



ATTIVITÀ DIDATTICA INTORNO ALLE OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE

A cura di: **Gian Carlo PEROSINO**

Torino, luglio 2007

1 - Introduzione (obiettivi)

Lo studio del clima è molto importante. Infatti la successione dei fenomeni meteorologici nel tempo influisce su:

- processi di disfacimento dei rilievi, di trasporto e di deposito dei materiali detritici (forma del paesaggio);
- distribuzione delle comunità vegetali ed animali sui continenti;
- disponibilità delle risorse idriche, per usi civili (domestici), industriali ed agricoli;
- attività produttive primarie (agricoltura ed allevamento di animali);
- consumi energetici.

I fenomeni meteorologici, soprattutto quando intensi, sono determinanti nel condizionare i trasporti marittimi ed aerei. Le piogge molto intense e prolungate possono provocare gravi alluvioni; al contrario le siccità impongono molti problemi ai sistemi produttivi agricoli e zootecnici, con danni importanti per l'economia e per lo sviluppo, soprattutto per le aree depresse del Mondo; sempre più spesso si afferma che l'acqua è l'oro blu del futuro; per l'acqua si combatteranno le nuove guerre.

Nel passato il clima è stato determinante nel condizionare lo sviluppo delle civiltà; ancora oggi le abitudini dei popoli dipendono, in larga misura, dallo stato del "tempo atmosferico". Quale sarà il futuro del clima del nostro pianeta? In che modo ed in che misura l'uomo saprà adattarsi? Come si modificheranno le abitudini di vita e soprattutto quali saranno i nuovi scenari produttivi ed economici mondiali? Il clima, nel passato geologico, ha già subito profonde modificazioni; in che modo le attività umane influenzano gli attuali cambiamenti?

Quelli sopra citati sono una parte dei numerosi e complessi problemi intorno agli argomenti "meteorologia" e "climatologia" e si capisce perché essi sono ampiamente documentati dai mezzi di informazione e perché sono contenuti importanti nei programmi scolastici di tutte le scuole del Mondo. Si giunge alla seguente conclusione:

la meteorologia e la climatologia sono discipline comprendenti insieme di argomenti molto importanti, perciò meritevoli di grande considerazione nella programmazione scolastica dei corsi di scienze.

Le questioni sopra citate non riguardano solo poche e limitate regioni, ma coinvolgono tutti gli abitanti del pianeta. Ed è inoltre importante sottolineare che i vari problemi si manifestano localmente in modo diverso sui vari continenti. Lo studio dell'evoluzione del clima richiede un continuo ed intenso scambio di informazioni tra le diverse aree di un continente e del Mondo intero. Pertanto:

la meteorologia e la climatologia sono discipline adatte per attività scientifiche legate a scambi tra "osservatori" diversi nelle varie porzioni del Mondo.

Chi sono gli "osservatori"? Essi sono scienziati (molto spesso "fisici dell'atmosfera") che utilizzano la rete di "stazioni meteorologiche" a livello continentale. Essi raccolgono milioni di dati sui principali parametri atmosferici, per formulare previsioni meteorologiche sempre più precise ed affidabili. Contemporaneamente i dati rilevati vengono confrontati con quelli registrati nel passato, allo scopo di effettuare le analisi climatiche. Studiare la meteorologia e la climatologia a scuola, significa "imitare" il lavoro di quegli scienziati.

Il cortile della scuola ed il laboratorio di scienze possono diventare (limitatamente alle risorse disponibili) una "stazione meteorologica" e gli studenti, correttamente addestrati, possono "misurare" e "raccogliere dati". Successivamente gli studenti imparano ad elaborare i dati, confrontandoli con quelli disponibili dalla letteratura scientifica¹ e, come i veri scienziati,

¹ Essenzialmente osservazioni meteorologiche effettuate dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale e da pubblicazioni specialistiche.

² Per esempio la consultazione web del sito www.nimbus.it è spesso molto preziosa. Da esso si può

provano a descrivere il clima della località della loro scuola. Gli studenti devono rispondere alle seguenti domande:

- quale rapporto esiste tra i fenomeni meteorologici osservati ed il clima medio?
- quale rapporto esiste tra i fenomeni meteorologici osservati con la circolazione continentale?
- quale rapporto esiste tra i fenomeni meteorologici osservati e la collocazione geografica della propria scuola in ambito europeo e mondiale?

La conoscenza delle metodologie di studio della meteorologia e della climatologia permette una migliore comprensione degli effetti del tempo atmosferico sulle attività umane, più o meno diversificate in funzione delle diverse aree geografiche.

Diventa quindi più efficace l'analisi delle influenze climatiche (seppure solo per cenni) sulla storia delle popolazioni umane, sulla diversificazione regionale delle attività economiche e produttive, dei sistemi degli approvvigionamenti idrici (e sulle modalità e quantità dei consumi d'acqua), del controllo degli effetti dei fenomeni meteorologici eccezionali,...

2 - Meteorologia e climatologia

La pioggia, la neve, la brina, la grandine, il vento, la nebbia,... sono fenomeni atmosferici dovuti a scambi di energia tra masse d'aria con caratteri fisici diversi (umidità, temperatura, pressione,...). Esse provengono dalle varie parti del globo ed hanno ricevuto diseguali quantità di calore. È la diversità di riscaldamento da parte del Sole (maggiore all'equatore e minore ai poli) che determina squilibri termici a livello dell'atmosfera. Quindi si hanno spostamenti di masse d'aria che tendono a riportare condizioni di equilibrio. Altrimenti la temperatura sarebbe più elevata ai tropici e più bassa ai poli. Le modalità della circolazione generale dell'atmosfera, le manifestazioni al suolo ed in quota, la descrizione puntuale del "tempo" in un determinato momento e il tentativo di predirne l'evoluzione, sono argomenti della **meteorologia**: scienza che studia il tempo atmosferico. Il fine della meteorologia è quello di "costruire un modello" della circolazione generale dell'atmosfera che tenga conto delle variabili che su essa possono influire, allo scopo di predire, sulla base della determinazione della situazione meteorologica passata e presente, l'evoluzione del tempo futuro con crescente attendibilità. Le previsioni del tempo sono importanti per la programmazione di trasporti via aerea o marittima, per prevenire i danni del dissesto idrogeologico (conseguente ad intense precipitazioni) e i danni all'agricoltura, ecc.....

Compresa l'importanza di questa disciplina, molte sono le nazioni che hanno finanziato la ricerca in questo settore. Quasi tutti i satelliti artificiali sono muniti di apparecchiature in grado di "fotografare", in un determinato istante, la situazione meteorologica di una regione. La superficie terrestre è "coperta" da una fitta rete di stazioni che registrano milioni di dati riguardanti i parametri meteorologici al suolo. Contemporaneamente palloni sonda controllano la situazione dell'atmosfera alle varie altitudini. In Italia la raccolta e l'elaborazione di tali dati è affidata al SERVIZIO METEOROLOGICO DELL'AERONAUTICA, che collabora attivamente con enti meteorologici di tutta l'Europa e di buona parte del Mondo.

Alzarsi al mattino, vedere il "tempo che fa" per predirne l'evoluzione durante la giornata, vuol dire "fare della meteorologia". Se si decide di andare in vacanza in montagna nel mese di luglio perché si pensa che, in genere, è il più caldo e il meno piovoso dell'estate, vuol dire "fare della climatologia". La **climatologia** è una scienza affine alla meteorologia, il cui obiettivo principale è quello di definire il tempo medio di una determinata regione, come sintesi di analisi statistiche della successione di eventi meteorologici che hanno caratterizzato quella regione nel passato. La climatologia è una scienza storica, perché non cerca di prevedere il tempo che farà, ma studia il tempo che è stato, andando indietro negli anni, nei decenni ed anche nei secoli. La climatologia utilizza, come strumento matematico fondamentale, la statistica. Questa fornisce preziosi risultati se è grande il numero di dati a disposizione. I climatologi raccomandano che il periodo di osservazione, durante il quale sono state compiute le rilevazioni, presso una o più stazioni meteorologiche, non sia inferiore a 20 ÷ 30 anni. In Italia, i dati che si utilizzano per gli studi di climatologia, oltre a quelli rilevati a cura del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, si ricavano dagli Annali Idrologici pubblicati, a partire dal 1913, dal SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO ITALIANO (Ministero Lavori Pubblici).

Le alluvioni, dovute ad eventi meteorologici eccezionali (che recano danni alle persone e ai manufatti, all'agricoltura ed alla economia in genere), le siccità, la necessità di uno sfruttamento più corretto e razionale delle risorse idriche,... dimostrano l'importanza dello studio e della programmazione di interventi sul territorio atti a limitare sempre più efficacemente i danni derivati da "capricci meteorologici", prevedibili statisticamente. Gli eventi meteorologici intensi, sempre più spesso, innescano tutte quelle manifestazioni che, più in generale, sono causa del dissesto idrogeologico. Qualunque progetto di intervento di protezione sul territorio non può prescindere da un preventivo ed accurato studio statistico della successione degli eventi meteorologici normali ed eccezionali che, storicamente, hanno caratterizzato il clima. Le applicazioni delle analisi climatologiche sono numerose: dal ripristino di argini di corsi d'acqua alla sistemazione della rete idrica, dal calcolo e gestione delle risorse idriche al dimensionamento di fogne e collettori. Lo sfruttamento del territorio dal punto di vista agricolo è connesso con le caratteristiche del clima che, tra l'altro, ha notevole influenza sui processi di formazione del suolo. La ricerca scientifica nel settore climatologico è un aspetto fondamentale dello studio e della tutela della Natura, una necessità improrogabile conseguente ai gravi guasti ambientali perpetrati soprattutto negli ultimi decenni.

3 - Parametri meteorologici oggetto di osservazione

Una scuola, con il suo cortile ed con il suo laboratorio di scienze (o un'aula) può diventare un centro di osservazione (stazione) e di elaborazione dei principali parametri meteorologici. I parametri meteorologici (e le modalità di misura) sono individuati sulla base della situazione organizzativa e logistica della scuola. In linea di massima si possono effettuare misure strumentali delle seguenti grandezze:

- temperatura dell'aria;
- precipitazioni;
- pressione atmosferica;
- umidità dell'aria

Si possono effettuare osservazioni di tipo qualitativo delle seguenti grandezze:

- copertura nuvolosa;
- presenza di nebbia;
- presenza di brina e/o di gelate;
- modalità delle precipitazioni (pioggia, neve, grandine);
- vento.

Le osservazioni e le misure si effettuano alle ore 9.00 di tutti i giorni dal lunedì al sabato. Quelle riguardanti la temperatura sono rappresentative del giorno completo di 24 ore che precede la misura.

Nella giornata del lunedì il termometro viene tarato (non potendo effettuare le misure nella domenica), mentre le misure iniziano alle ore 9.00 del martedì e ritenute rappresentative del giorno precedente (lunedì). Quindi nella tabella di rilevamento (**tabb. 1 e 2**) sono trascurati i giorni sabato e domenica.

Ragionamento analogo vale per le precipitazioni. La taratura viene effettuata con lo svuotamento del secchiello del pluviometro il lunedì mattina. Non sono tuttavia del tutto escluse le misure relative al sabato ed alla domenica. Per esempio se, il lunedì mattina, è presente dell'acqua nel secchio e si è sicuri dell'assenza di piogge nella giornata del sabato precedente, si può attribuire la misura della precipitazione alla giornata della domenica o viceversa. Se invece si ritiene che la precipitazione abbia interessato entrambi i giorni, non potendo discriminare tra il sabato e la domenica, diventa inevitabile la rinuncia alla registrazione del dato.

Tutte le altre grandezze sono rilevate alle ore 9.00 dal lunedì al sabato. Le informazioni sono quindi "puntuali", cioè rappresentative di quel particolare momento; esse forniscono alcune indicazioni sulla probabile situazione meteorologica del successivo intervallo giornaliero. Diversamente da quanto accade per la temperatura e in parte per le precipitazioni, tutti gli altri parametri sono disponibili dal lunedì al sabato.

La tabella di rilevamento, una volta compilata, permette alcune interessanti osservazioni di carattere strettamente meteorologico. Per esempio piccole escursioni termiche giornaliere ($T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$) sono normalmente associate alla copertura nuvolosa; la nebbia si manifesta in condizioni di alta pressione; molto spesso la presenza di vento è accompagnata da cielo sereno o poco nuvoloso; la brina abbondante è il risultato del freddo intenso accompagnato dalla presenza di nebbia;... Sono inoltre possibili confronti con i parametri climatici caratteristici del territorio in cui è presente la scuola e desumibili dalla letteratura esistente². Essi (essenzialmente temperatura dell'aria, altezze delle precipitazioni e numero dei giorni piovosi) sono il risultato di elaborazioni statistiche di serie decennali di dati rilevati dalle stazioni meteorologiche. Da tali confronti è possibile esprimere alcune considerazioni su alcuni aspetti dell'ambiente fisico caratteristico della regione di appartenenza, con particolare riferimento alle influenze sulle attività sociali ed economiche (es. agricoltura) e soprattutto sulla gestione delle risorse idriche (irrigazione, produzione di energia idroelettrica, approvvigionamenti idropotabili, problemi di viabilità,...).

² Per esempio la consultazione web del sito www.nimbus.it è spesso molto preziosa. Da esso si può accedere anche ad altri siti consigliati dai quali si possono ottenere i valori medi mensili della temperatura e delle precipitazioni per numerose località italiane e del Mondo.

Tab. 1

Scuola:			Comune:				Provincia:					
Latitudine:			Longitudine:				Altitudine:					
Tabella di rilevazioni meteorologiche del mese di:												
giorno N		Tg [°C]			Pr(h9)	Cn(h9)	Pn(h9)	Pb(h9)	Pg (h9) Y/N			
		max	min	med	hPa	0÷4/4	Si/No	Si/No	mm	Pi	Pn	Pg
lun												
mar												
mer												
gio												
ven												
sab												
dom												
lun												
mar												
mer												
gio												
ven												
sab												
dom												
lun												
mar												
mer												
gio												
ven												
sab												
dom												
lun												
mar												
mer												
gio												
ven												
sab												
dom												
lun												
mar												
mer												
gio												
ven												
sab												
dom												

Tab. 2 - Istruzioni per la compilazione della scheda di osservazioni illustrata in **tab. 1**

Osservazioni effettuate per il giorno meteorologico, dalle ore 9.00 alla stessa ora dopo un intervallo di 24 ore. Le ore 9.00 è il termine del giorno meteorologico precedente per la temperatura dell'aria e per l'entità delle precipitazioni e l'inizio del giorno meteorologico seguente per gli altri parametri.

N	Numero del giorno del mese.
Tg	Temperatura [°C] giornaliera massima (Tmax-g), minima (Tmin-g) e media (Tmed-g) registrate alle ore 9.00 e rappresentative delle 24 ore precedenti. Tmed-g = $(T_{\text{max-g}} + T_{\text{min-g}})/2$. Le rilevazioni iniziano il martedì e vengono considerate rappresentative per il lunedì, fino al sabato, ottenendo i valori rappresentativi di 5 giorni, dal lunedì al venerdì. Misure effettuate con sensore nella capannina termometrica.
Pr	Pressione atmosferica [hPa], come da rilevazione puntuale alle ore 9.00. Le rilevazioni iniziano il lunedì e terminano il sabato, ottenendo i valori rappresentativi delle situazioni che in quell'ora si determinano per 6 giorni. Misure effettuate mediante barometro collocato nel laboratorio di scienze.
Cn	Copertura nuvolosa pari a ~ 0/4 (sereno), ~ 1/4 (poco nuvoloso), ~ 2/4 (nuvoloso), ~ 3/4 (molto nuvoloso) e ~ 4/4 (coperto), come da rilevazione (a stima) puntuale alle ore 9.00. Le rilevazioni iniziano il lunedì e terminano il sabato, ottenendo i valori rappresentativi delle situazioni che in quell'ora si determinano per 6 giorni. Stime dall'osservazione del cielo.
Pn	Presenza di nebbia (Si per presente e No per assente), come da rilevazione puntuale alle ore 9.00. Le rilevazioni iniziano il lunedì e terminano il sabato, ottenendo le informazioni rappresentative delle situazioni che, in quell'ora, si determinano per 6 giorni. Nel caso in cui non sia possibile osservare il cielo per presenza di nebbia o di foschia intensa, si assegna Cn = 1/4.
Pb	Presenza evidente di brina o di galaverna (Si per presente e No per assente), come da rilevazione puntuale alle ore 9.00. Le rilevazioni iniziano il lunedì e terminano il sabato, ottenendo le informazioni rappresentative delle situazioni che, in quell'ora, si determinano per 6 giorni.
Pg	Precipitazione (Si per presente e No per assente) sotto forma di pioggia (Pi), di neve (Pn) e di grandine (Pg), come da rilevazione puntuale alle ore 9.00. Le rilevazioni iniziano il lunedì e terminano il sabato, ottenendo le informazioni rappresentative delle situazioni che, in quell'ora, si determinano per 6 giorni. Nel caso si disponga di pluviometro si registra il valore [mm] rappresentativo delle 24 ore precedenti; in tal caso le rilevazioni iniziano il martedì e vengono considerate rappresentative per il lunedì, fino al sabato, ottenendo i valori rappresentativi di 5 giorni, dal lunedì al venerdì.
V	Presenza di vento secondo la scala internazionale di Beaufort (tab. 3), come da rilevazione puntuale alle ore 9.00. Le rilevazioni iniziano il lunedì e terminano il sabato, ottenendo i valori rappresentativi delle situazioni che, in quell'ora, si determinano per 6 giorni.
Ur	Umidità relativa dell'aria [%], come da rilevazione puntuale alle ore 9.00. Le rilevazioni iniziano il lunedì e terminano il sabato, ottenendo i valori rappresentativi delle situazioni che, in quell'ora, si determinano per 6 giorni. Misure effettuate con sensore nella capannina termometrica.

Tab. 3 - Scala internazionale di **BEAUFORT** (utile per la compilazione della colonna "Ur" della **tab. 1**).

scala	descrizione	osservazioni	Velocità indicativa del vento
0	calma	Il fumo sale verticalmente	< 1 km/h
1	bava di vento	direzione del vento indicata dal fumo, non dalle bandierole	1 ÷ 5 km/h
2	brezza leggera	vento sensibile al volto; si muovono le foglie; si orientano le bandierole	6 ÷ 11 km/h
3	brezza tesa	foglie ramoscelli in movimento; il vento distende le bandiere	12 ÷ 19 km/h
4	vento moderato	la polvere, i pezzi di carta vengono sollevati; si muovono i piccoli rami	20 ÷ 28 km/h
5	vento tesio	si muovono rami; si increspano le acque nei bacini	29 ÷ 38 km/h
6	vento fresco	si agitano i grossi rami; si odono fischi; gli ombrelli si usano con difficoltà	39 ÷ 49 km/h
7	vento forte	tutti gli alberi in movimento; si cammina controvento con difficoltà	50 ÷ 61 km/h
8	burrasca moderata	si spezzano i piccoli rami; si cammina controvento con molta difficoltà	62 ÷ 74 km/h
9	burrasca forte	danni leggeri alle strutture (tegole, camini, ecc...)	75 ÷ 88 km/h
10	burrasca fortissima	alberi sradicati, danni considerevoli alle costruzioni	89 ÷ 102 km/h
11	bufera	devastazioni gravi	103 ÷ 117 km/h
12	uragano	devastazioni gravissime	118 ÷ 133 km/h

Nei capitoli successivi vengono fornite le istruzioni per le rilevazioni dei principali parametri meteorologici facendo uso di strumenti ed attrezzi semplici ed economici, adatti per attività nelle scuole.

4 - Misura della temperatura dell'aria

La misura della temperatura dell'aria può essere effettuata con normali termometri, purché all'ombra (i raggi solari, scaldando lo strumento, portano ad una sovrastima), lontano da sorgenti di calore (come una superficie riflettente o un muro scaldato dal sole) e ad altezza d'uomo (intorno ad 1,5 ÷ 2 m sul suolo). Il termometro più classico (a massima e a minima; **fig. 1**) va convenientemente inserito in una capannina meteorologica (**fig. 2**), insieme ad altri strumenti. Con l'avvento delle tecnologie più raffinate oggi si utilizzano elementi sensibili in grado di inviare impulsi radio a sistemi informatici riceventi in grado di registrare la temperatura in modo continuo.

Fig. 1 - Il termometro a massima e a minima è un capillare ad "U" contenente mercurio. Sopra il mercurio è presente dell'alcool, il cui volume principale è contenuto in un serbatoio. Un altro serbatoio contiene una bolla d'aria. Due aghi metallici sono liberi di scorrere nei due rami occupati dall'alcool. Quando la temperatura sale si alza la colonna di mercurio di destra, grazie alla spinta dell'alcool che aumenta di volume nel serbatoio ed alla compressibilità della bolla d'aria; l'ago di destra viene spinto in alto. Quando la temperatura si abbassa diminuisce il volume di alcool; la bolla d'aria si espande e sale la colonna del mercurio di sinistra spingendo il corrispondente ago; l'altro ago rimane nella posizione precedente e alla base di esso si legge la massima temperatura raggiunta. Quando sale la temperatura l'ago di sinistra rimane nella posizione di minima consentendo la lettura del valore più basso raggiunto usando la scala di sinistra come un termometro capovolto. Ogni mattina vengono lette la temperatura istantanea e le temperature massima e minima delle ultime 24 ore (cioè dalla lettura precedente). Dopo, con una calamita, si "spingono" gli aghi fino ad "appoggiarli" sugli apici delle colonne di mercurio, predisponendo quindi il termometro alla lettura del giorno seguente.

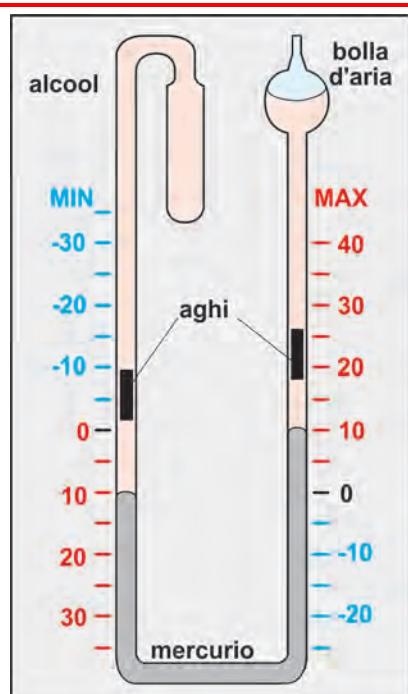


Fig. 2 - A sinistra una "vecchia" capannina meteorologica con strumenti per la misura dei parametri atmosferici ad altezza d'uomo; le persiane consentono la libera circolazione dell'aria nell'interno riparato dalla radiazione solare diretta. A destra si osserva una struttura più "moderna", sovrastata da una apertura che consente all'acqua delle precipitazioni di raccogliersi all'interno per la misura delle quantità; sono visibili gli strumenti in grado di misurare "in continuo" i parametri atmosferici (essenzialmente termografi e pluviografi). Soprattutto merita osservare, nella capannina di sinistra, la presenza di un semplice termometro "manuale" a massima ed a minima, utile nel caso in cui gli strumenti più "sofisticati" dovessero guastarsi.

La temperatura dell'aria è una caratteristica del tempo atmosferico molto variabile, in funzione della stagione, dell'altitudine, della latitudine e di diversi altri fattori geografici e cambia notevolmente nell'arco del giorno. Il terreno emette verso l'alto energia nel campo

dell'infrarosso e perde calore durante l'intero arco delle 24 ore, ma riceve energia solare durante le ore di illuminazione, in misura tanto più abbondante quanto maggiore è l'altezza del Sole. Finché l'energia ricevuta supera quella restituita, come succede durante le prime ore del giorno, la temperatura del suolo e quindi dell'aria aumenta. Al sopraggiungere del buio si ha esclusivamente perdita di energia e quindi un rapido abbassamento della temperatura.

Per rappresentare l'andamento della temperatura nell'arco delle 24 ore conviene fare riferimento ai mesi centrali dell'inverno e dell'estate (gennaio e luglio), utilizzando i valori termici misurati in tutte le ore di tutti i giorni di quei due mesi per numerosi anni. In molte località vi sono stazioni meteorologiche dotate di capannine provviste di termometri registratori (termografi; **fig. 2**), per cui è possibile conoscere le temperature medie mensili.

La differenza fra i valori termici rappresentativi dei mesi più caldo e più freddo rappresenta l'**escursione media annua**. La **fig. 3** illustra l'oscillazione diurna della temperatura in due località (Firenze e La Spezia) nei mesi luglio e gennaio. Si può osservare quanto segue:

- il minimo diurno si manifesta in genere il mattino presto, mentre il massimo nel primo pomeriggio;
- l'escursione diurna (differenza fra il massimo e il minimo giornalieri) è maggiore in estate;
- le escursioni sono maggiori a Firenze; la Spezia risente della vicinanza della massa d'acqua del mare che attenua gli sbalzi di temperatura, funzionando come un vero e proprio "volano termico".

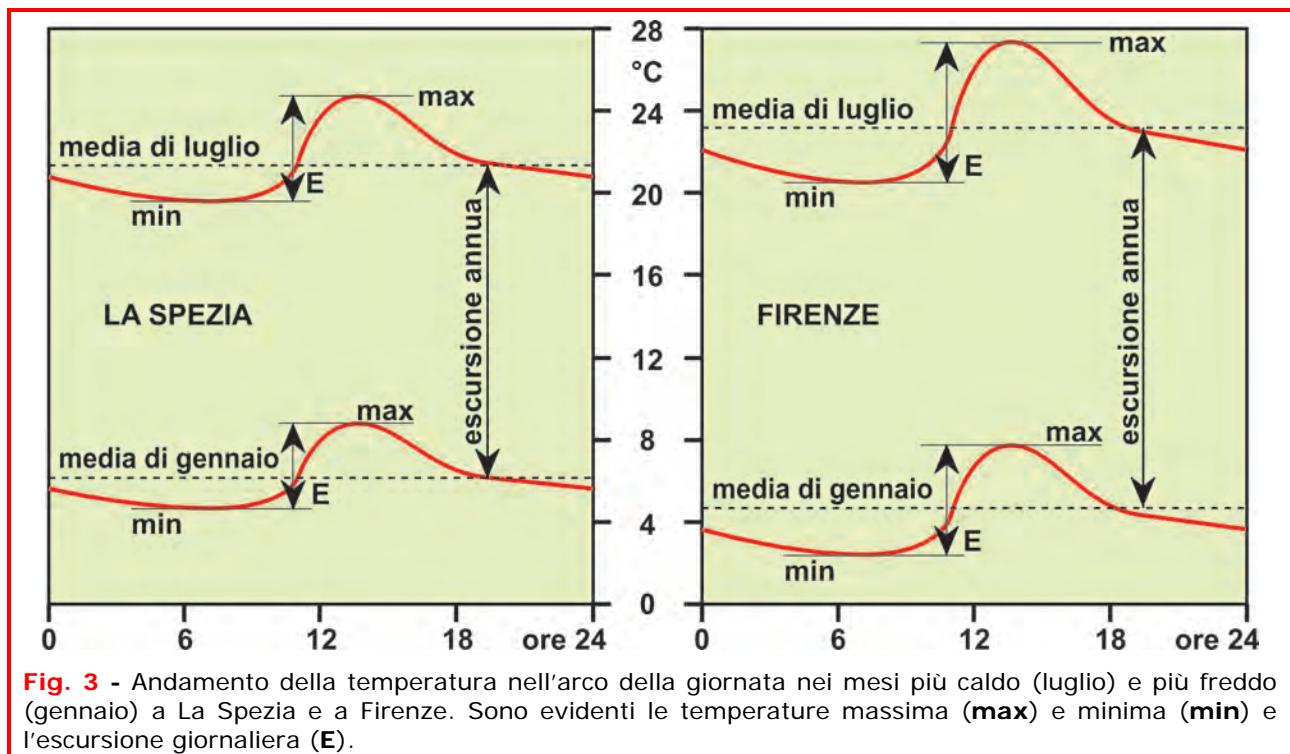


Fig. 3 - Andamento della temperatura nell'arco della giornata nei mesi più caldo (luglio) e più freddo (gennaio) a La Spezia e a Firenze. Sono evidenti le temperature massima (**max**) e minima (**min**) e l'escursione giornaliera (**E**).

Non sempre l'andamento della temperatura nell'arco di una giornata è simile a quanto illustrato. Se il cielo è nuvoloso per tutte le 24 ore, minore è il riscaldamento durante il giorno (le nubi riflettono i raggi solari che quindi non arrivano a scaldare il suolo) e minore è il raffreddamento notturno (le stesse nubi trattengono verso il basso il calore emesso dal terreno); la conseguenza è la riduzione dell'escursione diurna e l'appiattimento del diagramma ad una linea quasi continua. Può anche accadere che durante la notte la temperatura dell'aria sia superiore a quella diurna.

La misura della temperatura dell'aria è un'attività piuttosto complessa. Infatti sono numerosi i fattori che condizionano tale parametro e per evitare errori, anche grossolani, occorre inserire lo strumento di misura in una **capannina meteorologica**; essa deve possedere le seguenti caratteristiche (**fig. 2**):

- deve essere costruita in legno o plastica; evitare i metalli, leghe comprese, in quanto favorirebbero l'eccessivo riscaldamento durante l'estate e l'eccessivo raffreddamento nelle stagioni invernali;
- deve essere dipinta di bianco, sia nella sua parte esterna che in quella interna; ciò per evitare possibili alterazioni del valore termico, indotto dal diverso assorbimento delle radiazioni solari da parte di altri colori;
- deve essere provvista di ampie fenestrelle a persiana, su tutti i lati, tetto escluso; ciò per consentire la massima circolazione dell'aria al suo interno, e al contempo evitare l'irraggiamento diretto del sensore;
- il tetto della capannina deve essere costruito a spiovente, con la parte più bassa rivolta in direzione opposta all'apertura, questo per evitare che durante le manovre di lettura, pioggia o neve entrino a contatto con il sensore.
- l'apertura della capannina meteorologica deve essere rivolta verso Nord; ciò per evitare che raggi di sole colpiscono direttamente il sensore durante le operazioni di lettura, alterandone così, anche in maniera grossolana, il valore reale;
- nel caso di nevicate, il tetto della capannina deve essere liberato da un eventuale accumulo; ciò per evitare eventuali errori dovuti all'eccessivo raffreddamento causato dalla cortina nevosa.

La capannina meteorologica, adeguatamente collocata, è considerata indispensabile per effettuare osservazioni corrette. Tuttavia essa comporta un costo di acquisto eccessivamente elevato e comporta problemi di gestione non indifferenti, soprattutto quando, come nella maggior parte dei casi, non è possibile individuare, nel cortile della scuola, un sito certamente sicuro rispetto a possibili furti o atti vandalici. Conviene ricorrere ad altri sistemi più economici, magari meno ortodossi, ma in grado di fornire comunque misure attendibili, almeno rispetto agli obiettivi delle attività previste in fase di programmazione didattica.

La misura della temperatura dell'aria, per quanto sopra illustrato, è sicuramente uno dei parametri più "delicati", soprattutto per quanto riguarda le condizioni adatte alla collocazione del termometro o del sensore termico. Una possibile soluzione consiste nella costruzione di una capannina realizzata appositamente per i rilievi termici (**fig. 4**).

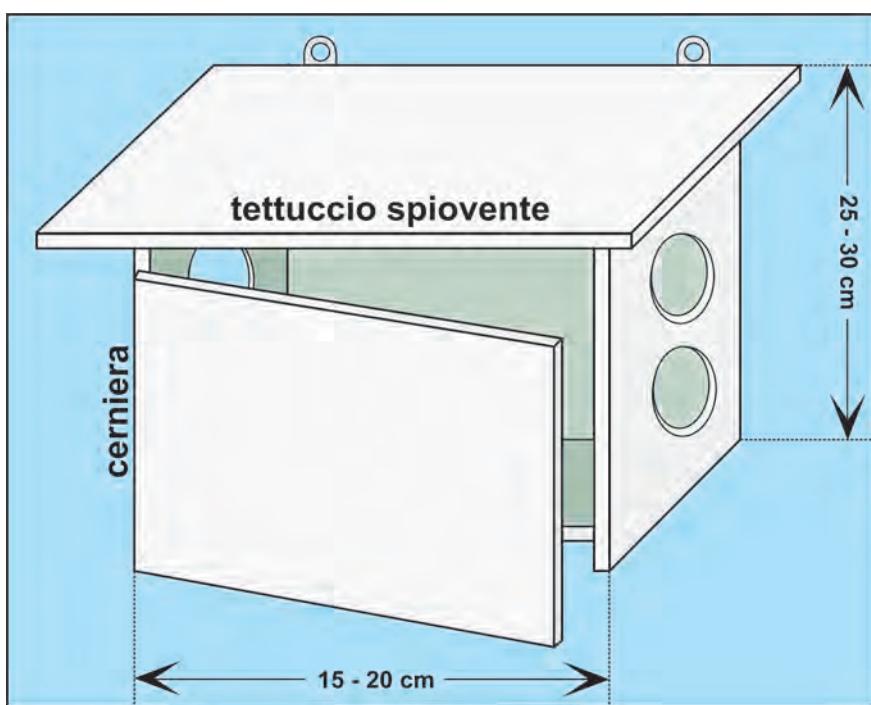
Se lo strumento è un "normale" termometro a massima e a minima (tipo quello illustrato in **fig. 1**), la capannina deve essere collocata ad un'altezza dal suolo non superiore a 1,5 m per permettere la lettura quotidiana dello strumento. Tale lettura deve essere effettuata rapidamente e mantenendo una certa distanza, al fine di non alterare la misura con il calore corporeo. Subito dopo si effettua il "reset" abbassando, con l'apposita calamita, gli aghi nei capillari fino al contatto con i livelli del mercurio. Un termometro di questo tipo comporta una modesta spesa di poche decine di euro.

Molto più comodo è l'utilizzo di strumenti sensori che inviano, attraverso segnali radio, i valori termici in intervalli di pochi minuti (quindi una sorta di misura in continuo). I segnali vengono ricevuti da uno strumento registratore (in basso a destra della **fig. 4**) che indica il valore della temperatura al momento della lettura e soprattutto che conserva, nella sua memoria interna, la registrazione dei valori massimo e minimo riscontrati nell'intervallo temporale a partire dall'ultimo reset (cioè, con un tasto, l'operazione di azzeramento analoga a quella effettuata con la calamita su un termometro tradizionale descritto in **fig. 1**).

Si tratta di una soluzione molto più comoda, in quanto può essere effettuata all'interno dell'edificio scolastico, senza recarsi in cortile ad aprire la capannina termometrica. Inoltre la stessa capannina può essere collocata ad una altezza superiore (~ 2 m) quindi non troppo alta rispetto al suolo, ma contemporaneamente "abbastanza" scomoda da raggiungere e quindi da "manomettere".

Tali strumenti sono più costosi dei semplici termometri e comportano un "investimento" intorno a 50 ÷ 100 euro. Inoltre occorre che la distanza tra la capannina (e quindi del sensore) e il locale dell'edificio scolastico ove è collocato lo strumento registrare non sia superiore a 30 m circa; ciò potrebbe porre dei limiti nella scelta del sito ove collocare la capannina.

Fig. 4 - La capannina termometrica



La **capannina termometrica** va costruita con materiali isolanti naturali, per esempio con piccoli pannelli di legno con spessore di 1 cm e muniti di aperture utili per la circolazione dell'aria. I pannelli vanno incollati ed inchiodati per procedere quindi con la verniciatura con diverse mani di smalto bianco sintetico; tale operazione deve essere molto accurata, sia sulle pareti esterne, sia su quelle interne: lo smalto ha anche il compito di impermeabilizzare il legno che, altrimenti, assorbirebbe umidità deformandosi, fino anche a marcire dopo poche settimane. Il tettuccio deve essere molto inclinato e sporgere in modo evidente oltre il lato di apertura. Conviene utilizzare una cerniera di acciaio inossidabile ed un sistema di chiusura con calamita, comodo da montare rispetto ad altri sistemi; conviene verniciare tali parti metalliche (compresi gli eventuali sistemi di aggancio) con materiali anti-ruggine. Non bisogna infatti dimenticare che la capannina è totalmente esposta agli agenti atmosferici.

La capannina va collocata nel cortile della scuola ad una altezza di circa 2 metri, quindi non troppo alta rispetto al suolo, ma contemporaneamente "abbastanza" scomoda da raggiungere e quindi da "manomettere". Occorre individuare un sito con esposizione Nord, possibilmente all'ombra ed evitando le pareti dell'edificio scolastico; a questo proposito si può scegliere la porzione in ombra del tronco di un albero, di un muro divisorio, di una cancellata,...a non più di poche decine di metri di distanza dall'aula (o da altro locale interno) ove è collocato lo strumento che registra il valore misurato dal sensore. Se non si possono rispettare tali condizioni è meglio rinunciare all'attività piuttosto che ottenere valori termici assolutamente privi di significato. Anzi proprio **l'attenzione con la quale si deve collocare il sensore** (e quindi la capannina) **acquista valore didattico molto importante**.



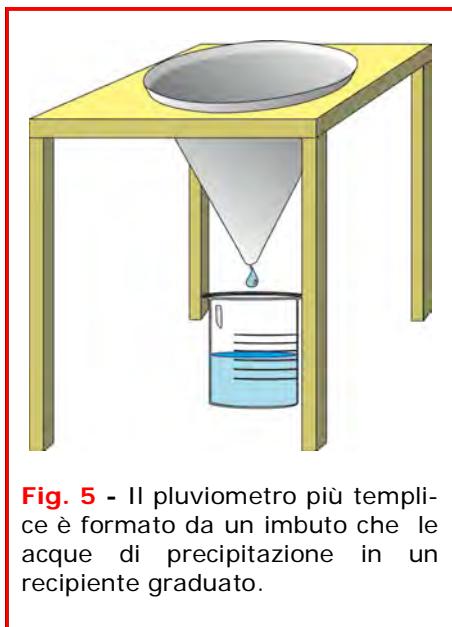
Un esempio di capannina termometrica costruita con i criteri sopra descritti. Essa è posizionata a ridosso di un muretto divisorio nel cortile di una scuola, all'ombra e con esposizione a Nord, in un'area ben ventilata. Nella capannina è presente un sensore termico che invia il segnale allo strumento registratore illustrato a destra.



Lo strumento registratore è collocato in un'aula o nel locale più vicino al sito della capannina termometrica. Esso registra, in modo continuo, sia la temperatura dell'aria del locale, sia quella del sensore esterno. Alcuni pulsanti permettono la lettura delle temperature massima e minima registrate dal momento dell'ultimo reset.

5 - Misura delle precipitazioni

Le precipitazioni vengono rilevate e misurate in millimetri [mm] presso le stazioni meteorologiche. Cumulando la pioggia di un mese si ha la **precipitazione mensile**. Calcolando la media delle precipitazioni mensili di un dato mese per un lungo periodo di osservazione, si ottiene la **precipitazione media mensile**. La somma dei dodici valori medi mensili è la **precipitazione media annua**.



La precipitazione può essere raccolta e misurata con un apparecchio detto **pluviometro**. Quello più comune è costituito da un imbuto con una imboccatura quadrata o rotonda e da un recipiente graduato sottostante (**fig. 5**). Attraverso le pareti dell'imbuto può essere fatta passare una resistenza elettrica in modo da fondere la neve per raccogliere l'equivalente quantità d'acqua.

La rilevazione può essere effettuata ad intervalli di 24 ore; in tal caso si registra la pioggia giornaliera. Per esempio se nel recipiente graduato l'acqua raccolta in un giorno è pari a un litro, mentre la superficie di raccolta dell'imbuto è pari a un metro quadrato, è facile calcolare che l'altezza di precipitazione giornaliera è pari a un millimetro.

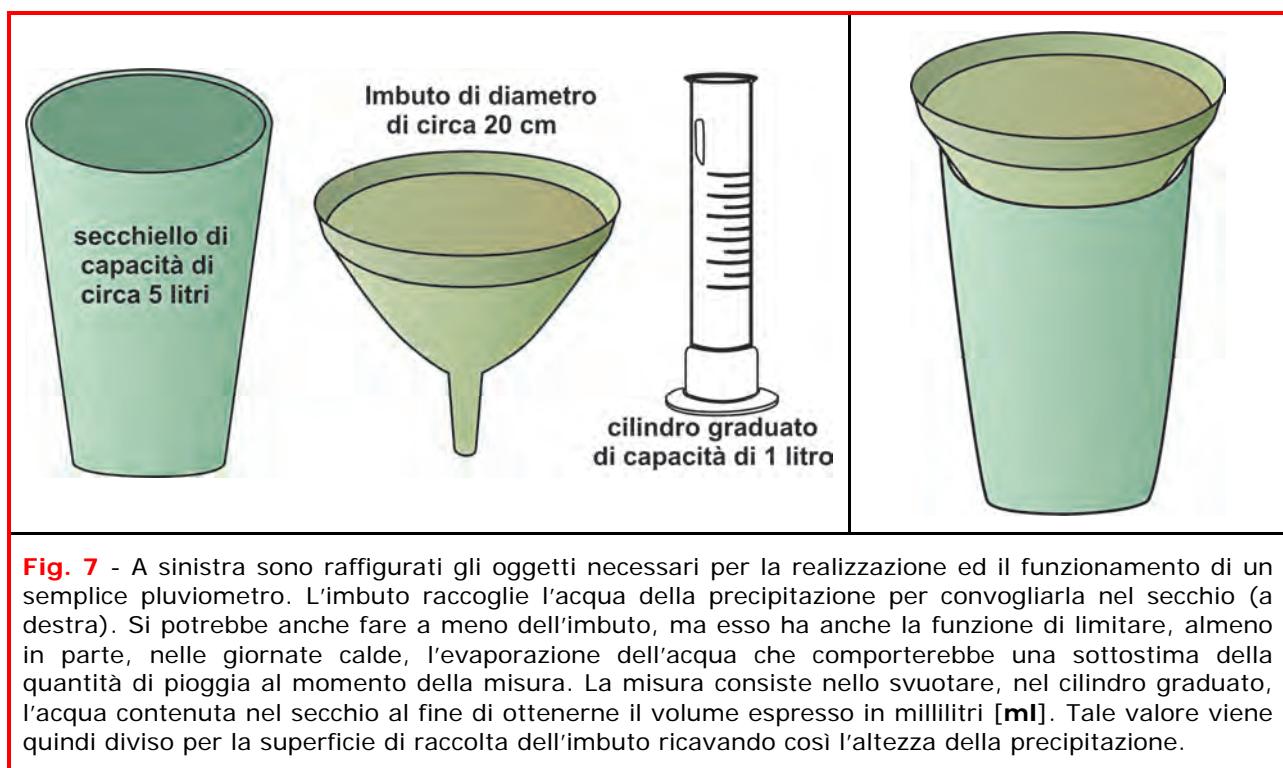
Basandosi sullo stesso principio i pluviometri sono in realtà strumenti più complessi. Sono muniti di un imbuto posto sopra una capannina meteorologica che porta acqua ad un "cucchiaino contatore", in grado di produrre un'azione ad ogni quarto di millimetro di pioggia (**fig. 6**).

Oggi vi sono strumenti più sofisticati, in grado di registrare le precipitazioni con più precisione ed in modo continuo, tanto che è possibile effettuare misure entro qualsiasi intervallo di tempo. Pur riconoscendo l'utilità della moderna tecnologia è doveroso tuttavia riconoscere il valore storico delle rilevazioni effettuate in passato con strumenti meccanici poco sofisticati; quelle rilevazioni sono fondamentali oggi per effettuare studi di climatologia.



I rilievi pluviometrici, nell'ambito di una attività scolastica, non richiedono l'uso di strumenti sofisticati, costosi e problematici da gestire; a questo proposito valgono le considerazioni precedentemente espresse per le misure della temperatura dell'aria. Ai fini didattici, ridimensionando gli obiettivi, basterebbe osservare (o segnalare) semplicemente la precipitazione, annotando eventualmente la modalità (pioggia, neve, grandine). Ma si può anche provare a misurarne l'entità con un sistema semplice analogo a quello illustrato in **fig.**

5. In pratica è sufficiente disporre di un secchiello, di un imbuto con diametro leggermente superiore e di un cilindro graduato per la misura dei volumi d'acqua (**fig. 7**).



Se il diametro di raccolta dell'imbuto è $d = 20 \text{ cm}$ e quindi il raggio è $r = 10 \text{ cm}$, la superficie risulta $S = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 10^2 = 314 \text{ cm}^2$. Con una pioggia di 10 mm (1 cm), si raccoglierrebbe un volume d'acqua $V = 314 \text{ cm}^3$ (314 mL).

Con una pioggia di 30 mm (piuttosto eccezionale), si otterebbe un volume raccolto nel secchio pari a tre volte tanto, cioè quasi un litro. Quindi un secchio di capacità di 5 litri è più che sufficiente. L'acqua del secchio viene quindi versata nel cilindro graduato per misurarne l'esatto volume. Se questo nel secchio è superiore alla capacità del cilindro, l'operazione viene ripetuta più volte sommando poi i valori ottenuti.

Le misure degli oggetti sopra citati sono quelle suggerite dall'esperienza, ma vanno bene anche altre dimensioni. A questo proposito si propone la seguente formula generale:

$$Pg = 13 \cdot \frac{V}{d^2}$$

Dove: **Pg** è l'altezza della precipitazione giornaliera espressa in millimetri [**mm**];
V è il volume d'acqua, espresso in millilitri [**mL**], raccolta nel secchio e misurato con il cilindro graduato;
d è il diametro di raccolta dell'imbuto espresso in centimetri [**cm**].

Nei mesi invernali, nelle località ove sono possibili delle nevicate, il sistema "secchio + imbuto" non funziona. Ad esso conviene associare un secchio, possibilmente più grande, con diametro di raccolta noto e senza imbuto. Al momento della misura tale secchio contenente neve viene portato all'interno dell'edificio scolastico, avendo cura di sostituirlo con un altro nel caso in cui stia ancora nevicando. Si attende la fusione di tutta la neve e si misura il volume d'acqua con il cilindro graduato. Quindi si applica la formula succitata e si ottiene la corrispondente altezza di precipitazione. Eventualmente si può anche misurare l'altezza del manto nevoso, nel cortile ove è stato collocato il pluviometro, al momento del rilievo. Nel caso di nevicate molto abbondanti, quando anche il secondo secchio viene completamente sommerso, le cose si complicano, fino a rendere impossibile la misura. Si tratta tuttavia di casi eccezionali, quando, a quel punto, diventa quasi più importante giocare con la neve.

6 - Misura della pressione atmosferica

Quantitativamente la **pressione** (grandezza fondamentale per lo studio dei gas) è una **forza per unità di superficie** [N/cm^2]. Nei **fluidi (liquidi e gas)** la pressione in un dato punto è la stessa in tutte le direzioni. Ad una certa profondità la pressione esercitata su un sommozzatore, indipendentemente dalla direzione (verso il basso o l'alto, lateralmente), è sempre la stessa (legge di PASCAL, 1650).

Essa aumenta con la profondità in conseguenza dell'incremento di peso dell'acqua (una atmosfera ogni 10 metri). In pratica si può immaginare che il sommozzatore sopporta il peso della colonna d'acqua che lo sovrasta (**figg. 8 e 9**).

La Terra è circondata da uno strato di aria alto 800 km (anche se la maggior parte è concentrata nei primi dieci). La superficie terrestre è definibile come il fondo di un fluido (l'atmosfera) che esercita una pressione; essa si rende evidente con lo schiacciamento di un barattolo di latta ermeticamente chiuso

indicazione della pressione atmosferica

Fig. 8 - Pressione dell'acqua [atm] espressa in funzione della profondità [m].

mentre viene gradualmente svuotato. Una migliore ottiene riempiendo un lungo tubo di vetro con mercurio e rovesciato in una bacinella anch'essa

contenente mercurio (**fig. 10**); una parte del liquido esce dal tubo formandosi un dislivello fra le superfici del mercurio nella bacinella e nel tubo. Sulla superficie del mercurio nella bacinella, l'aria esercita una pressione capace di equilibrare il peso del liquido nel tubo, il cui piccolo spazio sovrastante è costituito da vuoto. La pressione dell'aria può essere misurata con un dispositivo analogo a quello raffigurato in **fig. 10** (**barometro a mercurio**) e questa vale quanto il peso della colonna di mercurio diviso per la superficie della sezione del tubo.

Un altro barometro (**aneroide**) si basa sullo schiacciamento di una piccola contenitore vuoto che si deforma (si schiaccia come la latta) in funzione della pressione atmosferica; la deformazione viene trasmessa ad un ago che segna le variazioni (**fig. 11**).

La pressione atmosferica varia a seconda del tempo meteorologico (diminuisce con il brutto tempo e viceversa) e con l'altitudine (salendo di quota diminuisce il peso dell'aria sovrastante e quindi la pressione; **fig. 12**). Si definisce **atmosfera standard (atm)** la pressione che equilibra una colonna di mercurio alta 760 mm, a 0°C (perché la temperatura modifica le condizioni fisiche del gas) e al livello del mare (perché la forza di gravità, che pure varia con l'altitudine, può cambiare il peso dell'aria sovrastante), corrispondente ad un valore di **10,13 N/cm²** (il peso di poco più di un litro d'acqua su una superficie di 1 cm^2). La pressione può quindi essere misurata in atmosfere o in millimetri di mercurio (**mm Hg** o **torr**, in onore di E.

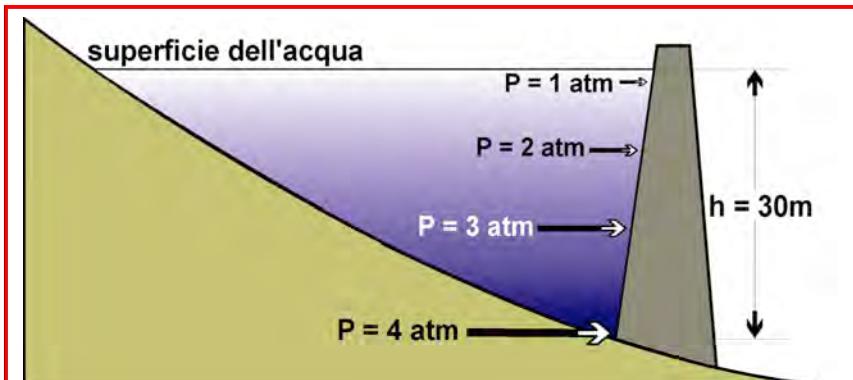
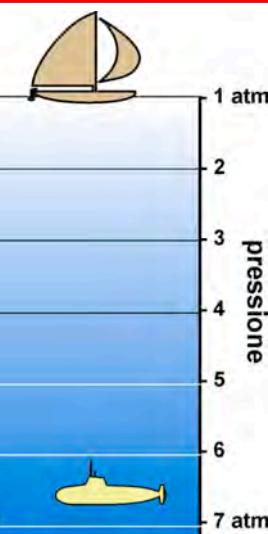


Fig. 9 - Alla base di una diga alta 30 m la pressione esercitata dall'acqua accumulata nel bacino artificiale è di circa 4 atm, cioè oltre $40\text{ N}/\text{cm}^2$, una forza pari al peso di 40 m^3 di acqua per metro quadrato. Questo ragionamento vale per altitudini prossime a quella del mare; infatti occorre tenere conto che salendo di quota diminuisce la pressione dell'aria (in ragione di 0,01 atm ogni 100 m di quota in più; **fig. 12**).

TORRICELLI inventore, nel 1644, del barometro). Altra unità di misura è il **millibar (mb)**; 1 atm standard corrisponde a circa 1.013 mb.

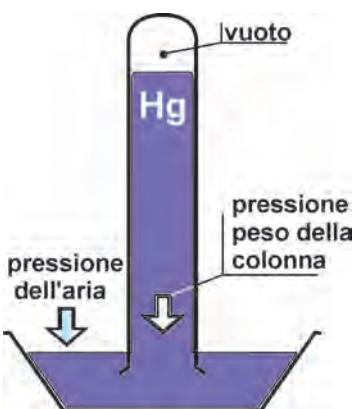


Fig. 10 – Esperienza di Torricelli. Il dislivello fra le superfici libere del mercurio nel tubo e nella bacinella è misurato in millimetri; esso rappresenta la pressione atmosferica. Questo principio è alla base dei barometri a mercurio.

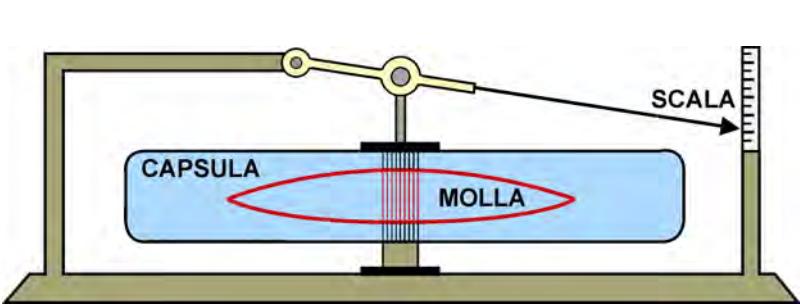


Fig. 11 - Schema di **barometro aneroide** con una **capsula** metallica il cui interno è vuoto con una **molla** per compensare parzialmente la pressione esterna dell'aria; in funzione di questa la capsula si deforma facendo muovere l'ago su una **scala** graduata. Questo strumento è molto diffuso ed economico e si trova spesso appeso alle pareti delle case. Sullo stesso principio si basa l'**altimetro**, uno strumento per la rilevazione dell'altitudine, dato che all'aumentare della quota diminuisce lo spessore di aria sovrastante e quindi la pressione atmosferica (**fig. 12**).

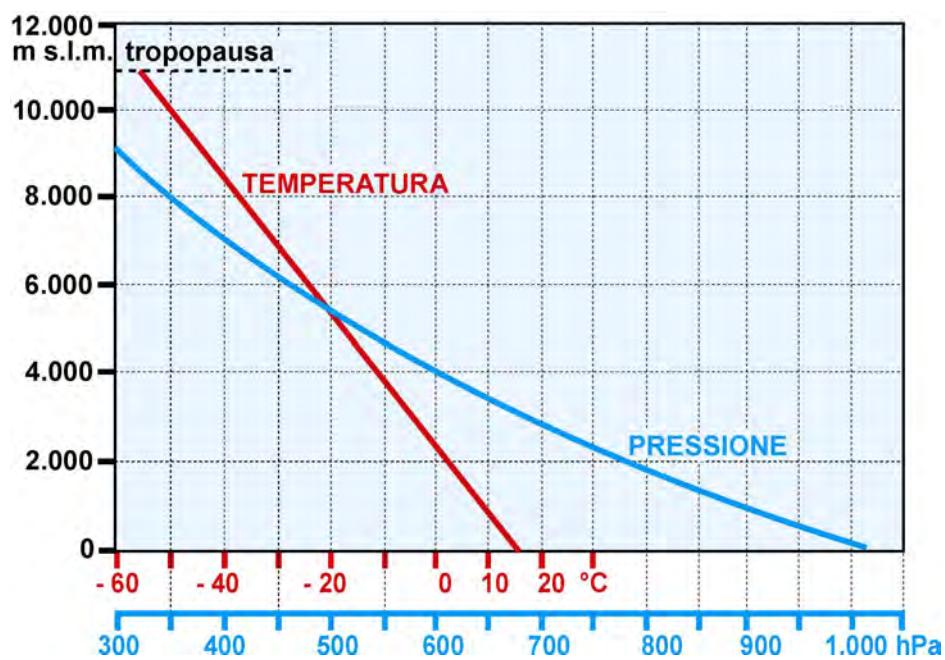


Fig. 12 - Andamento della **pressione** atmosferica [hPa] e della **temperatura** dell'aria [°C] in funzione dell'altitudine [m s.l.m.].

Dal punto di vista dimensionale, la pressione **P** è definita come **forza per unità di superficie [N/m²]**. Il Newton [N] è l'unità di misura fondamentale della forza; essa è quella che, applicata ad un corpo di massa $m = 1 \text{ kg}$, ottiene una accelerazione $a = 1 \text{ m/s}^2$. Un corpo di massa pari ad 1 kg precipita, sulla superficie della Terra, con una accelerazione $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; quindi il suo peso è $P = 9,81 \text{ N}$ (quello di un litro d'acqua, cioè di un decimetro cubo). L'azione di una forza (F) pari ad un Newton su una superficie (S) di un 1 m^2 è l'unità di misura fondamentale della pressione, detta **Pascal [Pa]**. È una unità di pressione piuttosto piccola; per tale ragione si utilizza frequentemente un suo multiplo e precisamente cento volte più grande: **hettoPascal [hPa]**. Le seguenti equivalenze riassumono le principali unità di misura:

$$P = 1 \text{ atm}_{\text{standard}} = 10,13 \text{ N/cm}^2 = 1,013 \text{ bar (1.013 mbar)} = \\ = 101.300 \text{ Pa (1.013 hPa)} = 760 \text{ mm (Hg)}$$

La pressione dell'aria può variare fino ad un massimo del 10 ÷ 15 % in più o in meno a seconda del tempo meteorologico ed in maggior misura con l'altitudine (**fig. 12**). Per esempio da 1.013 hPa presso il livello marino può scendere a valori intorno a 900 hPa a 1.000 m di quota; a 3.000 m di altitudine la pressione atmosferica scende a circa 700 hPa; salendo ancora di quota l'aria si fa sempre più rarefatta e fredda e la pressione scende a valori intorno alla metà (500 ÷ 550 hPa) a 5.000 m (tanto che anche la respirazione diventa difficoltosa).

La misura della pressione dell'aria richiede quindi l'uso di un barometro, strumento che può essere collocato in qualunque luogo, anche all'interno del laboratorio scientifico della scuola. Infatti non esiste differenza tra la pressione esterna dell'aria e quella all'interno degli edifici.

Lo strumento più semplice ed economico può essere il barometro aneroide, cioè quello che viene frequentemente utilizzato nelle case, più come ornamento o soprammobile che come strumento di misura vero e proprio. È assai economico e facile da usare, ma deve essere opportunamente tarato ed è poco preciso. Più utili, in termini di precisione ed in funzione didattica, sono i barometri a mercurio, ma piuttosto costosi e di lettura un poco più complessa. I più indicati sono i barometri analogici, muniti di display che indicano direttamente il valore di pressione in hPa e talora illustrano anche un grafico con l'andamento della pressione nelle ultime 24 ore.

È bene ricordare che la pressione misurata è quella del sito ove è collocato lo strumento; pertanto, in base alle precedenti considerazioni, essa non dipende soltanto dalle condizioni meteorologiche (che sono quelle che interessano), ma anche dall'altitudine (**fig. 12**). Il dato corretto deve tenere conto del fattore altitudinale, altrimenti non sarebbe possibile il confronto con le misure effettuate nello stesso momento presso altre località: sono le differenze di pressione a determinare gli spostamenti di aria e quindi le condizioni atmosferiche.

La misura della pressione "reale" deve quindi essere corretta al corrispondente valore riferito al livello del mare. Ciò significa, molto grossolanamente, che, al valore misurato con il barometro, occorre aggiungere:

- 1 hPa per 9 m di quota fino a 500 m s.l.m.;
- 1 hPa per 8,5 m di quota da 500 a 1.000 m s.l.m.;
- 1 hPa per 8 m di quota sopra i 1.000 m s.l.m.

Per esempio, se misuriamo una pressione pari a 980 hPa presso una determinata località situata all'altitudine di 450 m s.l.m., occorre aggiungere $450:9 = 50$ hPa. Pertanto la pressione ridotta al livello marino diventa $980 + 50 = 1.030$ hPa ed è questo il dato di cui tenere conto; esso è significativamente superiore al valore standard di 1.013 hPa, quindi da considerare una "alta pressione", probabilmente rappresentativa di una condizione meteorologica di "tempo buono".

7 - Misura dell'umidità dell'aria

L'acqua contenuta in un recipiente aperto verso l'esterno evapora, passa allo stato di gas aumentando quindi di volume. Il fenomeno può essere spiegato con la teoria cinetica della materia. Alcune molecole d'acqua subiscono urti casuali con quelle vicine con conseguente aumento della loro energia cinetica che può quindi risultare anche notevolmente superiore a quella media di tutte le molecole del liquido. Se tali molecole si trovano vicino alla superficie acqua - aria, possono vincere le forze attrattive con le molecole circostanti e sfuggire nella fase gassosa. Dato che a lasciare il liquido sono le molecole a contenuto energetico maggiore, quelle che restano hanno energia cinetica minore e quindi la temperatura si abbassa; ciò spiega perché **l'evaporazione è accompagnata da raffreddamento**. Questo fenomeno è particolarmente evidente per i liquidi che evaporano molto facilmente, come per esempio l'alcool che, versato sulla pelle, determina una netta sensazione di raffreddamento.

L'evaporazione continua fino a che tutto il liquido è passato allo stato gassoso senza che vi sia stata ebollizione. Supponiamo di mettere sul recipiente una cupola di vetro (**fig. 13**); il livello del liquido scende fino ad un valore costante. Le molecole che sfuggono dal liquido, passando alla fase gassosa, hanno uno spazio limitato; man mano che aumenta in esso il numero di molecole, aumenta anche la probabilità che alcune, nel loro moto caotico, ritornino nel liquido. A questo punto il livello del liquido diventa costante in quanto, in un dato tempo, il numero di molecole che evaporano è uguale al numero di quelle che condensano (equilibrio dinamico).

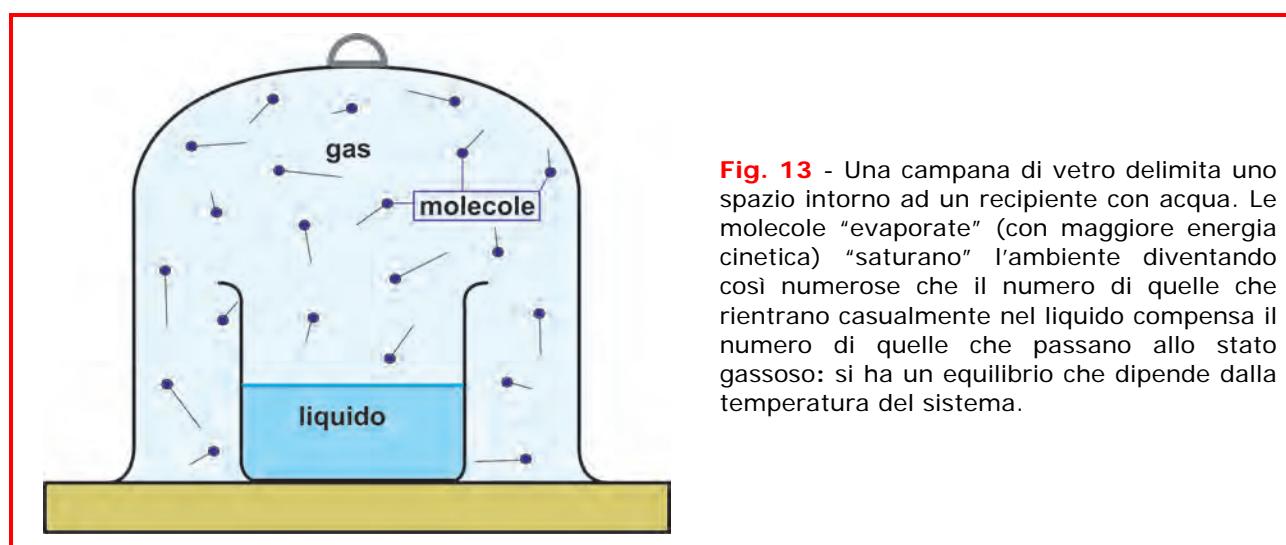


Fig. 13 - Una campana di vetro delimita uno spazio intorno ad un recipiente con acqua. Le molecole "evaporate" (con maggiore energia cinetica) "saturano" l'ambiente diventando così numerose che il numero di quelle che rientrano casualmente nel liquido compensa il numero di quelle che passano allo stato gassoso: si ha un equilibrio che dipende dalla temperatura del sistema.

Le molecole nella fase gassosa esercitano una pressione; il valore di tale pressione in condizioni di equilibrio viene detta **tensione di vapore**. La tensione di vapore dipende dalla temperatura; innalzando questa aumenta l'energia cinetica media delle molecole; diventa quindi maggiore la frazione di quelle che possiedono energia sufficiente per evaporare e, di conseguenza, aumenta la pressione di vapore di equilibrio. La tensione di vapore dell'acqua (**e**) può anche essere espressa come la massima quantità d'acqua in grammi [**g**] che può essere contenuta allo stato gassoso in un determinato volume d'aria [**m³**]. Essa è molto variabile con la temperatura (**T**); per esempio per $T = 7^\circ\text{C}$ la tensione di vapore è pari a $7,27 \text{ g/m}^3$, mentre sale a $17,31 \text{ g/m}^3$ con una temperatura di 30°C (**fig. 14**).

La quantità d'acqua effettivamente contenuta allo stato gassoso nell'aria viene detta **umidità assoluta (Ua)** e si misura anch'essa in g/m^3 . Il rapporto **Ua/e (%)** definisce l'**umidità relativa (Ur)**. Per esempio se la quantità d'acqua allo stato gassoso effettivamente presente nell'aria fosse $Ua = 9,4 \text{ g/m}^3$, alla temperatura di 10°C coinciderebbe con la tensione di vapore "**e**"; pertanto l'umidità relativa sarebbe pari a $Ur = 100\%$ (**fig. 14**). Ma se la temperatura fosse più elevata, per esempio 20°C , il valore di "**e**" diventerebbe pari a $17,3 \text{ g/m}^3$ e quindi l'umidità relativa $Ur = Ua/E = (9,4 : 17,3) \cdot 100 = 54\%$. In altri termini altra acqua ($100 - 54 = 46\%$) potrebbe passare allo stato gassoso per saturare l'aria e precisamente una quantità pari a $17,3 - 9,4 = 7,9 \text{ g}$ per ogni metro cubo d'aria (il 46 % rispetto alla tensione di vapore). Riassumendo:

- l'umidità assoluta (U_a) è la quantità d'acqua realmente presente nell'aria,
- la tensione di vapore (e) è la quantità d'acqua massima (saturazione) che può essere contenuta allo stato gassoso nell'aria ad una data temperatura,
- l'umidità relativa (U_r) è il rapporto U_a/e [%] e fornisce indicazioni su quanta acqua potrebbe ancora passare allo stato gassoso per raggiungere la saturazione.

Fig. 14 - La tensione di vapore "e" dell'acqua (espressa in g/m^3 sull'asse delle ordinate) dipende dalla **temperatura "T"** dell'aria (in $^\circ\text{C}$ sull'asse delle ascisse) risultando più di 5 volte superiore (oltre $25 \text{ g}/\text{m}^3$) a 30°C rispetto al valore (poco meno di $5 \text{ g}/\text{m}^3$) corrispondente alla temperatura di 0°C .

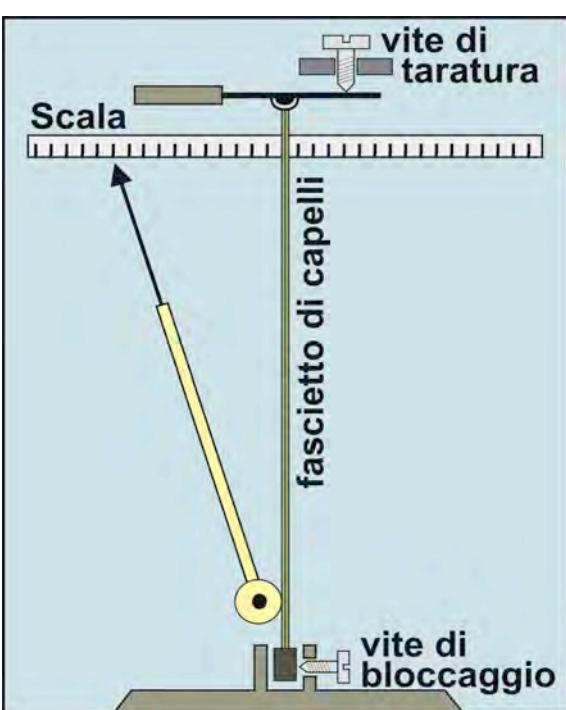
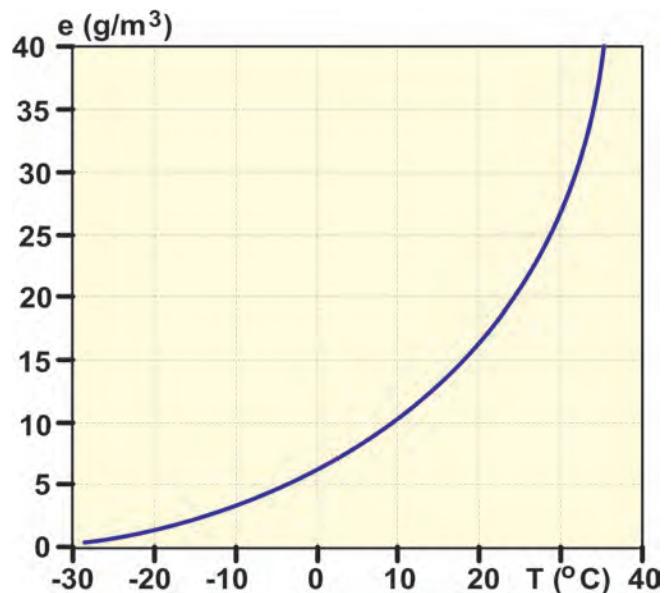


Fig. 15 - L'igrometro a capelli è basato sulla proprietà dei capelli di allungarsi all'aumentare dell'umidità in aria. Un **fascetto di capelli** è teso verso il basso da un peso (o da una molla) ed è vincolato ad un asse che ruota in senso orario con l'allungamento. In seguito ad una opportuna taratura un indice segnala il valore di umidità relativa % su una scala graduata.

L'umidità relativa dell'aria può essere misurata con uno strumento: l'**igrometro**. Il più semplice e diffuso (l'igrometro a capelli) è schematizzato in **fig. 15**. Esso è basato sulla proprietà che hanno i capelli di allungarsi all'aumentare dell'umidità relativa dell'aria.

È possibile effettuare un esperimento in un'aula disponendo di un termometro e di un igrometro. Supponiamo di voler determinare il contenuto di acqua nell'aria in un aula lunga 6 m, larga 5 m e alta 3,5 m (volume = $6 \cdot 5 \cdot 3,5 = 105 \text{ m}^3$). Se il termometro segna una temperatura pari a circa 22°C , per mezzo del diagramma e/T (**fig. 14**) si ricava la corrispondente tensione di vapore pari a $19 \text{ g}/\text{m}^3$. Se l'ambiente fosse saturo di vapore, l'aria presente in aula conterebbe una quantità d'acqua pari a $105 \text{ m}^3 \cdot 19 \text{ g}/\text{m}^3 = 1.995 \text{ g}$ e cioè quasi due litri.

Supponiamo ora che l'igrometro segni una umidità relativa pari al 65%; ciò significherebbe che la quantità d'acqua effettivamente presente per ogni metro cubo sia pari a $0,65 \cdot 19 \text{ g}/\text{m}^3 = 12,35 \text{ g}/\text{m}^3$, per un totale di quasi 1.296 g (poco meno di 1,3 litri) in tutta l'aula. In altri termini occorrerebbe che altra acqua, pari a $1.995 - 1.296 = 699 \text{ g}$, evaporasse per portare l'ambiente a saturazione e cioè con umidità relativa pari al 100 %. Oppure, se ipoteticamente si potesse abbassare la temperatura fino a 13°C circa, la tensione di vapore si abbasserebbe fino a diventare ugu-

le al valore di $12,35 \text{ g/m}^3$; essa coinciderebbe con la quantità d'acqua effettivamente presente e l'umidità relativa diventerebbe pari al 100 %.

Riassumendo l'aria può diventare satura di vapore se aumenta la quantità d'acqua che passa allo stato gassoso oppure se diminuisce la temperatura. Una volta raggiunta la tensione di vapore se altra acqua evapora (o se la temperatura diminuisce ancora), altra acqua deve condensare (sistema in equilibrio), come si verifica nel caso del recipiente chiuso in una campana di vetro (**fig. 13**). Si deve immaginare allora che tutte le superfici presenti in aula diventino bagnate; oppure, se si è all'aria aperta, che si formi la nebbia.

Questo è il meccanismo con il quale si formano le nuvole. Masse d'aria, già quasi sature di vapore per aver "sorvolato" un oceano o una foresta tropicale, possono raffreddarsi nei loro spostamenti verso aree più fredde; se la diminuzione di temperatura comporta un abbassamento della tensione di vapore a valori pari o inferiori all'umidità assoluta, l'umidità relativa raggiunge la saturazione; l'acqua oltre il 100 % condensa in goccioline che formano le nubi. Viceversa un aumento di temperatura (per esempio al sorgere del sole) determina un aumento della tensione di vapore e quindi un abbassamento dell'umidità relativa a valori inferiori al 100 % con conseguente "riassorbimento" della nebbia attraverso il ritorno alla fase gassosa dell'acqua delle goccioline sospese nell'aria.

Le attività di osservazioni meteorologiche in una scuola possono prevedere anche la rilevazione dell'umidità dell'aria. Lo strumento più semplice è l'igrometro a capelli, il cui funzionamento è illustrato nella succitata **fig. 15**. Il livello di precisione di tali strumenti, solitamente quelli che si vedono appesi sulle pareti delle case, non è molto affidabile, soprattutto in funzione di come viene utilizzato. Nonostante questo non sia uno degli strumenti più precisi, viene ancora oggi utilizzato in alcune piccole stazioni meteorologiche meccaniche ed all'interno di musei dove occorre monitorare costantemente l'umidità per preservare nel tempo le opere d'arte.

Una volta acquistato, tale strumento (in genere poco costoso) non può essere immediatamente utilizzato, ma occorre una taratura. In sostanza, attraverso una vite di regolazione, occorre spostare l'ago indicatore in corrispondenza di un valore certo dell'umidità relativa e questo può essere quello relativo alla completa saturazione e cioè $Ur \sim 100\%$. Per ottenere tale condizione occorre avvolgere lo strumento in una panno ben bagnato, ma non eccessivamente impregnato d'acqua. Quindi occorre attendere un paio d'ore ed immediatamente dopo regolare la vite in modo che l'ago indicatore segni un'umidità prossima al 100 %. Tutta l'operazione può essere condotta in aula (o nel laboratorio di scienze) alla temperatura intorno ai 10°C . Se le attività di osservazioni meteorologiche interessano un'arco di osservazioni di diversi mesi, occorre ripetere la taratura almeno 3-4 volte.

L'igrometro può essere inserito nella capannina termometrica, se questa è sufficientemente grande, insieme al termometro o al sensore termico. Infatti la collocazione di tale strumento richiede più o meno le stesse indicazioni riportate in **fig. 4**. Molto più comodo è tuttavia l'utilizzo di un sensore elettronico capace di inviare impulsi radio ad una stazione interna alla scuola, più o meno con lo stesso meccanismo descritto a proposito del sensore termico. A questo proposito esistono in commercio termoigrometri elettronici provvisti di due sensori, uno per la temperatura e l'altro per l'umidità; i valori di entrambi i parametri possono essere agevolmente letti dalla stessa stazione ricevente. Il costo di tali strumenti è relativamente modesto: $50 \div 100 \text{ €}$.

8 - Glossario climatologico

Con il presente glossario si forniscono definizioni e descrizioni sintetiche di fenomeni e di concetti legati alla climatologia. I termini sono numerati ed elencati in ordine alfabetico e si riferiscono a quelli più frequentemente utilizzati negli studi climatici.

1. **Altitudine (H)**. È l'altitudine [m s.l.m.] del sito ove è ubicata una determinata stazione meteorologica, denominata con il toponimo più significativo segnato sulle carte topografiche di base (fig. 16). Oppure è l'altitudine della località per la quale sono disponibili dati climatici ottenuti mediante l'elaborazione di quelli effettivamente misurati presso le stazioni meteorologiche più vicine.

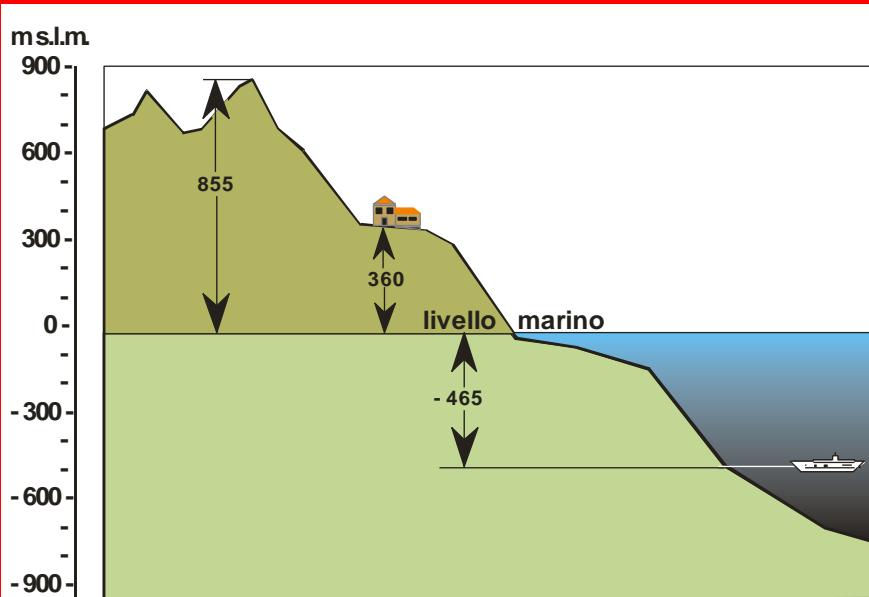


Fig. 16 - L'**altitudine** di un punto (una casa, una vetta,...) è l'**altezza sul livello marino**. Se i continenti fossero ridotti ad una serie di buchi e gallerie fra loro collegati, l'acqua del mare vi penetrerebbe mantenendo lo stesso livello, formando una superficie immaginaria che fa da riferimento per l'altitudine; essa si esprime in **metri (m)** sul (**s.**) **livello (l.) marino (m.)**. Un punto sotto il livello del mare (per es. un sottomarino) si trova ad una altitudine negativa.

2. **Brezza di monte**. Vento che spira, soprattutto nelle notti calme e serene, muovendosi da monte verso valle; nella notte i fianchi delle montagne si raffreddano abbassando la temperatura dell'aria immediatamente sovrastante che diventa più densa e scende a valle (fig. 17). Si tratta di un vento periodico che "scende", soprattutto nell'ultima parte della notte e nella prima mattina, lungo le principali vallate alpine.

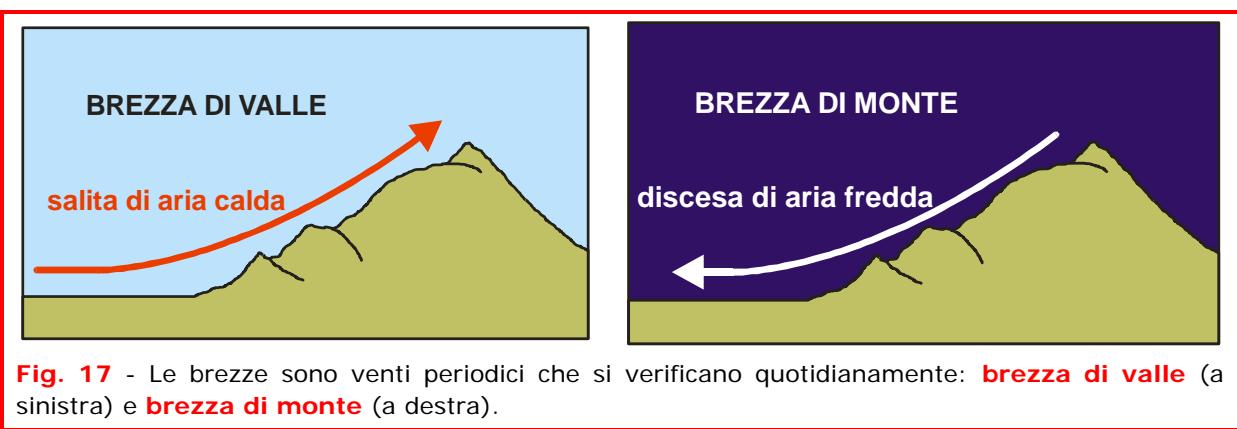
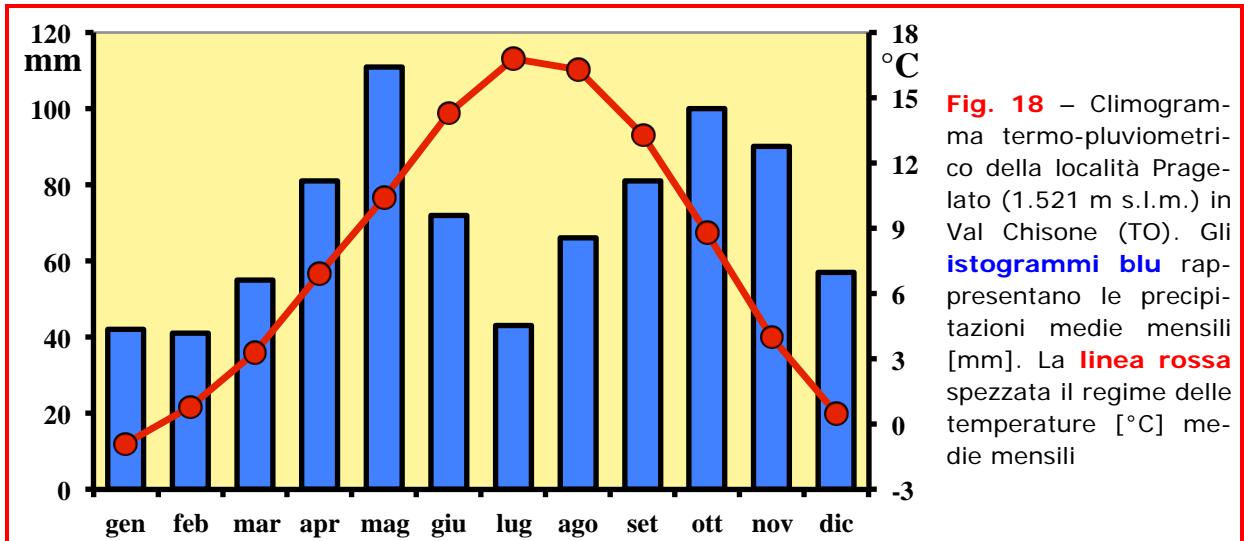


Fig. 17 - Le brezze sono venti periodici che si verificano quotidianamente: **brezza di valle** (a sinistra) e **brezza di monte** (a destra).

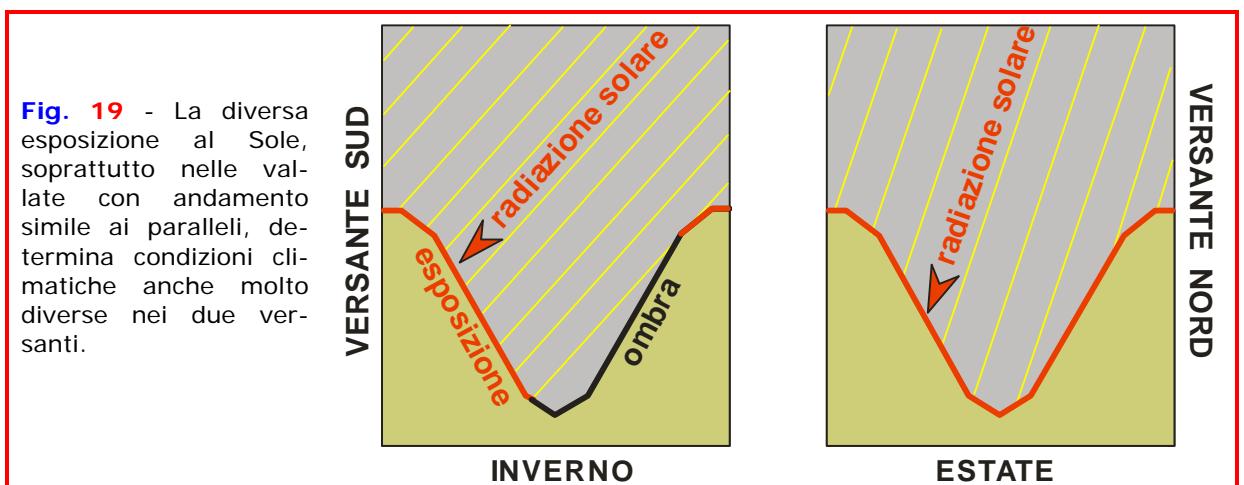
3. **Brezza di valle**. Vento che si spira durante il giorno, soprattutto nelle ore più calde, dalla pianura o dalla porzione più bassa di un valle verso monte (venti ascendenti). Nelle ore

più calde l'aria stazionante in pianura o nella valle si riscalda, si dilata e sale lungo i pendii montuosi (**fig. 17**). Si tratta di un vento periodico che "risale", lungo le principali vallate alpine.

- Climogramma termo-pluviometrico.** È una rappresentazione grafica (**fig. 18**) con la quale vengono illustrati contemporaneamente i regimi medi mensili termico (**31**) e pluviometrico (**30**).



- Escursione media annua (Ey).** Differenza [°C] tra le temperature medie mensili (**36**) del mese più caldo (solitamente luglio nelle aree continentali e agosto in quelle marittime) e di quello più freddo (solitamente gennaio nelle aree continentali e febbraio in quelle marittime). Nelle aree continentali sono più pronunciate per le stazioni della pianura (in genere con valori superiori a 20 °C) e meno per quelle di montagna o prossime al mare (tra 15 e 20 °C). L'escursione media annua esprime anche il grado di continentalità, tanto più elevato, quanto più alto è il valore Ey.
- Esposizione dei versanti.** In montagna, soprattutto nelle vallate con orientamento Ovest
 - Est, i versanti risultano diversamente esposti alla radiazione solare, tanto che risultano situazioni climatiche molto variabili (**fig. 19**). I versanti "in ombra" sono decisamente più freddi, con conservazione per tutto l'inverno della neve al suolo, mentre quelli "al sole" sono molto più utilizzati per le tipiche attività economiche legate all'agricoltura marginale e soprattutto al pascolo.



- Fohn (vento di caduta).** Vento di discesa dalle montagne che si comprime adiabaticamente verso la pianura (**fig. 20**). È un vento relativamente caldo e asciutto, conseguenza di intensi e veloci flussi perturbati. Le masse d'aria, in origine, sono più o

meno fredde ed umide e scaricano la loro umidità sul versante sotto vento (**stau - 39**). Si tratta di un fenomeno relativamente frequente nella stagione invernale, quando l'anticiclone delle Azzorre si espande verso Nord convogliando masse d'aria oceaniche occidentali settentrionali sull'Europa centrale e sul Mediterraneo. In pianura padana la temperatura dell'aria assume valori quasi primaverili ed alle medie altitudini si verificano cospicue fusioni delle nevi. In alta montagna si hanno invece tormenti di neve che tuttavia assai raramente comportano incrementi significativi del manto ghiacciato.

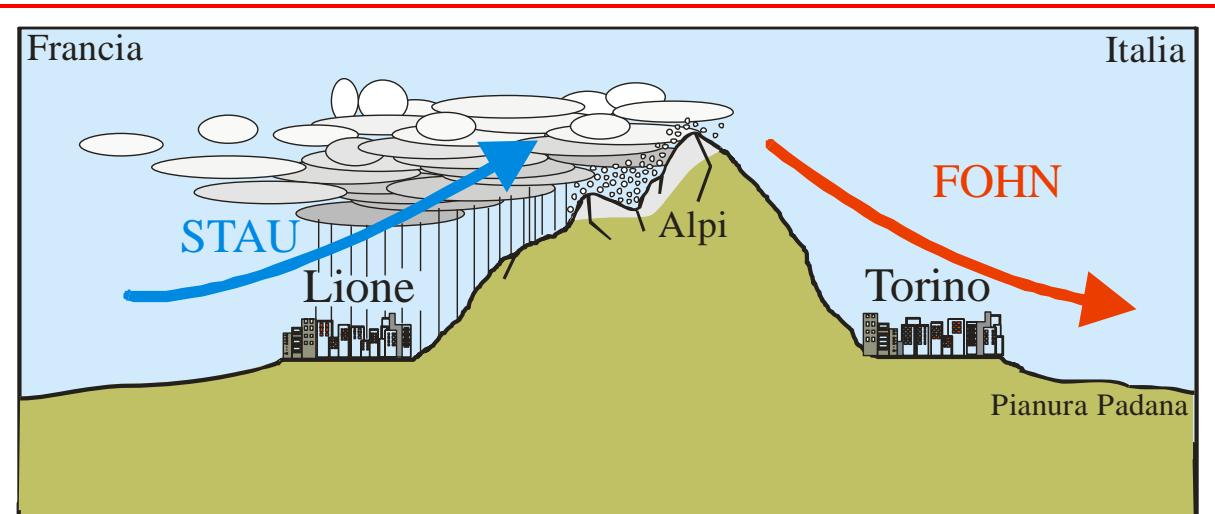


Fig. 20 - Le Alpi fanno da spartiacque fra il versante francese esposto ad occidente e quello italiano esposto ad oriente. Quando aria più o meno fredda giunge da Nord - Ovest, sul primo si verificano fenomeni di **stau** e sul secondo fenomeni di **fohn**.

8. **Giorno di gelo.** Giorno nel quale la temperatura minima giornaliera (38) è pari o inferiore a 0 °C. In pianura padana, mediamente, le giornate di gelo si manifestano dalla terza decade di novembre alla prima di marzo. Salendo di altitudine naturalmente aumenta il periodo nel quale tali fenomeni possono verificarsi.
9. **Giorno senza disgelo.** Giorno nel quale la temperatura massima giornaliera (33) è pari o inferiore a 0 °C. In pianura padana, mediamente, le giornate senza disgelo sono relativamente poche e si manifestano nei mesi dicembre e gennaio. Salendo di altitudine naturalmente tali fenomeni sono più frequenti.
10. **Gradiente termico verticale medio annuo (Gy).** È la diminuzione della temperatura media annua dell'aria (34) con l'altitudine (1) [°C/100 m]. Più o meno una diminuzione di circa 1 °C ogni 200 m in più di altitudine.
11. **Gradiente termico verticale medio mensile (Gm).** È la diminuzione della temperatura media mensile dell'aria (36) con l'altitudine (1) [°C/100 m]. I gradienti termici medi mensili variano nell'anno e la loro media aritmetica è pari al gradiente termico verticale medio annuo (10). In estate il gradiente è maggiore (0,6 ÷ 0,7 °C/100 m) che in inverno (0,3 ÷ 0,4 °C/100 m), ciò significa che nella stagione fredda la differenza di temperatura tra le località montane e quelle di bassa quota è meno rilevante che in estate.
12. **Indice di continentalità igrica (x).** La precipitazione media annua (Pym - 27) e l'altitudine (H - 1), relative ad una determinata località, sono alla base del calcolo dell'indice di continentalità igrica di Gams, che si ottiene con la seguente relazione:

$$ctgx = \frac{Pym}{H}$$

dove "X" è un valore angolare compreso tra 0° e 90°. Con X > 20° sussistono buone condizioni per l'insediamento di specie vegetali sciafile e microterme.

13. Indice di continentalità/marittimità (C). È un indice che definisce il livello di continentalità (e/o marittimità) sulla base della latitudine geografica (α - 18) e della escursione media annua (Ey - 5) di una determinata località; esso si esprime con la seguente relazione:

$$C(\%) = 1,6 \cdot \frac{Ey}{\sin(\alpha + 10^\circ)} - 14$$

Tanto più elevato è il valore che si ottiene, tanto più è continentale il clima di quella località.

14. Indice di de Martonne (De). È un indice che utilizza i valori medi mensili della temperatura (Tm - 36) e delle precipitazioni (Pmm - 28) di una determinata località e si esprime con la seguente relazione:

$$De = \frac{12 \cdot Pmm}{Tm + 10}$$

I mesi più caldi (solitamente luglio e/o agosto) che risultano con $De < 15$ si possono definire "aridi".

15. Indice di GausSEN (Ig). È il semplice rapporto tra i valori medi mensili delle precipitazioni (Pmm - 28) e della temperatura (Tm - 36) di una determinata località. I mesi con $Ig < 2 \text{ mm}^{\circ}\text{C}$ sono caratterizzati da problemi di deficit idrico per la vegetazione.

16. Inversione termica al suolo. Nelle notti invernali serene e in assenza di venti, il suolo si raffredda fortemente per irraggiamento. Lo strato d'aria a contatto col suolo si raffredda più fortemente rispetto agli strati d'aria sovrastanti, causando le cosiddette "nebbie di irraggiamento" (fig. 21). Nella stagione invernale tali fenomeni, oltre ad interessare la pianura, possono coinvolgere, seppure eccezionalmente, anche le porzioni terminali delle principali vallate alpine.

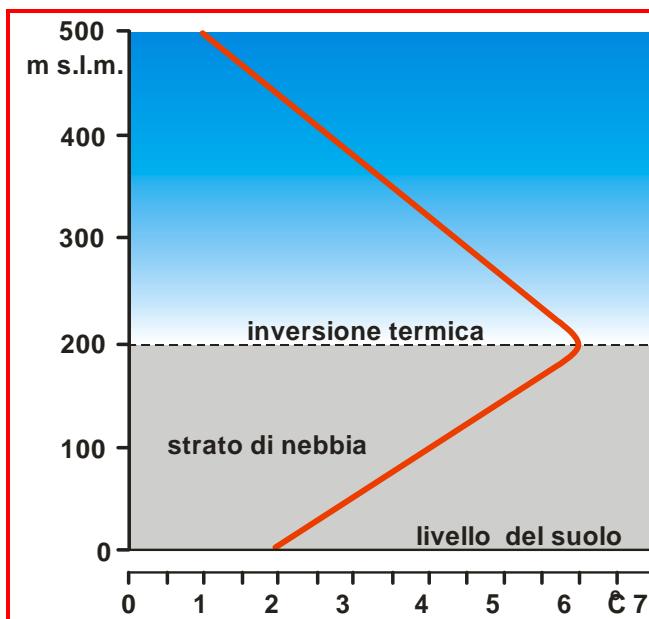
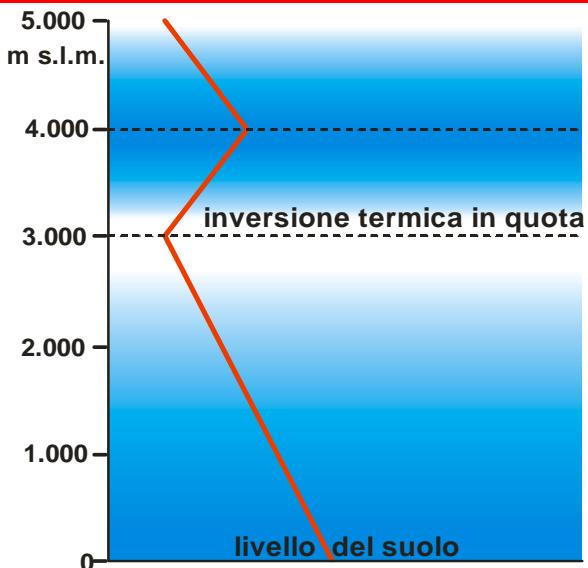


Fig. 21 - In un sottile strato d'aria in prossimità del terreno (da pochi metri a qualche decametro) si ha un abbassamento della temperatura favorito da condizioni meteorologiche che consentono un forte irraggiamento (la linea rossa indica l'andamento della temperatura con la quota). Per il raffreddamento l'acqua contenuta nell'aria condensa con formazione di nebbie di irraggiamento.

17. Inversione termica in quota. Le inversioni termiche possono verificarsi anche in quota ed avere uno spessore di centinaia di metri e una grande estensione orizzontale; esse sono prodotte da uno scorrimento di aria più calda sopra un sottostante cuscinetto di aria più fredda (fig. 22). Sulle Alpi spesso si originano per correnti Sud - occidentali che precedono le perturbazioni di origine atlantica, quelle responsabili delle maggiori precipitazioni. Oppure, in estate, forti riscaldamenti in quota possono produrre inversioni termiche che limitano lo sviluppo verticale delle nubi che si allargano in alto a forma di incudini.

Fig. 22 - L'inversione termica in quota è determinata da un trasporto orizzontale di uno strato di aria calda su quella più fredda sottostante. Essa costituisce una sorta di barriera fisica che impedisce l'ulteriore sviluppo verticale di eventuali nubi cumuliformi; queste si allargano alla sommità come un fungo dando origine alla caratteristica "incudine", fenomeno assai frequente in montagna, soprattutto nei caldi pomeriggi estivi.



18. Latitudine geografica (α). È una **coordinata geografica**, cioè l'altezza, espressa in gradi [$^{\circ}$], della Stella Polare sull'orizzonte osservata da una punto qualunque, sull'Emisfero Nord. Oppure è l'angolo compreso tra il piano che origina l'Equatore e la retta passante per il centro della Terra e per il punto di osservazione (fig. 23). La latitudine assume un particolare significato climatico e viene usata anche per il calcolo di indici climatici (13).

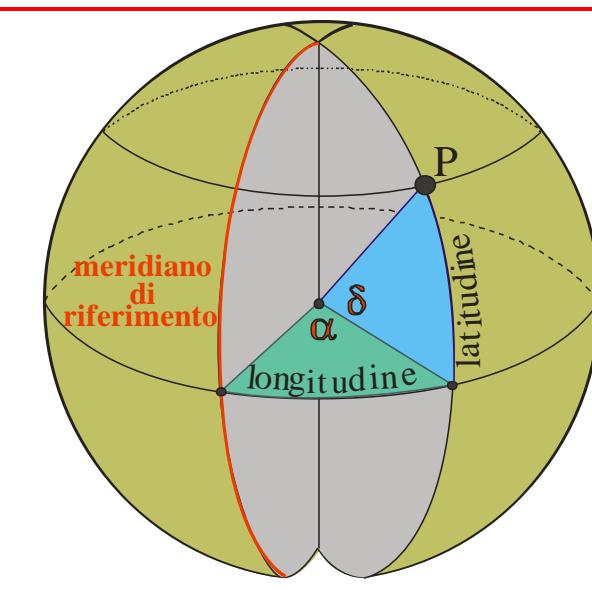


Fig. 23 - La **latitudine (δ)** di un punto **P** è l'angolo formato fra la linea congiunte il centro della Terra con il punto stesso ed il piano equatoriale. La **longitudine (α)** di **P** è l'angolo formato dalla intersezione del piano del meridiano di riferimento (Greenwich) con quello del meridiano sul quale si trova il punto.

19. Longitudine geografica (α). È una **coordinata geografica**, cioè l'angolo [$^{\circ}$] compreso tra il piano che origina il Meridiano Fondamentale (passante per Greenwich, presso Londra) ed il piano del meridiano sul quale si trova il punto di osservazione (fig. 23).

20. Limite climatico delle nevi persistenti (LCnp). È l'altitudine [**m s.l.m.**] alla quale il regime termico (31) è caratterizzato da valori mensili (36) inferiori a 0°C per almeno metà dell'anno e quindi con condizioni climatiche che, generalmente, non consentono la completa fusione delle nevi nella stagione "calda", con conseguente persistenza del manto ghiacciato che addirittura può incrementare di anno in anno. Sulle Alpi esso si colloca intorno a **3.100 m s.l.m.**, ma può variare di $200 \div 400$ m a seconda dell'esposizione dei versanti e dell'entità delle precipitazioni.

21. Limite climatico dello zero termico medio annuo (LCty). È l'altitudine [**m s.l.m.**] alla quale la temperatura media annua (34) è pari a 0°C . Sulle Alpi esso si colloca intorno a

2.700 m s.l.m. (2.900 m s.l.m. sugli Appennini), ma è alquanto variabile, soprattutto in funzione dell'esposizione dei versanti. A quella quota, solitamente la copertura nevosa si mantiene e si incrementa da novembre ad aprile; successivamente il manto ghiacciato, quasi sempre, si riduce fino alla completa fusione al termine dell'estate.

22. Limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale (L_{Cti}). È l'altitudine [**m s.l.m.**] alla quale le temperature medie mensili (**36**) del trimestre invernale (dicembre, gennaio e febbraio) sono pari o inferiori a 0 °C. Sulle Alpi esso si colloca, grosso modo, all'altitudine di **1.500 ÷ 1.700 m s.l.m.** Negli Appennini si colloca intorno a 1.800 m s.l.m. A quella quota, solitamente, la copertura nevosa si mantiene per tutto l'inverno.

23. Limite climatico dello zero termico medio di gennaio (L_{Ctg}). È l'altitudine [**m s.l.m.**] alla quale la temperatura media mensile (**36**) di gennaio è pari a 0 °C. Sulle Alpi esso si trova intorno a **500 ÷ 600 m s.l.m.** (700 ÷ 800 m s.l.m. sugli Appennini). A quella altitudine, solitamente, la neve caduta in gennaio permane a coprire il suolo. Gennaio è il mese mediamente più freddo, ma alle altitudini inferiori la copertura nevosa permane poco tempo, da pochi giorni ad un paio di settimane, molto eccezionalmente per più lunghi periodi.

24. Manto nevoso. È lo strato di neve (e di transizione al ghiaccio quando questa viene compressa) che copre il suolo nella stagione fredda. Lo spessore e la durata della copertura sono molto variabili con l'altitudine (**1**) e con l'esposizione dei versanti (**6**). In generale la permanenza e l'altezza della neve al suolo caratterizzano le fasce comprese entro i principali limiti climatici (**20, 21, 22 e 23**) caratteristici delle aree montane.

25. Precipitazione annua (Py). È l'altezza [**mm**] della lama liquida di pioggia sul suolo (e/o l'equivalente dovuto alla fusione della neve o del ghiaccio nei casi di precipitazioni solide) caduta nell'arco temporale di un determinato anno. Si ottiene dalla somma delle precipitazioni mensili (**29**) misurate in quell'anno (si usa infatti anche l'espressione "totale pluviometrico annuo"). In Italia, in alcuni anni ed in alcune località di pianura i totali annui possono risultare molto bassi, intorno a 500 mm. Viceversa, negli anni più "umidi" si riscontrano valori anche prossimi a 4.000 mm (soprattutto nella porzione Nord - orientale).

26. Precipitazione giornaliera (Pg). È l'altezza [**mm**] della lama liquida di pioggia sul suolo (e/o l'equivalente dovuto alla fusione della neve o del ghiaccio nei casi di precipitazioni solide) caduta nell'arco temporale di 24 ore o "giorno meteorologico" (solitamente dalle ore 9 alla stessa ora del giorno successivo).

27. Precipitazione media annua (Pym). Si ottiene dalla media aritmetica delle precipitazioni annue (**25**) relative ad un periodo di osservazione di almeno 25 ÷ 30 anni. Si ottiene anche dalla somma delle precipitazioni medie mensili (**28**).

28. Precipitazione media mensile (Pmm). Si ottiene dalla media aritmetica delle precipitazioni mensili (**29**) di un determinato mese relative ad un periodo di osservazione di almeno 25 ÷ 30 anni.

29. Precipitazione mensile (Pm). È l'altezza [**mm**] della lama liquida di pioggia sul suolo (e/o l'equivalente dovuto alla fusione della neve o del ghiaccio nei casi di precipitazioni solide) caduta nell'arco temporale di un determinato mese. Si ottiene dalla somma delle precipitazioni giornaliere (**26**) misurate in quel mese (si usa infatti anche l'espressione "totale pluviometrico mensile"). In Italia si possono verificare mesi con assenza assoluta di precipitazioni; viceversa, in alcuni decenni di osservazioni si sono verificati mesi con totali massimi di diverse centinaia di millimetri.

30. Regime pluviometrico medio mensile (reg.p). È l'andamento delle precipitazioni medie mensili (**28**) nell'arco dell'anno (**fig. 24**).

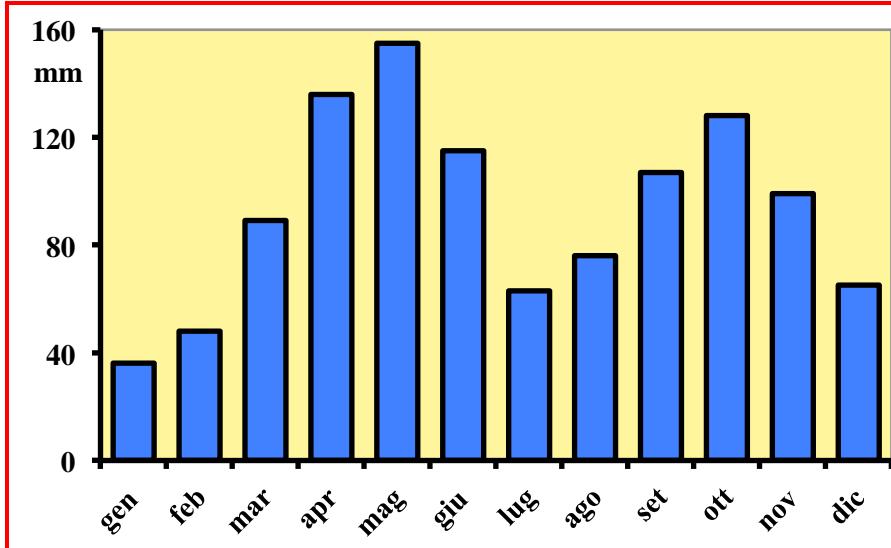


Fig. 24 – Esempio di regime pluviometrico medio mensile. Località Crissolo (1.318 m s.l.m.) in Val Po (CN). Sono riportate le precipitazioni medie mensili mediante istogrammi [mm].

31. Regime termico medio mensile. È l'andamento delle temperature medie mensili (36) nell'arco dell'anno (fig. 25). Esso assume la forma di una campana con il massimo in luglio (agosto nelle località prossime al mare) ed il minimo in gennaio (febbraio nelle località prossime al mare). Il diagramma mette in evidenza evidenti aumenti e diminuzioni della temperatura rispettivamente in primavera ed in autunno. Aprile e ottobre sono i mesi con valori più vicini alla media annua (34).

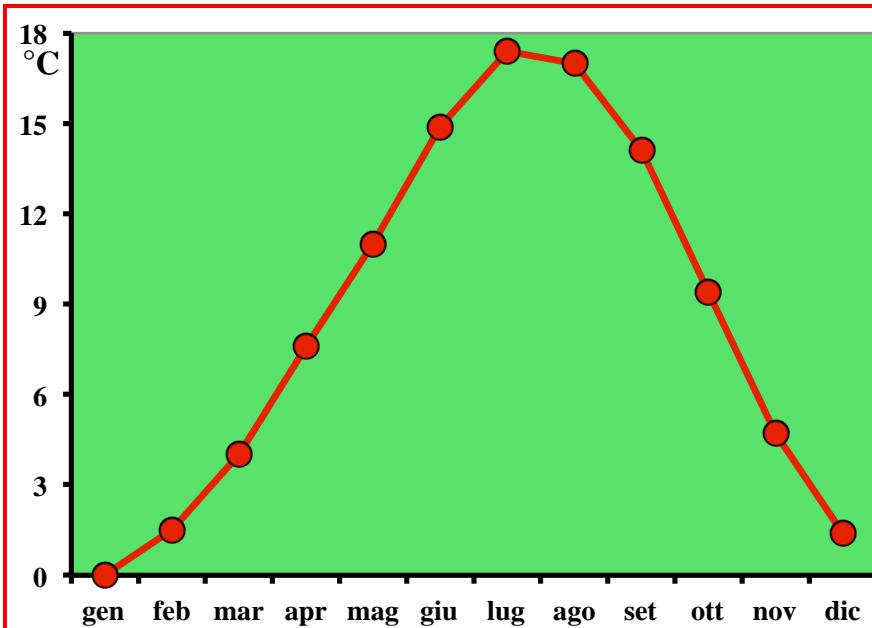


Fig. 25 – Esempio di regime termico medio mensile. Località Salbertrand (1.032 m s.l.m.) in Val di Susa (TO). Sono riportate le temperature medie mensili mediante punti [°C].

32. Temperatura massima assoluta (T_{max}). Massimo valore assoluto della temperatura massima giornaliera (33) registrata in un determinato periodo di osservazione (almeno 25 ÷ 30 anni). Per esempio 43 °C nel luglio 1957 a Torino.

33. Temperatura massima giornaliera (T_{max-g}). È il valore [°C] massimo della temperatura dell'aria misurata nell'arco temporale di 24 ore o "giorno meteorologico" (solitamente dalle ore 9 alla stessa ora del giorno successivo). Solitamente essa si verifica nel primo pomeriggio.

34. Temperatura media annua (T_y). È il valore [°C] ottenuto dalla media aritmetica delle dodici temperature medie mensili (36) dell'anno solare (da gennaio a dicembre). Essa viene calcolata sulla base di un periodo di osservazione di almeno 25 ÷ 30 anni.

35. Temperatura media giornaliera (Tmed-g). È il valore [°C] ottenuto dalla media aritmetica tra i due valori massimo (33) e minimo (38) giornalieri misurati nell'arco temporale di 24 ore o "giorno meteorologico" (solitamente dalle ore 9 alla stessa ora del giorno successivo).

36. Temperatura media mensile (Tm). È il valore [°C] ottenuto dalla media delle temperature medie giornaliere (35) di tutti i giorni di un determinato mese per l'intero periodo di osservazione (per esempio la media calcolata su $31 \times 25 = 775$ dati nel caso del mese gennaio, di 31 giorni per un periodo di 25 anni di osservazione). In Italia può variare da massimi anche superiori a 26 °C nelle pianure meridionali nei mesi luglio e agosto a valori intorno a - 10 °C nel mese di gennaio in alta montagna (~ 2.500 m s.l.m.).

37. Temperatura minima assoluta (Tmin). Minimo valore assoluto della temperatura minima giornaliera (38) registrata in un determinato periodo di osservazione (almeno 25 ÷ 30 anni). Per esempio -19 °C nel febbraio 1956 a Torino.

38. Temperatura minima giornaliera (Tmin-g). È il valore [°C] minimo della temperatura dell'aria misurata nell'arco temporale di 24 ore o giorno meteorologico (solitamente dalle ore 9 alla stessa ora del giorno successivo). Solitamente essa si manifesta di primo mattino.

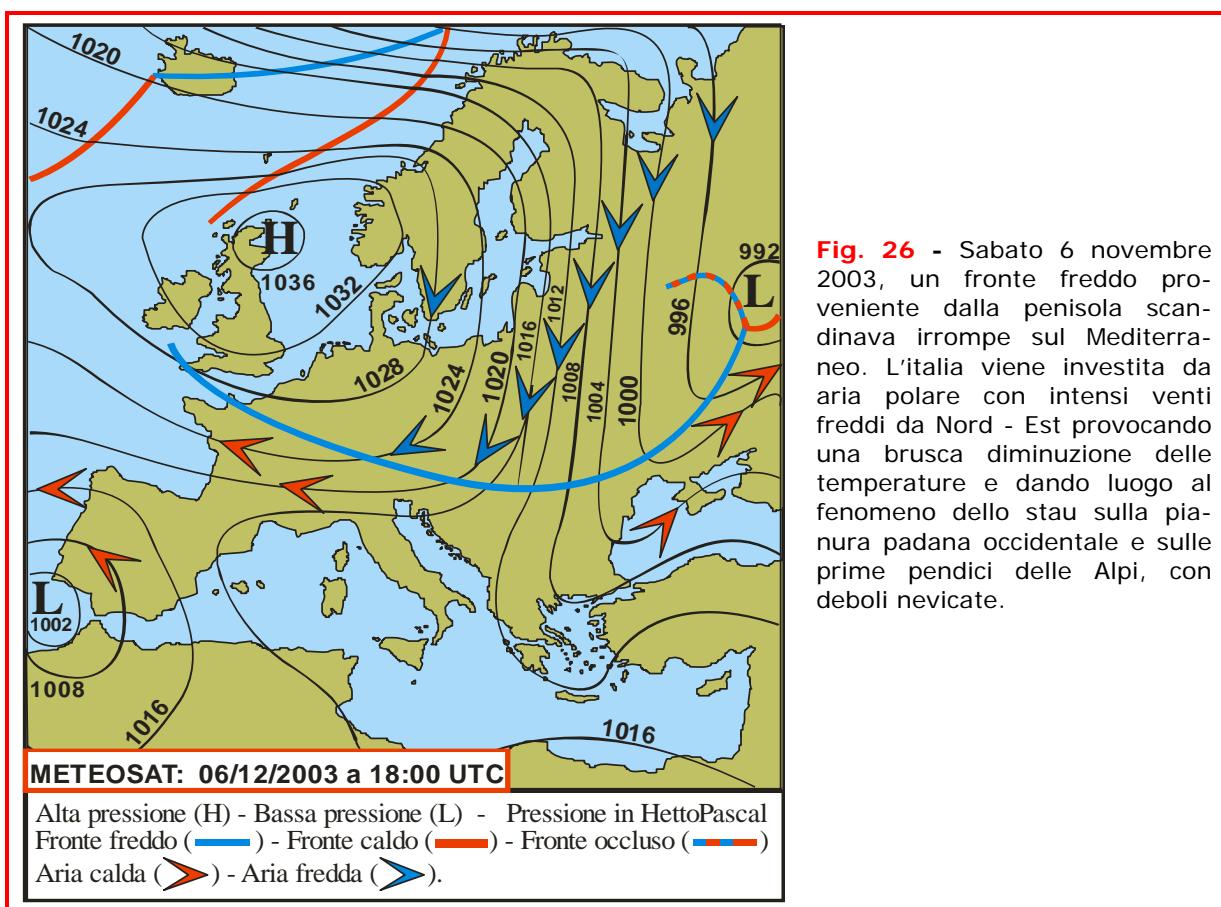


Fig. 26 - Sabato 6 novembre 2003, un fronte freddo proveniente dalla penisola scandinava irrompe sul Mediterraneo. L'Italia viene investita da aria polare con intensi venti freddi da Nord - Est provocando una brusca diminuzione delle temperature e dando luogo al fenomeno dello stau sulla pianura padana occidentale e sulle prime pendici delle Alpi, con deboli nevicate.

39. Stau (vento di ascesa). Vento di ascesa che risale dalla pianura Padana sulle pendici delle montagne che coronano la porzione occidentale del bacino del Po; oppure che soffia da Est sul versante orientale dell'appennino. È un vento freddo e frequentemente asciutto, conseguenza dell'irruzione di masse d'aria dall'anticiclone invernale eurosiberiano. Con la risalita dell'aria si determina una espansione ed ulteriore raffreddamento con deboli nevicate gelate e farinose al Nord o abbondanti sull'Appennino. Si tratta delle situazioni meteorologiche responsabili dei fenomeni di gelo più pronunciati, con temperature in anche di - 10 °C in pianura (- 19 °C nel febbraio 1956 a Torino) ed ancora più rigide in montagna (esempio in **fig. 26**).

9 - Un esempio

Nell'anno scolastico 2003/2004, nell'ambito di un progetto Comenius che ha coinvolto alcune scuole di paesi europei (Inghilterra, Danimarca e Svezia), gli alunni di due classi del biennio del Liceo Scientifico Statale "N. Copernico" di Torino hanno partecipato ad una attività di rilievi di alcuni parametri meteorici con criteri uniformi e concordati tra i vari partners al fine di effettuare confronti tra le diverse situazioni meteorologiche nelle varie porzioni d'Europa e con le diverse condizioni climatiche locali. In quell'occasione è stata effettuata una prima verifica delle metodologie descritte nei precedenti capitoli.

Le osservazioni hanno interessato il trimestre settembre, ottobre e dicembre. I dati rilevati sono stati riportati in tabelle, organizzate secondo lo schema illustrato in **tab. 1**, dalle varie scuole impegnate nel progetto. Le situazioni meteorologiche di ciascuno dei mesi osservati sono state descritte mediante schede (di cui si allega, a titolo di esempio, quella relativa al mese di novembre 2003 presso il liceo Copernico di Torino).

In quell'esperienza non si sono effettuate misure delle altezze delle precipitazioni (limitando l'attività ad osservazioni qualitative) e dell'umidità dell'aria. Pertanto le colonne "Pg" [mm] e "Ur" [%] della scheda di osservazioni risultano vuote.

L'analisi della successione delle situazioni meteorologiche che si sono verificate in quei tre mesi di osservazioni, hanno costituito la base per discussioni e ricerche intorno all'andamento medio dello stesso periodo di osservazione (climatologia) grazie soprattutto ai dati relativi ai valori medi dei diversi parametri meteo disponibili per la città di Torino (Servizio Idrografico e Mareografico Italiano). Molto utile è stato il confronto con le indicazioni, giorno per giorno, fornite dai diversi siti web dedicati alla meteorologia, tra i quali soprattutto www.nimbus.it

ALLEGATO - Esempio di scheda mensile di osservazioni meteo effettuate dagli alunni del biennio del Liceo Scientifico Statale "N. Copernico" di Torino (nell'ambito di un progetto europeo Comenius)³.

Turin meteo - November 2003

Nella prima parte del novembre 2003 la situazione meteorologica è risultata simile a quella dell'ultima decade del mese precedente, con temperature relativamente basse e con primi fiocchi di neve (mista a pioggia) nella mattina del giorno 7. Ciò risulta evidente dall'andamento delle temperature massime e minime giornaliere evidenziato nel grafico allegato. La temperatura di 2,5 °C registrata in quello stesso giorno ha rappresentato il minimo assoluto del mese

A partire dalla seconda settimana, una serie di perturbazioni atlantiche ha interessato l'Italia settentrionale; esse hanno richiamato aria calda e umida da Sud, con deciso aumento delle temperature minime e con copertura del cielo da molto nuvoloso a coperto.

Le due linee di tendenza delle temperature massime e minime giornaliere mostrano un netta riduzione dell'escursione termica giornaliera; infatti il cielo coperto limitava il riscaldamento diurno ed il raffreddamento notturno. Tuttavia le piogge sono risultate abbondanti solo nell'ultima decade del mese. La temperatura massima assoluta del mese ha sfiorato i 15 °C all'inizio del mese, poco prima del succitato brusco calo termico. In linea generale l'andamento termico ha evidenziato valori leggermente superiori alle medie del periodo.

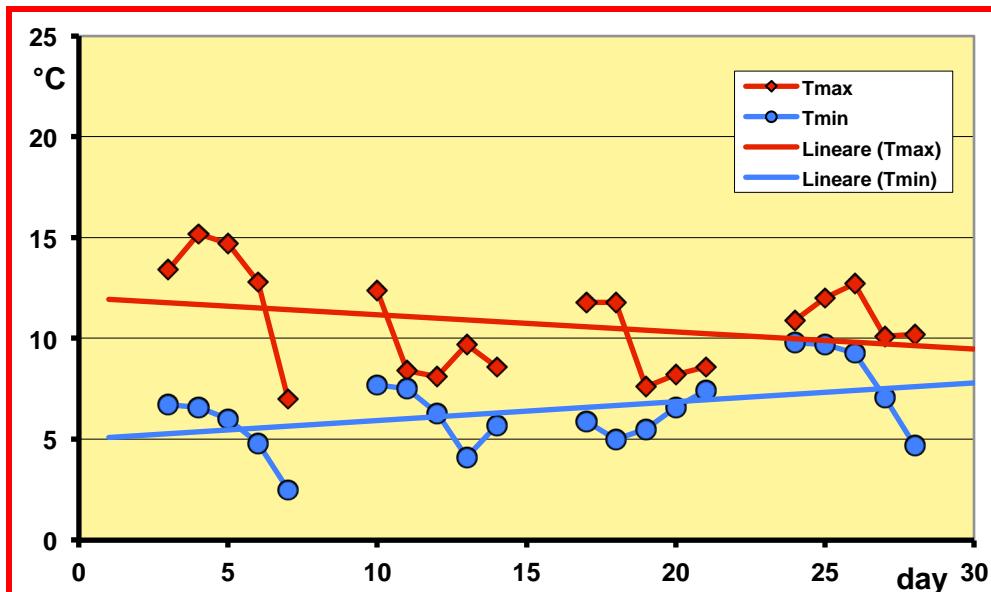
Sono risultati soltanto tre giorni con nebbia, ma che si confondeva con una pronunciata foschia che si sviluppava in una sorta di cielo parzialmente coperto nelle ore centrali (nebbia alta o foschia bassa?). Solitamente, a Torino, i giorni i nebbie, in novembre, sono più numerosi.

³ Estratto dai testi elaborati dagli studenti, anche sulla base dei confronti con la letteratura esistente riguardante la climatologia di Torino.

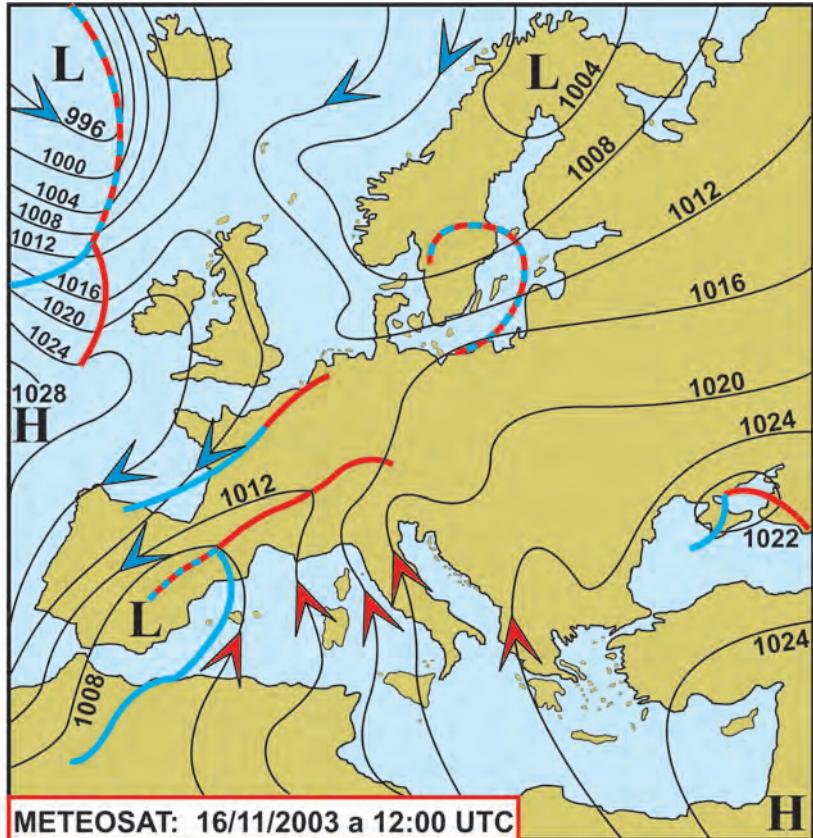
Scuola: L. Sci. St. "N. Copernico"	Comune: Torino	Provincia: Torino
Latitudine: 45° North Lat.	Longitudine: 8 ° East Long.	Altitudine: 230 m s.l.m.

Tabella di rilevazioni meteorologiche del mese di: novembre 2003

giorno	N	Tg [°C]			Pr(h9)	Cn(h9)	Pn(h9)	Pb(h9)	Pg (h9) Y/N				V (h9)	Ur %			
		max	min	med					hPa	0÷4/4	Si/No	Si/No	mm	Pi	Pn	Pg	
sab	1				992	2/4	No	No			No	No	No	No	No	1	
dom	2																
lun	3	13,4	6,7	10,1	990	4/4	No	No			No	No	No	No	No	0	
mar	4	15,2	6,6	10,9	994	0/4	No	No			No	No	No	No	No	0	
mer	5	14,7	6,0	10,4	999	0/4	No	No			No	No	No	No	No	1	
gio	6	12,8	4,8	8,6	997	0/4	No	No			No	No	No	No	No	1	
ven	7	7,0	2,5	4,8	991	4/4	No	No			Si	Si	No	Si	Si	6	
sab	8				992	4/4	No	No			Si	No	No	Si	No	2	
dom	9																
lun	10	12,4	7,7	10,1	990	2/4	No	No			No	No	No	No	No	0	
mar	11	8,4	7,5	7,9	991	4/4	No	No			No	No	No	No	No	1	
mer	12	8,1	6,3	7,2	992	4/4	No	No			No	No	No	No	No	1	
gio	13	9,7	4,1	6,9	993	3/4	No	No			No	No	No	No	No	0	
ven	14	8,6	5,7	7,1	994	3/4	No	No			No	No	No	No	No	0	
sab	15				996	4/4	No	No			No	No	No	No	No	0	
dom	16																
lun	17	11,8	5,9	8,9	998	0/4	No	No			No	No	No	No	No	0	
mar	18	11,8	5,0	8,4	1000	2/4	No	No			No	No	No	No	No	1	
mer	19	7,6	5,5	6,5	1014	3/4	Si	No			No	No	No	No	No	2	
gio	20	8,2	6,6	7,4	998	3/4	Si	No			No	No	No	No	No	2	
ven	21	8,6	7,4	8,0	997	4/4	Si	No			No	No	No	No	No	2	
sab	22				996	4/4	No	No			Si	No	No	Si	No	2	
dom	23																
lun	24	10,9	9,8	10,4	982	4/4	No	No			Si	No	No	Si	No	1	
mar	25	12,0	9,7	10,9	981	2/4	No	No			No	No	No	No	No	0	
mer	26	12,7	9,3	11	974	3/4	No	No			No	No	No	No	No	1	
gio	27	10,1	7,1	8,6	969	3/4	No	No			Si	No	No	Si	No	1	
ven	28	10,2	4,7	7,5	969	2/4	No	No			No	No	No	No	No	0	
sab	29				978	0/4	No	No			No	No	No	No	No	0	
dom	30																



Grafici relativi agli andamenti delle temperature massime e minime giornaliere registrate nel mese di novembre 2003 Nel cortile del Liceo Copernico di Torino.



METEOSAT: 16/11/2003 a 12:00 UTC

Alta pressione (H) - Bassa pressione (L) - Pressione in hPa -
 Fronte freddo (—) - Fronte caldo (—) - Fronte occluso (—)
 Aria calda (>) - Aria fredda (>).

Carta meteorologica d'Europa. Nella seconda parte del mese l'Italia è stata interessata da venti meridionali caldi e umidi (scirocco) che solitamente precedono le perturbazioni di origine atlantica, le principali responsabili delle precipitazioni nelle nostre regioni. Nel giorno 16 novembre l'Italia era interessata dalla prima importante perturbazione del mese. Contemporaneamente l'Inghilterra era dominata da un promontorio di alta pressione e quindi da tempo meteorologico buono. Invece una bassa pressione relativa estendeva la sua influenza sulla penisola scandinava, fino a lambire la Danimarca, apportando un tempo relativamente disturbato e freddo.