo di bioclima può essere troppo sollecitante per l'organismo.

Gli effetti sull'organismo del tempo meteorologico, che si manifestano durante intervalli relativamente brevi, sono legati a una ben determinata situazione. Non esistono situazioni meteorologiche nocive per l'organismo, ma il tempo può accentuare certi disturbi già presenti, diminuire il rendimento o aumentare la sensibilità a stimoli esterni. Gli effetti sono generalmente sfavorevoli quando dominano condizioni di tempo freddo e umido oppure caldo e umido. Le ripercussioni diventano viepiù negative quando si instaurano condizioni di caldo molto secco (come per esempio nelle fasi di favonio). Gli effetti sono invece favorevoli quando con tempo secco la temperatura può essere definita come fredda, fresca o mite.

Tablette climatologiche

Non esiste un'unica rappresentazione dei dati climatologici: molto dipende dalla loro applicazione. I grafici, come proposti nelle pagine precedenti a risoluzione giornaliera, mensile o annuale, illustrano efficacemente l'andamento di uno o più elementi meteorologici. Le cartine con la distribuzione di un elemento sul territorio, come i temporali a pagina 26, danno una visione d'insieme (o sinottica). Le tabelle forniscono invece i dati numerici per una serie di elementi e permettono una definizione quantitativa delle condizioni di una stazione.

Le tabelle 6 e 7 mostrano i valori climatologici per Locarno-Monti e per Piotta e permette di confrontare due stazioni poste a quote diverse e in due regioni geograficamente differenti. Gli elementi meteorologici sono elaborati per mese e anno con l'aggiunta degli estremi giornalieri della temperatura e delle precipitazioni, per ogni mese e per l'anno.

In base alle norme dell'Organizzazione meteorologica mondiale (OMM), l'elaborazione delle statistiche climatologiche dovrebbe comprendere un periodo di 30 anni. L'OMM definisce pure le date e il periodo di riferimento attualmente in vigore è il 1961-90, che segue il 1931-60 e 1901-30. Naturalmente è possibile utilizzare altri periodi di riferimento, ma un'elaborazione inferiore a 15-20 anni perde molta rappresentatività, in particolare per la frequenza e gli estremi.

fotoTi-press / Ely Riva



6 Tabella climatologica, Locarno-Monti, 379 m slm, periodo 1971-2000

Parametro		Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
Temp. media	°C	3,3	4,6	8,2	11,2	15,1	18,6	21,4	20,8	16,9	12,1	7,0	4,3	12,0
Temp. minima media	°C	0,8	1,6	4,4	7,2	11,1	14,2	16,9	16,6	13,3	9,0	4,3	1,7	8,4
Temp. massima media	°C	6,7	8,6	12,8	15,8	19,7	23,4	26,4	25,8	21,4	16,0	10,5	7,6	16,2
Temp. minima assoluta	°C	-10,1	-8,7	-8,8	-1,0	2,8	6,4	9,8	9,4	5,0	0,1	-3,6	-7,7	-10,1
Temp. massima assoluta	°C	21,9	20,8	26,4	26,9	29,6	33,2	37,3	34,0	30,9	27,8	21,0	20,3	37,3
Precip. medie	mm	87	66	117	185	205	198	181	202	228	202	126	79	1.876
Precip. minima	mm	–	2	2	1	47	20	4	34	6	7	1	2	1.404
Precip. massima	mm	263	243	368	688	515	523	452	688	691	687	492	169	2.747
Precip. massima giornaliera	mm	84	71	120	127	91	135	167	233	318	161	89	84	318
Giorni con pioggia (≥ 1 mm)	g	8	7	8	11	15	13	11	11	9	10	8	8	118
Soleggiamento medio	ore	127	140	181	191	185	218	255	239	190	155	123	122	2.124
Soleggiamento possibile	ore	223	247	334	373	408	401	411	395	344	293	227	210	3.866
Umidità media	%	65	61	55	60	67	65	63	66	71	75	70	66	65
Umidità minima	%	50	50	37	40	51	58	52	36	62	62	56	50	62
Umidità massima	%	83	73	70	77	80	75	71	76	79	86	81	78	68
Vento velocità media	m/s	1,0	1,3	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	1,4
Vento punta massima ass.	m/s	24,4	23,9	33,5	24,9	23,2	28,1	26,6	24,9	32,1	22,6	22,6	21,8	33,5
Radiazione globale (media g.)	kWh/m ²	1,46	2,27	3,48	4,18	4,80	5,74	5,97	5,21	3,65	2,27	1,46	1,17	3,47

7 Tabella climatologica, Piotta, 1.015 m slm, periodo 1981-2000

Parametro		Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
Temp. media	°C	-1,2	-0,1	3,6	6,5	11,0	14,4	17,1	16,6	12,9	8,1	2,7	-0,1	7,6
Temp. minima media	°C	-4,2	-3,8	-0,4	2,3	6,3	9,1	11,6	11,5	8,5	4,4	-0,2	-2,9	3,5
Temp. massima media	°C	2,2	4,2	8,2	11,0	16,0	19,9	22,8	22,3	17,9	12,8	6,2	3,0	12,2
Temp. minima assoluta	°C	-18,3	-16,3	-10,0	-5,3	-1,6	2,3	4,9	4,3	-0,9	-4,9	-10,6	-12,6	-18,3
Temp. massima assoluta	°C	13,7	16,0	20,4	21,9	37,4	30,3	32,8	30,8	27,4	48,8	18,5	17,1	48,8
Precip. medie	mm	76	60	77	144	155	143	130	124	183	163	111	76	1.443
Precip. minima	mm	0	7	7	1	20	31	20	53	11	7	13	13	784
Precip. massima	mm	218	216	222	556	525	357	289	310	502	580	456	183	2.005
Precip. massima giornaliera	mm	81	81	95	90	96	134	124	139	139	121	134	93	139
Giorni con pioggia (≥ 1 mm)	g	10	9	10	12	15	13	11	12	11	11	10	10	133
Soleggiamento medio	ore	30	107	166	154	146	177	205	197	159	121	50	8	1.520
Soleggiamento possibile	ore	77	193	301	340	366	353	365	355	313	245	119	19	3.046
Umidità media	%	72	67	61	62	66	65	65	68	72	76	72	71	68
Umidità minima	%	56	59	49	45	34	59	55	36	62	63	58	58	64
Umidità massima	%	83	75	72	77	77	74	71	78	80	84	86	82	71
Vento velocità media	m/s	2,2	2,4	2,9	3,1	2,9	3,1	3,1	2,8	2,4	2,1	2,3	2,3	2,6
Vento punta massima ass.	m/s	22,1	26,3	23,4	20,0	20,2	20,2	25,2	21,5	18,9	18,9	21,2	26,7	26,7
Radiazione globale (media g.)	kWh/m ²	0,82	1,99	3,33	4,05	4,35	5,07	5,30	4,58	3,34	2,04	1,00	0,54	3,03

L'andamento climatico nel recente passato

Il tempo del XX° secolo

La cronologia del tempo del XX° secolo sul versante sudalpino è costellata di numerosi eventi estremi o comunque particolari, a conferma della generale e tipica variabilità del clima della regione. Il numero di eventi estremi risulta più elevato nella seconda metà del secolo, quando, anche a causa della maggiore urbanizzazione del territorio, i danni economici sono stati più importanti. Escluse le eccezionali nevicate del 1951 e le alluvioni dello stesso anno, i tre decenni 1930, '40 e '50 risultano i più tranquilli del secolo, mentre vi è stata una netta impennata soprattutto dei casi con forti precipitazioni a partire dalla fine degli anni '70.

Considerando solo i valori medi dei diversi elementi meteorologici, il versante sudalpino appare invece come una regione dal clima molto gradevole, con molto sole in tutte le stagioni, temperature miti d'inverno e non troppo calde d'estate, accompagnate da precipitazioni cospicue, comunque limitate a un numero ristretto di giorni dell'anno (meno di un terzo).

L'analisi dei singoli elementi meteorologici nel corso del secolo (analizzando i valori annuali, stagionali e per decennio, per le stazioni di Locarno-Monti e di Lugano) mostra in generale un andamento abbastanza ciclico con un'ampiezza tra 5 e 15 anni.

La temperatura media segna comunque una generale tendenza al rialzo, quantificabile in circa 1 grado dall'inizio del secolo. Il rialzo più massiccio (circa 0,5 gradi) ha avuto luogo negli ultimi 15 anni. Altri periodi caldi, con rapido innalzamento della temperatura, hanno avuto luogo negli anni '20 e '40. I periodi più freddi si sono invece verificati alla fine del secondo decennio e negli anni '30. Le stagioni non hanno tutte avuto una tendenza uguale: l'inverno mostra il rialzo di temperatura più marcato, l'autunno l'andamento più stabile e la primavera e l'estate presentano le variazioni più ampie.

Le precipitazioni annuali non mostrano una tendenza marcata, se non per una certa diminuzione negli ultimi 30 anni nelle regioni meridionali. Ovunque spicca il decennio 1940-49 per i quantitativi ridotti. A livello regionale invece, l'andamento è più differenziato tra Sopra e Sottoceneri. A livello stagionale risalta un netto calo delle precipitazioni primaverili a partire dalla seconda metà degli anni '80.

Dopo aver raggiunto il massimo negli anni '40, il soleggiamento segna un calo quasi continuo nella seconda metà del secolo, con la diminuzione più marcata in estate (in media quasi un centinaio di ore in meno). In inverno, il soleggiamento sembra invece costante, o persino con lieve tendenza al rialzo.

A basse quote, gli anni dal 1976 al 1986 sono risultati i più ricchi di neve, dal 1987 al 1999 i più poveri, mentre l'innevamento più

regolare ha avuto luogo tra il 1960 e il 1976.

A livello mondiale, nel XX° secolo, l'umanità ha dovuto fare i conti con numerose catastrofi meteorologiche (siccità, tempeste, alluvioni ecc.) o eventi estremi indirettamente dovuti al tempo (carestie, incendi, migrazioni ecc.). L'aumento della popolazione in questo secolo è stato impressionante: da circa 1 miliardo e 600 milioni di persone all'inizio del secolo siamo passati a circa 6 miliardi e 125 milioni alla fine del 2000, con una pressione sempre maggiore sull'ecosistema.

Le attività umane non hanno solo ripercussioni dirette sul territorio, ma portano pure a delle profonde modifiche dell'atmosfera. Nel corso del XX° secolo il tasso di anidride carbonica e di altri gas a effetto serra (metano, ozono, CFC ecc.) è massicciamente aumentato, contribuendo al rialzo di circa 1 grado della temperatura dell'atmosfera nella fascia temperata e di parecchi gradi nelle regioni polari, oltre ad aumentare il contenuto energetico dell'atmosfera. Le ripercussioni sul tempo di questo riscaldamento non sono facilmente prevedibili ma saranno sicuramente di lunga durata, vista la notevole persistenza nell'atmosfera dei gas a effetto serra. I climatologi dei maggiori centri di ricerca identificano negli eventi dell'ultimo decennio (El Niño, uragani, tornadi, siccità intense, ecc.) i primi segni di un cambiamento del tempo verso condizioni più estreme.



1951, valanghe e alluvioni

Il 1951 rappresentò l'anno con le maggiori calamità naturali del XX° secolo per il Ticino e per la regione alpina in generale. L'anno iniziò con nevicate eccezionali che causarono centinaia di valanghe catastrofiche con numerose vittime e ingenti perdite di beni.

In Ticino, l'estate fu caratterizzata da violentissimi temporali, mentre in autunno abbondanti e prolungate precipitazioni portarono a estese alluvioni e all'esonazione del Ceresio e del Verbano.

Airolo e Lugano (Croce Rossa, 1953)

	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giù.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
Locarno-Monti¹													
Temperatura (°C)													
Media	2,9	4,3	7,9	11,4	15,4	19,0	21,2	20,5	17,1	12,0	7,0	3,9	11,8
Max	(²¹) 6,2	(⁹⁸) 8,2	(⁹⁴) 12,4	(⁴⁹) 14,4	(²⁰) 18,3	(⁷⁶) 21,5	(²⁸) 24,7	(⁹¹) 24,2	(⁶¹) 20,0	(⁹⁵) 14,6	(⁹⁴) 9,9	(⁷⁴) 7,2	(⁹⁴) 13,3
Min	(⁴⁵) -0,9	(⁵⁶) -1,2	(⁰⁹) 4,7	(⁸⁶) 8,4	(⁸⁴) 11,1	(³³) 16,7	(¹⁹) 18,7	(¹²) 17,3	(⁷²) 13,3	(⁷⁴) 8,4	(¹⁹) 4,7	(⁴⁰) 0,2	(⁴¹) 10,6
Precipitazioni (mm)													
Media	66	70	114	169	209	192	190	212	209	195	148	85	1.859
Max	(⁹⁴) 278	(⁵¹) 342	(¹⁶) 428	(⁸⁶) 712	(⁰³) 513	(⁸⁷) 529	(³⁶) 468	(⁷⁷) 688	(⁶⁵) 750	(⁹³) 716	(²⁶) 596	(¹⁰) 362	(⁶⁰) 3.035
Min	(div.) -	(div.) -	(div.) -	(⁵⁵) -	(¹⁹) 5	(²⁵) 6	(⁸⁴) 3	(³⁶) 23	(⁷⁸) 5	(div.) -	(⁸¹) 1	(²¹) 1	(²¹) 875
Soleggiamento (ore)													
Media	129	146	185	198	206	240	278	253	196	159	119	119	2.230
Max	(⁸⁹) 194	(⁴⁹) 227	(⁶¹) 304	(⁹⁷) 312	(⁵³) 314	(⁴⁵) 328	(⁴⁵) 341	(³³) 325	(⁷⁸) 261	(⁶⁹) 235	(⁸¹) 192	(⁴¹) 188	(⁴⁵) 2.742
Min	(⁷²) 50	(⁷²) 42	(⁶⁴) 101	(⁸⁶) 77	(⁸⁴) 98	(⁹²) 129	(³⁶) 198	(⁶⁸) 194	(⁸¹) 117	(⁸⁷) 72	(⁴¹) 63	(⁵⁰) 61	(⁷²) 1.832
Lugano													
Temperatura (°C)													
Media	2,3	3,8	7,6	11,3	15,4	19,1	21,5	20,8	17,3	12,2	6,9	3,4	11,8
Max	(⁸⁸) 4,8	(⁹⁰) 7,1	(⁹⁴) 11,6	(⁴⁹) 14,5	(²⁰) 18,5	(⁷⁶) 21,6	(²⁸) 25,3	(⁹¹) 24,3	(⁶¹) 20,6	(⁴⁹) 14,6	(⁹⁴) 10,1	(⁵³) 6,2	(⁹⁴) 13,4
Min	(⁴⁵) -1,0	(⁵⁶) -1,3	(⁰⁹) 4,4	(¹⁷) 9,1	(⁸⁴) 11,5	(³³) 16,3	(¹⁰) 18,5	(¹²) 17,9	(¹²) 13,2	(⁰⁵) 8,4	(¹⁹) 4,1	(⁴⁰) 0,2	(¹⁷) 10,6
Precipitazioni (mm)													
Media	66	66	111	157	198	184	164	180	170	170	131	81	1.678
Max	(⁷⁸) 306	(⁵¹) 293	(¹⁶) 355	(⁸⁹) 527	(³²) 519	(⁶³) 444	(⁰¹) 376	(⁷⁷) 489	(⁹⁴) 461	(²⁸) 550	(²⁶) 530	(¹⁰) 352	(⁶⁰) 2.787
Min	(div.) -	(div.) -	(div.) -	(⁵⁵) -	(¹⁸) 8	(⁴⁵) 31	(⁸⁴) 9	(⁹¹) 11	(²⁹) 7	(⁶⁹) -	(⁸¹) 1	(⁸⁶) 1	(²¹) 848
Soleggiamento (ore)													
Media	121	138	169	175	194	231	267	248	188	148	110	106	2.094
Max	(⁸⁹) 187	(⁰⁸) 218	(⁶¹) 280	(⁹⁷) 298	(¹⁹) 289	(⁴⁵) 321	(⁴⁵) 340	(⁰⁶) 338	(⁰⁶) 266	(²¹) 234	(²²) 187	(⁴¹) 172	(⁴⁵) 2.591
Min	(⁷²) 35	(⁷²) 34	(²⁸) 55	(¹⁸) 57	(⁸⁴) 84	(⁵³) 131	(³²) 202	(⁶⁸) 169	(⁸¹) 119	(²⁰) 71	(⁴¹) 54	(⁵⁰) 47	(⁷²) 1.679

¹ A Locarno-Monti il soleggiamento viene rilevato dal 1931.



Morene terminali del Ghiacciaio di Caveragno (a fianco del Ghiacciaio del Basodino). I valli moreniche più alti risalgono alla metà del XIX° secolo, quelli più bassi, e che in parte invadono il piano, all'inizio del XV° secolo.

T Temperatura decennale¹



¹ Temperatura a Locarno-Monti, media per decennio, 1871-2000.

Analisi delle serie lunghe

L'analisi delle serie lunghe dà la possibilità di seguire nel tempo l'evoluzione del clima di un dato luogo. La disponibilità per alcune stazioni svizzere di circa 150 anni di rilevamenti strumentali effettuati in maniera abbastanza uniforme permette un'elaborazione diretta, anche se i dati devono subire un'omogeneizzazione per tener conto del cambiamento della strumentazione e di eventuali spostamenti della stazione. Una delle difficoltà nel-

le elaborazioni delle serie lunghe consiste nella scelta dell'elemento significativo e di un'adeguata rappresentazione grafica. Spesso ai dati originali viene aggiunta una lisciatura per meglio evidenziare le oscillazioni del parametro. Per la presente pubblicazione è stata preferita la rappresentazione dei dati con valori medi decennali, che sembra indicare bene l'andamento medio dell'elemento.

Per illustrare l'andamento del clima in Ticino negli ultimi 50-150 anni, sono rappre-

sentati solo alcuni tra i parametri e le stazioni a disposizione, a cui si aggiungono anche i grafici R e S di pagina 28 e 29. Un'elaborazione più estesa dei dati seguirà in una pubblicazione del Centro meteorologico.

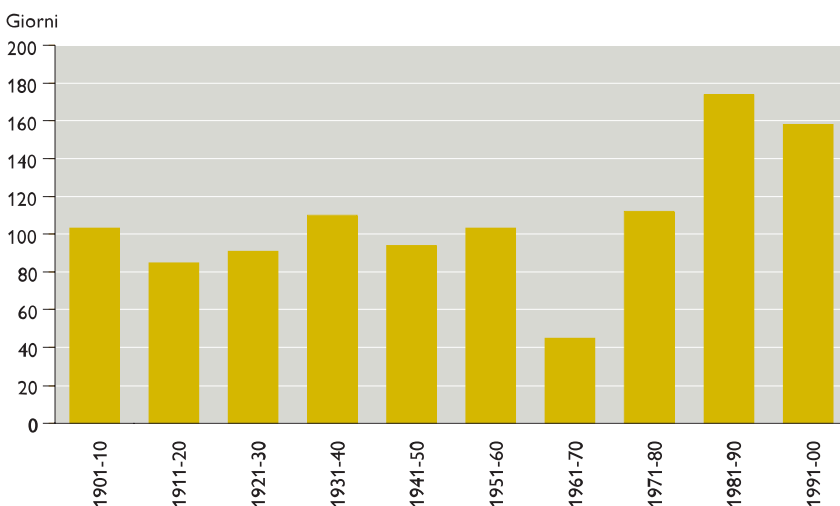
Con la temperatura a Locarno-Monti del grafico T, si vuole illustrare l'andamento termico generale in Ticino a basse quote. Gli ultimi decenni del 1800 e i primi del 1900 mostrano oscillazioni contenute; gli anni '20 (dei quali si ricorda la lunga siccità del 1921-22) segnano invece un primo picco di caldo, ripetuto negli anni '40, quest'ultimi caratterizzati da estati molto calde e da alcune importanti siccità. Dopo un calo generale della temperatura per parecchi anni (febbraio estremamente freddo nel 1956, lago di Zurigo gelato nel 1963), la temperatura ha subito un costante e ripido rialzo. Il decennio 1991-'00 è così stato circa un grado più caldo rispetto all'inizio del secolo. In montagna, l'andamento della temperatura è stato simile, con il riscaldamento degli ultimi due decenni ancora più accentuato.

Nella ricerca delle cause, o delle conseguenze, del rialzo di temperatura, nei due decenni più caldi si è potuto constatare un netto aumento dei periodi anticiclonici invernali (definiti come periodo di almeno 3 giorni consecutivi con pressione ridotta al livello del mare di almeno 1028 hPa, tra il 15 novembre e il 15 marzo).

Le conseguenze dei cambiamenti termici risultano evidenti sulla vegetazione: dagli anni '50 la primavera è anticipata in media di ca. 15 giorni e l'autunno ritardato di alcuni giorni (Defila e Clot, 2001).

Il grafico W mostra invece l'altezza media della neve fresca cumulata a Lugano per decennio (sommando cioè tutte le misure della neve caduta giornalmente). Le differenze tra il decennio più nevoso e quello meno nevoso sono estreme, passando da una media di ca. 60 cm di neve per inverno a soli 7! Nell'ultimo decennio la scarsità di neve è dovuta sia alla temperatura invernale di circa 2 gradi più elevata che all'inizio del secolo, sia all'alta frequenza di giorni anticiclonici, cioè secchi.

U Giorni anticiclonici¹



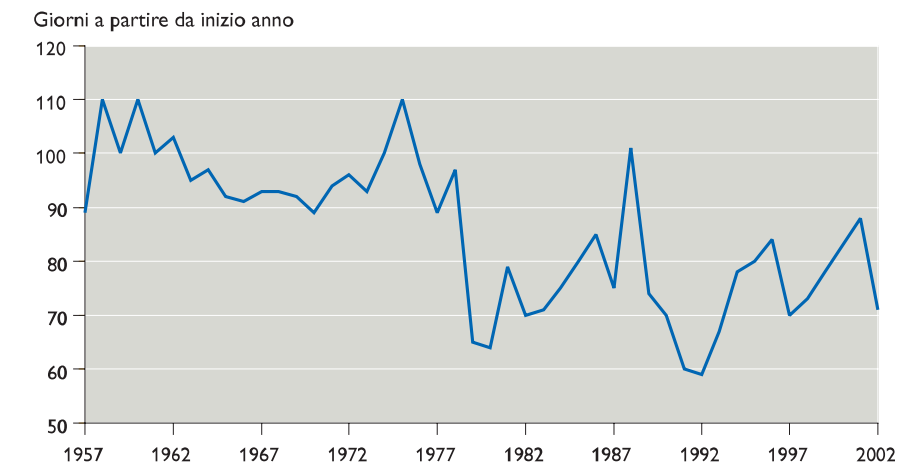
¹ Giorni anticiclonici (con pressione di almeno 1.028 hPa per almeno 3 giorni consecutivi), a Lugano, in inverno (15 novembre-15 marzo). Somma per decennio, 1901-2000.

«Dopo un calo generale di parecchi anni, la temperatura ha subito un costante e ripido rialzo. Il decennio 1991-'00 è così stato di ca. un grado più caldo rispetto all'inizio del secolo.»

La storia della meteorologia in Ticino

La storia della meteorologia in Ticino è strettamente legata alle città di Lugano e Locarno, anche se la serie di misurazione più vecchia è detenuta dal Passo del San Gottardo, sul quale, tra il 1781 e il 1792, la *Societas Meteorologica Palatina* eseguì i rilievi della temperatura 3 volte al giorno. Le misurazioni furono in seguito riprese nel 1864 ma cessarono nel 1970.

I primi rilevamenti della temperatura a Lugano furono eseguiti già verso la fine del 1700 dal pastore zurighese Hans Rudolf Schinz. Più tardi, nella prima metà dell'800, le condizioni meteorologiche rilevate a mezzogiorno furono pubblicate per alcuni anni sul foglio ufficiale del Canton Ticino. A partire dal 1856, il professor Giovanni Cantoni (primo direttore del Liceo) effettuò osservazioni e misurazioni più volte al giorno, e nel 1863, su incarico della Commissione Meteorologica Svizzera, il professor Ferri installò una stazione nell'orto del Liceo, eseguendo le osservazioni e le misurazioni secondo le direttive date dalla Commissione.



¹ Giorno dopo l'inizio dell'anno di fioritura dell'anemone bianca a Prato Sornico, 1957-2002.

Nella seconda metà dell'800 a Lugano insegnarono illustri professori di scienze naturali che si presero a cuore le osservazioni meteorologiche e diedero un impulso significativo alla meteorologia e alla climatologia in Ticino. Il professor Ferri per esempio pubblicò approfondite analisi meteorologiche e climatologiche di Lugano (Ferri, 1889).

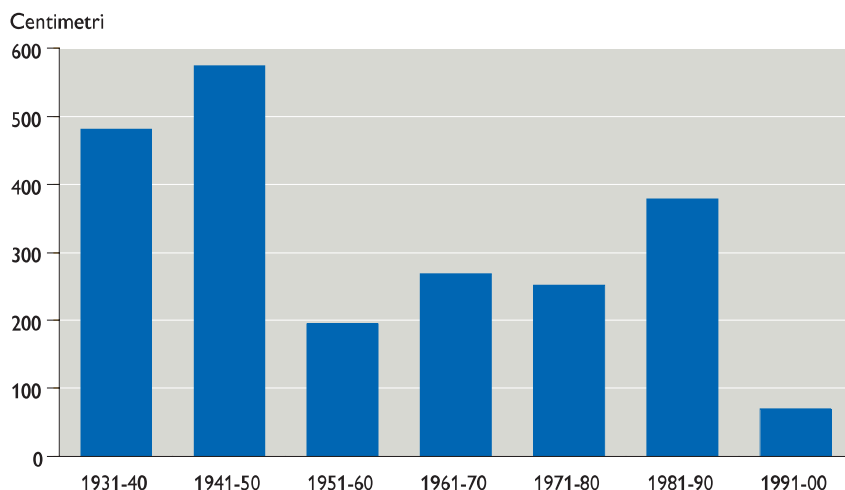
Dopo il 1863 vennero installate altre stazioni, in particolare lungo l'asse principale di comunicazione nord-sud attraverso il Ticino, spesso facendo capo alla Gotthard Bahn. Nel 1864 fu pure istituita la stazione di rilevamento di Locarno-Muralto,

Con la creazione dell'*Osservatorio bioclimatico e geofisico* a Orselina, seguita dall'istituzione dell'*Osservatorio Ticinese*, a poco a poco la stazione di misurazione principale divenne Locarno-Monti e le ricerche meteorologiche e climatologiche si spostarono da Lugano a Locarno.

All'inizio, la ricerca meteorologica in Ticino fu essenzialmente finalizzata a dimostrare le qualità del clima sudalpino per scopi terapeutici (Kornmann, 1924). Dei presunti o reali effetti benefici del clima insubrico, in particolare per le malattie croniche legate alle vie respiratorie (soprattutto tubercolosi), sono testimoni i numerosi centri di cura e di riabilitazione sorti nella fascia collinare (Orselina, Agra e Cademario).

Al Centro meteorologico la ricerca assunse un indirizzo più fisico e meno biomedico, all'inizio soprattutto nell'ambito della radiazione solare e delle proprietà fisiche ed elettriche dell'aria. Dopo la Seconda guerra mondiale, fu intrapresa una lunga campagna di lotta anti-grandine finalizzata alla protezione delle colture di tabacco, che portò a un approfondito studio della fisica delle nubi (Thams et al., 1966). In seguito, le ricerche si concentrarono sulla creazione di strumentazione automatica e negli ultimi decenni del XX° secolo sull'utilizzo delle nuove tecniche di rilevamento, quali radar (Joss et al., 1996) e satelliti. Le ricerche meteorologiche di base furono sempre accompagnate da ricerche finalizzate alle previsioni e da un'analisi climatologica dei dati rilevati dalle stazioni della Svizzera Italiana per definire i parametri e le grandezze che caratterizzano il clima sudalpino (Ambrosetti, 1991).

W Cumulo neve fresca¹



¹ Cumulo della neve fresca (misura ogni 24 ore) per decennio, a Lugano, 1931-2000.

«Le conseguenze dei cambiamenti termici risultano evidenti sulla vegetazione: dagli anni '50 la primavera è anticipata in media di ca. 15 giorni e l'autunno ritardato di alcuni giorni.»

**Il clima di Lugano nei 25 anni dal 1864 al 1888,
di Giovanni Ferri, professore al Liceo cantonale (estratto)**

[...] "La frequenza dei venti fu determinata sommando il numero delle volte che fu osservata la ventola che indicava all'anemometro intensità da 1 a 4; quindi calcolando il rapporto per ogni mille osservazioni della stessa ventola nel dato mese. Ho anche determinato le medie durate dei singoli venti in ore per ogni mese. La forza media di ciascun mese l'ho dedotta dividendo la somma delle osservazioni d'un dato vento, contato ogni volta colla intensità rispettiva, per la somma del numero semplice delle osservazioni di quel vento.

[...] Per ottenere anche un'indicazione intorno alle correnti locali che avvengono nelle diverse ore del giorno, ho calcolato per ciascun ora di osservazione il numero per cento di volte che la ventola fu osservata in ciascuna delle otto principali direzioni pur essendo la forza nulla e non tenendo conto della intensità... Dalla ispezione della tabella dei venti risulta che il mese di maggior calma è gennajo, seguono poi dicembre e febbrajo. Invece la maggior frequenza dei venti avviene in aprile, poi maggio e marzo, mentre la maggior durata ed intensità si verifica avantutto in marzo, poi in aprile ed in maggio. La corrente dominante e che presenta anche la maggiore intensità è quella che viene dal NE, tendente al nord. La corrente del SE tendente al sud, cosiddetta *brevia del lago*, acquista un certo peso nel quadro della frequenza dei venti dal mese di marzo all'ottobre, ma con debole intensità.

[...] Dalle indicazioni dei termografi minima e massima ho dedotto le estreme diurne normali per i diversi mesi e per l'anno; quindi la normale variazione diurna di temperatura in Lugano, che espongo nel seguente quadro, in cui registro anche le temperature estreme osservate nei 25 anni.

[...] La quantità d'acqua raccolta al pluviometro fu massima nel mese di settembre, seguono poi ottobre e giugno. Invece la minima si ebbe in febbrajo e gennajo. Se si ha riguardo alla durata, i mesi di aprile

e novembre diedero il maggior numero d'ore di pioggia, luglio e agosto il minor numero, poi febbrajo. Così l'acqua raccolta per ora di durata riuscì massima dal luglio al settembre e minime dal dicembre al febbrajo. Come si vede l'abbondanza con cui cade la pioggia aumenta con la temperatura, questa facendo aumentare la quantità del vapore che la cattura. Però le epoche delle grandi cadute d'acqua sono settembre ed ottobre, per la maggior persistenza aprile e maggio.

[...] *Conclusioni:* La serie di osservazioni continuate regolarmente all'Orto del Liceo di Lugano dal 1863 al 1888 ci permette di riguardare le medie ottenute come molto prossime alle normali e di formarci un criterio abbastanza sicuro dell'andamento del clima e delle deviazioni medie ed estreme che può presentare rispetto alle normali calcolate.

Benché a Lugano la frequenza dei venti sia piccola, pure vi succede una ventilazione locale igienica ed assai gradevole, specialmente nelle ore più calde dell'estate.

La temperatura vi è alquanto mite; la presenza delle acque del lago le impedisce inoltre di variare troppo nel corso del giorno e dell'anno, non ostante lo stato del cielo frequentemente sereno, che facilita nella notte la irradiazione.

Le nebbie sono quasi sconosciute in Lugano e le piogge, benché abbondanti tengono epoche quasi periodiche, comuni a tutto il versante meridionale delle Alpi.

La neve nell'inverno è raramente duratura. Benché sia registrata dal novembre al marzo, pure si può dire che il solo gennajo suol dar neve in quantità rimarchevole quantunque anche in questo mese spesso manchi o vi figuri in piccolissima quantità. Siccome la temperatura normale non discende al disotto di più 1°,0, anche nelle pentadi più fredde, così avviene soventi volte nell'inverno che la poca neve caduta, in breve tempo si discioglie e scompare".

Aurora Boreale, 26 gennaio 1938

Comunicazione dell'Osservatorio Ticinese della Centrale Meteorologica Svizzera. Martedì sera, dopo le venti, venne osservato, nella Svizzera meridionale, nell'Italia settentrionale e nell'Europa nordalpina il meraviglioso fenomeno dell'aurora boreale, consistente in una intensa colorazione rosso purpurea dell'orizzonte settentrionale con singoli fasci chiari. Questa luce purpurea, di carattere tranquillo, ha migrato da est ad ovest, scomparendo e riapparendo di nuovo. Il fenomeno di rarissima visibilità nelle nostre regioni, venne riscontrato ancora verso la mezzanotte.

Le aurore boreali hanno la loro origine nelle radiazioni catodiche provenienti dal sole e penetranti, presso i poli terrestri, nella nostra atmosfera. Essi rendono luminosi i più alti strati atmosferici, la cui densità è minima. Tali radiazioni boreali vennero constatate - con misurazioni fotogrammetriche - persino a 750 km di altezza della superficie della terra, la loro maggior frequenza sta però tra i 70 e i 140 km.

Mesi	MEDIE DELLE		VARIAZ. DIURNE			ASSOLUTE			
	min.	mass.	med.	mass.	anno	min.	anno	mass.	anno
I	-1.5	6.5	8.5	19.5	88	-10.5	87	18.5	88
II	0.5	9.5	9.5	19.7	88	-9.5	64	21.5	67
III	2.7	12.5	9.5	22.5	74	-6.5	83	27.5	74
IV	6.7	16.5	10.5	22.7	67	-1.5	65	28.7	67
V	10.5	20.5	10.5	20.5	69	2.5	87	32.5	68
VI	13.5	24.5	11.1	18.5	74	5.5	69	34.5	72
VII	16.5	27.5	11.5	18.5	70	9.5	88	36.1	70
VIII	15.5	26.7	11.2	18.5	81	7.5	64	35.5	81
IX	12.5	23.1	10.5	17.5	67	4.5	85	32.5	67
X	7.5	16.5	9.5	18.5	83	-3.5	69	25.5	66
XI	2.5	11.5	8.5	18.5	81	-5.5	72	23.5	81
XII	-0.5	7.5	7.5	17.5	66	-11.5	79	21.5	73
A	7.1	16.5	9.5	22.5	74	-11.5	79	36.5	70

Cambiamento globale e possibili scenari futuri

Nel 1988 l'Organizzazione Meteorologica Mondiale e il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente hanno fondato l'*Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC), che raggruppa esperti internazionali per lo studio dell'evoluzione del clima, riconoscendo così che il cambiamento climatico può avere ripercussioni a livello globale. Regolarmente l'IPCC pubblica aggiornamenti e approfondimenti sullo stato delle conoscenze del clima.

Dai suoi rapporti risulta che il cambiamento climatico in atto è generale, anche se le conseguenze possono essere diverse da regione a regione. Nel XX° secolo, la temperatura media dell'emisfero nord è probabilmente aumentata più che in qualsiasi altro periodo degli scorsi 1.000 anni. Il rialzo è avvenuto in due tappe, dal 1910 al 1945 e a partire dal 1975. Con buona probabilità, gli anni '90 sono stati il decennio più caldo e il 1998 l'anno più caldo del millennio. Le precipitazioni sono aumentate alle latitudini medie e alte, mentre le superfici innevate e ghiacciate sono diminuite di ca. il 10%. Lo spessore della banchisa artica si è ridotto del 40% in 50 anni. Parallelamente all'aumento delle precipitazioni, vi è pure stato un aumento dell'umidità dell'aria e della copertura nuvolosa (qualche per cento). Il rialzo di temperatura degli ultimi 50 anni è da attribuire per la maggior parte alle emissioni causate dalle attività umane, che hanno portato a un sensibile aumento dei gas a effetto serra (in particolare anidride carbonica, metano e ossidi d'azoto). I modelli climatici non riescono a simulare l'evoluzione della temperatura degli ultimi decenni senza introdurre l'aumento di questi gas.

L'aumento dei gas a effetto serra modifica l'atmosfera e di conseguenza il bilancio radiativo della terra. La concentrazione di anidride carbonica e di metano non è mai stata così elevata da oltre 400.000 anni e un aumento così rapido del tasso di CO₂ come

quello avuto nell'era industriale non è mai stato riscontrato negli ultimi 20.000 anni. Il 75% delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera degli ultimi 20 anni è riconducibile alla combustione di combustibili fossili, mentre il resto è attribuibile al disboscamento delle foreste tropicali e pluviali e al diverso utilizzo del suolo (IPCC, 2001).

Il rialzo della temperatura nel XX° secolo in Svizzera è stato superiore alla media dell'emisfero settentrionale, un fenomeno dovuto al fatto che il riscaldamento è in generale più forte sui continenti che sull'oceano e probabilmente anche alla diminuita superficie ricoperta da ghiaccio e alla minore presenza di neve che modificano l'assorbimento della radiazione solare (minore riflettività). In cento anni l'aumento di temperatura è stato calcolato in 1,3°C per la Svizzera orientale, 1,6°C per quella occidentale e 1,0°C per il versante sudalpino. Gli effetti più vistosi di questo riscaldamento sono stato la massiccia perdita di lunghezza e di volume dei ghiacciai alpini, la scomparsa totale di molti piccoli ghiacciai e il minor innevamento a basse quote.

I cambiamenti climatici indotti dalle attività umane si estenderanno per parecchi secoli e per stabilizzare ed in seguito diminuire il tasso di CO₂ atmosferico bisognerà ridurre le emissioni a una frazione dei valori attuali.

L'IPCC ha sviluppato numerosi scenari sull'evoluzione del clima nel XXI° secolo, in base a differenti soglie di immissione. Per la temperatura, sull'emisfero nord gli scenari minimi e massimi mostrano un aumento da 1,4 a 5,8°C per la fine del 2100, con un innalzamento del livello del mare da 9 a 88 cm. Pure le precipitazioni tenderebbero ad aumentare.

Sulla regione alpina, la temperatura più alta potrebbe avere molteplici conseguenze. Innanzitutto il rialzo non sarà uniformemente ripartito nel corso del secolo e nel corso delle stagioni, ma più verosimilmente vi sarà una frequenza maggiore di periodi molto caldi, di cui l'estate 2003 potrebbe rappresentare un esempio.

Vista la posizione della Svizzera a metà circa tra l'equatore e il polo, un generale rialzo della temperatura non esclude a priori invasioni di aria molto fredda come è stato il caso a metà degli anni '80. Nelle Alpi, temperature più elevate significano un'ulteriore diminuzione dei ghiacciai e del permafrost, un rialzo del limite delle neviccate e una generale modifica del regime idrico e della stabilità dei versanti a causa dell'isoterma di zero gradi più elevata. I modelli climatici per le Alpi indicano pure un certo aumento delle precipitazioni, anche in questo caso non ripartite uniformemente nel corso dell'anno, ma piuttosto sotto forma di precipitazioni più intense rispetto all'oggi e di periodi piovosi più lunghi. Infatti un'atmosfera più calda può contenere maggiore umidità e maggiore energia. Ciò potrebbe significare maggiori alluvioni ed esondazioni, e temporali più forti, per esempio con più temporali. Anche d'inverno le precipitazioni potrebbero risultare più abbondanti e portare neviccate più abbondanti in quota, oltre il limite del bosco, dove un accresciuto accumulo di neve potrebbe provocare un aumento della frequenza e delle dimensioni delle valanghe. Analogamente alla temperatura, anche un aumento delle precipitazioni non significherebbe necessariamente una diminuzione dei periodi asciutti; anzi, anche questi potrebbero diventare più accentuati con ripercussioni sull'approvvigionamento idrico e sulla frequenza di incendi.

I cambiamenti della circolazione atmosferica generale indotti dal rialzo della temperatura potrebbero pure portare a un aumento delle tempeste invernali del tipo Lothar che ha investito la Svizzera nordalpina nel 1999 (OcCC, 2002 e 2003, Bader, 1998).

Le conseguenze sociali, ambientali ed economiche di un riscaldamento così massiccio come paventato per la fine del secolo sono ancora difficili da prevedere ma potrebbero avere un impatto sconvolgente sulla vita a livello mondiale.

«Sulla regione alpina, il rialzo della temperatura non sarà uniformemente ripartito nel corso del secolo e delle stagioni, ma i periodi molto caldi saranno verosimilmente più frequenti: l'estate 2003 potrebbe rappresentare un primo esempio.»

Conclusioni

L'analisi del clima ticinese mostra le molte sfaccettature presenti nel Cantone, dovute in primo luogo alla sua posizione geografica, a ridosso delle Alpi e aperto verso sud. La regione alpina, posta quasi al centro dell'Europa, risente direttamente degli influssi delle correnti dei quattro punti cardinali, dei tre mari che circondano l'Europa e dell'entroterra europeo. Il fattore dell'altitudine determina in seguito un'ulteriore differenziazione del clima; a questo fattore si aggiungono gli influssi locali come la presenza dei laghi Verbano e Ceresio. Infine, a scala ancora più ridotta si fanno sentire gli effetti dell'orografia. Non si può quindi parlare di un clima *ticinese*, se non in senso molto ampio. Vengono invece identificate con il termine di *clima insubrico* le condizioni delle regioni dei laghi prealpini svizzeri e italiani (per il Ticino sono presi come riferimento la stazione di Locarno-Monti e di Lugano). Il nord del Ticino fa parte del clima genericamente definito *alpino*, nel quale si possono comunque riscontrare forti variazioni, basti pensare alla barriera meteorologica costituita dalla cresta principale delle alpi. In un precedente lavoro di elaborazione dati (Spinedi, 1991) sono state proposte delle suddivisioni generali in base a fasce di temperatura e in base al contesto orografico.

Il Ticino gode così di un clima variato e generalmente ben sopportabile dall'organismo, a parte brevi periodi di tempo caldo e afoso, riscontrabili quasi esclusivamente in pianura. Le fasi fredde sono molto contenute con valori che scendono sensibilmente sotto zero solo per periodi molto brevi. Un elemento, non prettamente meteorologico, che però incide sulla qualità del clima è l'inquinamento atmosferico, sia importato, sia prodotto in loco. Le condizioni meteorologiche sono infatti spesso tali (inversioni termiche) da impedire un efficace rimescolamento e la conseguente diluizione l'inquinamento. Soltanto con l'arrivo di correnti da

nord o di precipitazioni, l'aria viene efficacemente ricambiata e pulita.

L'analisi delle serie storiche permette una visione dell'andamento del clima nel passato e una certa estrapolazione grossolana per il futuro. L'incognita è però costituita dagli effetti che il riscaldamento globale potrà avere a medio e lungo termine sul clima del Ticino. Per esempio, un ulteriore rialzo delle temperature invernali potrebbe costituire una certa attrattiva del Ticino come luogo di villeggiatura anche d'inverno; dall'altra parte limiterebbe ulteriormente l'esercizio degli sport invernali. In generale, per la regione alpina e di conseguenza anche

per il Ticino, le proiezioni del clima nei prossimi decenni ipotizzano delle condizioni più estreme, vista anche la maggior energia che l'atmosfera può contenere con temperature più elevate, con un aumento degli eventi di precipitazioni intense ma anche dei periodi di forte siccità. Ciò significherebbe un'accresciuta sollecitazione della popolazione e dell'ambiente in generale.



Bibliografia

Alippi T. (1930), *La previsione del tempo*, Nicola Zanichelli editore, Bologna

Ambrosetti F. (1971), *Il clima del Ticino*, Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali.

Ambrosetti P. (1991), *Ricerca sulle serie climatologiche secolari in Svizzera: risultati e prospettive*, Memorie della Società geografica Italiana.

Ambrosetti P. e Boffa G. (1991), *Inquinamento atmosferico invernale nel Ticino: effetti di trasporto orizzontale*, Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali, anno LXXIX, Lugano.



Amministrazione Isole di Brissago (1985), *1985-1950-1985 le Isole di Brissago*, Amministrazione delle Isole di Brissago e Parco Botanico del Cantone Ticino.

Aristotele, (1962), *Meteorologica*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Bader S. e Kunz P., (1998), *Klimarisiken – Herausforderung für die Schweiz*. Wissenschaftlichen Schlussbericht NFP 31, Hochschulverlag, Zurigo.

Bernacca E. & Ferrari C. (1972), *Meteorologia nella scienza, nel folklore, nell'arte*, Istituto geografico De Agostani, Novara.

Cantù V. (1983), *Ferdinando II de' Medici creatore della meteorologia moderna*, Atti della fondazione Giorgio Ronchi, Firenze, XXXVIII, no. 5-6.

Centro didattico cantonale, *Il tempo nella saggezza popolare. Antologia dei detti e dei proverbi dialettali del Ticino*, Quaderni di documentazione no. 11, Massagno.

Croce Rossa Svizzera (1953), *Valanghe 1951*, Croce Rossa Svizzera.

Defila C. e Clot B. (2001), *Phytophenological trends in Switzerland*, International Journal of Biometeorology, no. 45.

Ferri G. (1889), *Il clima di Lugano nei venticinque anni dal 1864 al 1888*, Stamperia Jent & Reinert.

IPCC (2001), *Climate Change 2001: Synthesis Report*, Cambridge University Press, Cambridge.

Joss J., Cavalli R., Della Bruna G. e Galli G. (1996) *Radar Monte Lema: uso per nowcasting e applicazioni ideologiche*, Atti del simposio *La politica della scienza* di Stefano Francini, Monte Verità, Società ticinese di scienze naturali e Fondo nazionale Svizzero per la ricerca scientifica.

Kappenberger G. e Kerkmann J. (1997), *Il tempo in montagna*, Zanichelli, Bologna.

Knowles Middleton W. (1969), *Invention of the Meteorological Instruments*, John Hopkins Press, Baltimore.

Kornmann F. (1924), *Das Klima Lugano's. Seine ärztliche Indikationen und Kontrain-*

dikationen, Paul Haupt Verlag, Bern.

Lepori B. *Il clima, gli ambienti naturali e la società*. Sintesi del Programma nazionale di ricerca 31, Fondo nazionale svizzero per la ricerca scientifica e Ufficio degli studi universitari.

Museo cantonale di storia naturale (1990), *Introduzione al paesaggio naturale del Cantone Ticino*, Dipartimento dell'Ambiente, Bellinzona.

OcCC (2002), *Le climat change, en Suisse aussi*, Organe consultatif sur les changements climatiques, Berna.

OcCC (2003), *Extremereignisse und Klimaänderung*, Organe consultatif sur les changements climatiques, Berna.

Oppizzi N. e Spinedi F. (1999), *Ricerche termogrometriche nelle cantine di Cevio*, Museo di Cevio.

Osservatorio ticinese (1985), *L'Osservatorio ticinese dell'Istituto svizzero di meteorologia Locarno-Monti*, Opuscolo commemorativo del 50° di fondazione.

Pinna, M. (1987), *Climatologia*, UTET, Torino.

Rosini E. (1988), *Introduzione all'agroclimatologia*. Parte prima, E.R.S.A., Servizio meteorologico regionale, Bologna.

Spinedi F. (1991), *Il clima del Ticino e della Mesolcina con accenni di climatologia generale*, Rapporto di lavoro no. 167, Meteorologia Svizzera, Zurigo.

Spinedi F. (2003), *Il Bollettino, il tempo e il clima*, Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali, no. 91.

Thams C., Aufdermauer C., Schmid A. e Zenone E. (1966), *Die Ergebnisse des Grosversiches III zur Bekämpfung des Hagels im Tessin in den Jahren 1957-1963*, Pubblicazioni della Centrale meteorologica svizzera.

Zenone E. (1972), *Die Gewitterverhältnisse in den Südlichen Zentralalpen und Voralpen*, Pubblicazione della Centrale Meteorologica Svizzera, Zurigo. ■