

ORCHESTRATEUR

METEOROLOGIA: COMPRENDERE I FENOMENI, LEGGERE UNA PREVISIONE E DECIDERE CON PRUDENZA

Una guida approfondita, disponibile offline

Leggere, capire, ritrovare un capitolo

LAFAYETTE DIGITAL PRODUCTS

Sommario

Le voci del sommario sono cliccabili. I segnalibri del PDF consentono di accedere a capitoli e sezioni. Il collegamento in fondo a ogni pagina riporta qui.

CAPITOLO 1 - TEMPO, CLIMA E MISURA: SCALE SPAZIALI, TEMPORALI E STRUMENTI 5

CAPITOLO 2 - TEMPERATURA ED ENERGIA: IRRAGGIAMENTO, CONDUZIONE, CONVEZIONE E BILANCIO 15

CAPITOLO 3 - PRESSIONE, DENSITÀ E VENTO: GRADIENTI E CIRCOLAZIONE ATMOSFERICA 25

CAPITOLO 4 - ACQUA ATMOSFERICA: VAPORE, SATURAZIONE, UMIDITÀ RELATIVA E PUNTO DI RUGIADA 35

CAPITOLO 5 - NUBI E PRECIPITAZIONI: CONDENSAZIONE, CRISTALLI E MICROFISICA SEMPLIFICATA 45

CAPITOLO 6 - FRONTI E MASSE D’ARIA: EVOLUZIONE, RILIEVO E SITUAZIONI LOCALI 55

CAPITOLO 7 - TEMPORALI, FULMINI E FENOMENI VIOLENTI: MECCANISMI E LIMITI DELLA PREVISIONE 64

CAPITOLO 8 - Previsione numerica: condizioni iniziali, modelli e insiemi di scenari 73

CAPITOLO 9 - Probabilità e incertezze: leggere un bollettino senza falsa precisione 83

CAPITOLO 10 - Vigilanza, allerta e decisione: pericolo, esposizione e autorità competenti 93

CAPITOLO 11 - Sicurezza delle attività: criteri di rinvio e dati aggiornati necessari 103

CAPITOLO 12 - Quaderno meteorologico ed esercizi di sintesi: osservare, confrontare e riconoscere i limiti 114

METEOROLOGIA: COMPRENDERE I FENOMENI, LEGGERE UNA PREVISIONE E DECIDERE CON PRUDENZA

Guida originale Lafayette Digital Products, testo francese dell’11 ottobre 2026, livello di fine scuola secondaria superiore. La redazione è stata realizzata con l’aiuto di Codex, assistente di intelligenza artificiale di OpenAI, e successivamente riletta e corretta; Codex ha curato anche questa traduzione integrale italiana. Questa guida affianca i corsi e i documenti dei servizi specializzati; non costituisce una certificazione didattica ufficiale. Gli esempi numerici, i personaggi e le situazioni indicati come fittizi sono creazioni didattiche. I riferimenti servono a verificare concetti o punti di riferimento storici; nessuna opera di terzi viene condensata integralmente.

Ogni capitolo unisce analisi, esempi originali, esercizi svolti, errori frequenti e una scheda di ripasso. Affrontate gli esercizi prima di leggerne la soluzione, poi spiegate con parole vostre perché una risposta è giustificata. Le soluzioni offrono percorsi ragionati, non una garanzia di voto né uno svolgimento ufficiale d’esame.

Questa guida consultabile offline non fornisce previsioni o allerte attuali. Per qualsiasi attività esposta, consultate i dati datati dei servizi meteorologici e le indicazioni delle autorità competenti. Non propone diagnosi né interventi medici. Orchestrateur non è un dispositivo medico; in caso di necessità, rivolgetevi a un professionista sanitario e, in emergenza, al numero ufficiale locale.

CAPITOLO 1 - TEMPO, CLIMA E MISURA: SCALE SPAZIALI, TEMPORALI E STRUMENTI

1. Che cosa descrive un’osservazione meteorologica

Dire che fa brutto tempo mescola un’osservazione e una valutazione. Una persona desidera la pioggia per il giardino; un’altra vorrebbe un cielo asciutto per uno spostamento. Per comprendere un fenomeno occorre innanzitutto descrivere delle grandezze: temperatura dell’aria, pressione, umidità, vento, quantità di precipitazioni, visibilità. Il termine tempo indica qui lo stato dell’atmosfera e la sua evoluzione a una determinata scala. Il clima caratterizza statisticamente le condizioni su periodi lunghi, attraverso medie, distribuzioni e variazioni. Un episodio freddo, quindi, non dimostra da solo una tendenza climatica; una media climatica non prevede il tempo di una singola giornata.

L’atmosfera è un mezzo materiale. Contiene soprattutto gas, ma anche particelle e talvolta goccioline o cristalli. Il vapore acqueo è un gas invisibile; una nube visibile non è semplicemente un serbatoio di vapore che si possa vedere. Questa distinzione sarà approfondita nei capitoli successivi. Già ora mostra perché le parole comuni possano nascondere stati fisici differenti. Un cielo apparentemente trasparente non significa assenza d’acqua, mentre una nube non garantisce che la pioggia raggiunga il suolo.

Una misura è completa soltanto se comprende una grandezza, un’unità, un luogo, un istante o una durata e un metodo. Scrivere «temperatura: 18» non basta. Occorre precisare 18 gradi Celsius, misurati in quali condizioni, a quale ora e in quale punto. Un’altezza di pioggia di 12 millimetri in un’ora non descrive la stessa intensità media di 12 millimetri in una giornata. Un vento

medio su una determinata durata non corrisponde a una raffica massima. La conoscenza comincia con una descrizione che renda possibile il confronto.

2. La scala modifica la domanda

Un rovescio può interessare un quartiere e non raggiungere una stazione posta a qualche chilometro di distanza. Una depressione può organizzare il tempo di un’ampia regione per più giorni. Una serie climatica può coprire diversi decenni. Queste scale non sono intercambiabili. Quando si chiede se una previsione sia corretta, bisogna precisare la zona, il periodo e l’evento valutato. Un annuncio di possibili rovesci su un dipartimento francese non afferma che pioverà in ogni strada per tutta la giornata.

La scala spaziale riguarda l’estensione del fenomeno e la risoluzione delle informazioni. La scala temporale riguarda la sua durata, la frequenza delle osservazioni e l’orizzonte di una previsione. Una misura puntuale costituisce un campione dell’ambiente, non una copia di tutto ciò che accade attorno. Un’immagine satellitare copre una grande superficie, ma non sostituisce automaticamente una misura al suolo. Un rilevamento ogni ora può non cogliere una variazione brevissima. Gli strumenti sono dunque complementari perché non osservano esattamente gli stessi oggetti.

Scenario fittizio: due studenti collocano un termometro in un cortile e un altro vicino a un muro soleggiato. Il primo indica 21 gradi, il secondo 29 gradi. Concludono che uno dei due debba necessariamente essere guasto. Questa conclusione va oltre le osservazioni. La radiazione ricevuta, la ventilazione, la vicinanza del muro e il tempo di stabilizzazione possono spiegare una differenza. Per confrontare gli apparecchi bisogna prima collocarli in condizioni comparabili. La discordanza fra due numeri rivela qui un problema di metodo prima di dimostrare un guasto.

3. Dallo strumento al dato

Un sensore trasforma una proprietà dell’ambiente in un segnale che si può leggere o registrare. Il termometro misura la propria temperatura dopo uno scambio di energia con ciò che lo circonda; si cerca di fare in modo che questa temperatura rappresenti adeguatamente quella dell’aria. Un barometro risponde alla pressione. Un pluviometro raccoglie acqua su una superficie nota. Un anemometro misura un movimento locale. Nessuno di questi apparecchi descrive direttamente l’intera atmosfera.

La risoluzione è la più piccola variazione visualizzata o distinguibile da un dispositivo. Il numero di cifre mostrate non garantisce l’accuratezza. Un display che indica 20,137 gradi può risentire di un errore sistematico maggiore delle ultime cifre visibili. La taratura confronta l’apparecchio con un riferimento in condizioni determinate. Un’incertezza esprime una conoscenza limitata del risultato; non significa che ogni misura sia inutilizzabile. Occorre imparare a conservare soltanto le cifre e le conclusioni che il metodo consente realmente.

Un errore sistematico sposta i risultati in modo persistente in una direzione. Una variabilità casuale può produrre scarti in più direzioni. Ripetere una misura aiuta a esaminare questa variabilità, ma non elimina necessariamente un errore sistematico comune. Dieci rilevamenti con un apparecchio esposto male possono risultare molto vicini tra loro ed essere tutti poco rappresentativi dell’aria che si intende misurare. La ripetizione è utile quando si sa che cosa verifica. Non sostituisce il controllo delle condizioni di misura.

4. L’altezza di pioggia come esempio di grandezza

L’altezza di precipitazione corrisponde a un volume distribuito su una superficie. Un millimetro d’acqua su un metro quadrato rappresenta un litro. Lo si può dimostrare: un millimetro equivale a 0,001 metri; moltiplicato per un metro quadrato, dà 0,001 metri cubi, cioè un litro. Il calcolo riguarda un’equivalenza geometrica. Non dice che ogni metro quadrato di una regione riceva esattamente la stessa quantità né che tutta l’acqua rimanga sul posto dopo la pioggia.

In uno scenario fittizio, una superficie orizzontale di 4 metri quadrati riceve uniformemente 7 millimetri. Il volume corrispondente vale 4 × 7 = 28 litri. Se si parla di un tetto, occorre ancora distinguere la superficie di raccolta pertinente, le perdite, i deflussi e la capacità del sistema. Il numero teorico non garantisce alcun volume disponibile. La stessa attenzione si applica al ruscellamento: il suolo, le pendenze e lo stato iniziale modificano la risposta del terreno.

Un’intensità media si calcola dividendo un’altezza per una durata. Dodici millimetri in due ore corrispondono in media a 6 millimetri all’ora. È possibile che quasi tutta l’acqua sia caduta in dieci minuti. La media, quindi, non restituisce né il massimo istantaneo né gli impatti locali. Un bollettino di sicurezza va letto insieme alle informazioni su durata, distribuzione e possibili conseguenze, non soltanto considerando un totale.

5. Misure dirette e osservazioni indirette

Una stazione fornisce misure locali secondo la propria collocazione e i propri sensori. Un pallone per radiosondaggio esplora un profilo verticale durante il suo spostamento. Un radar analizza segnali riflessi dalle particelle e produce stime che richiedono interpretazione. Un satellite osserva radiazioni; alcune proprietà dell'ambiente vengono poi dedotte mediante metodi fisici. Osservare indirettamente non significa inventare. Significa che bisogna conoscere la relazione fra il segnale ricevuto e la grandezza cercata.

Un'immagine colorata è già una rappresentazione. I suoi colori possono corrispondere a classi di valori, non ai colori che vedrebbe un osservatore umano. Leggete sempre la legenda, l'ora di produzione, la zona coperta e la grandezza. Un'immagine di nubi non basta ad affermare che piova al suolo. Un radar può rilevare precipitazioni in quota, parte delle quali evapora prima di raggiungere il terreno. L'assenza di una misura in una zona non costituisce prova dell'assenza del fenomeno.

Il Met Office ricorda nella sua presentazione delle osservazioni: «Meteorological observations are essential for understanding and predicting weather and climate.» Questa breve citazione di undici parole colloca la funzione dei dati; non afferma che un singolo strumento preveda tutto. Gli esempi e i ragionamenti di questo capitolo sono originali. Il riferimento serve a verificare la distinzione fra tipi di osservazione, senza riprodurre le descrizioni dettagliate delle reti del servizio né i suoi valori operativi.

6. Dati mancanti e cambiamenti di metodo

Una serie di rilevamenti contiene talvolta delle lacune. Sostituire un dato assente con zero trasforma un’assenza di informazione in una misura e altera i risultati. Bisogna conservare un’indicazione esplicita di dato mancante. Se si stima un valore, la stima deve rimanere distinta da un’osservazione. In un quaderno didattico è preferibile una serie incompleta ma onesta a una serie riempita di numeri immaginari.

Lo spostamento di una stazione, un nuovo strumento o una modifica dell’ambiente possono cambiare una serie. Un confronto fra prima e dopo richiede allora di distinguere l’evoluzione atmosferica dall’evoluzione della misura. Questo non significa che le serie lunghe siano prive di valore. Spiega il lavoro di controllo necessario prima di un’interpretazione climatica. Un cortile progressivamente circondato da edifici non rappresenta più esattamente lo stesso ambiente di un cortile aperto.

Le statistiche descrivono la serie disponibile secondo regole scelte. Una media può nascondere gli estremi; una mediana può nascondere la loro importanza per un’attività esposta. Una frequenza è interpretabile soltanto se gli eventi sono definiti. Contare i giorni di pioggia richiede una soglia e un periodo. Modificare la soglia a metà di un confronto cambia il significato del risultato. L’onestà scientifica esige che queste scelte siano visibili.

7. Un’indagine didattica originale

Immaginate di voler confrontare due luoghi: un giardino e una piazza pavimentata. La domanda «dove fa più caldo?» deve diventare più precisa. Volete confrontare la temperatura dell’aria all’ombra, la temperatura di una superficie oppure una sensazione percepita? Non sono tre nomi per una stessa grandezza. Una superficie esposta può essere calda mentre un sensore d’aria correttamente protetto indica un valore diverso. Una sensazione dipende inoltre dal vento, dalla radiazione e da fattori individuali.

Un metodo ragionevole per un esercizio scolastico consiste nello scegliere una grandezza, usare strumenti comparabili, annotare l’ora e le condizioni, poi ripetere il confronto senza pretendere di produrre uno studio climatologico completo. I risultati devono essere presentati come osservazioni locali limitate. Potete formulare un’ipotesi sul ruolo dei materiali e dell’ombra, ma occorre riconoscere i fattori non controllati. Un’ipotesi ben delimitata è più istruttiva di una conclusione generale su tutte le città.

Il quaderno può contenere quattro colonne: ciò che è stato osservato, come è stato misurato, l’interpretazione proposta e ciò che resta incerto. Questa separazione evita di trasformare immediatamente un’impressione in una spiegazione. Se annotate «nube scura», non sostituite automaticamente l’osservazione con «temporale imminente». Un’interpretazione possibile deve rimanere un’interpretazione. Un’attività reale richiede le informazioni aggiornate dei servizi competenti anche quando un esercizio è stato svolto correttamente.

8. Esercizi progressivi e soluzioni

Esercizio 1 - Completare un dato. Un quaderno riporta «vento: 30». Indicate le informazioni mancanti e proponete una riga completa fittizia.

Possibile soluzione: mancano almeno l’unità, il tipo di valore, la direzione se viene misurata, il luogo, l’ora e il metodo. Una riga didattica può riportare «vento medio fittizio di 30 km/h, proveniente da ovest, sulla durata indicata dall’apparecchio, nel punto A, alle 14 h». Questa riga non è un’osservazione reale. Mostra perché un valore numerico, da solo, non consenta né un confronto rigoroso né una decisione di sicurezza.

Esercizio 2 - Convertire un’altezza. Una superficie orizzontale fittizia di 3 metri quadrati riceve uniformemente 8 millimetri di pioggia. Calcolate il volume geometrico corrispondente e indicate due limiti pratici.

Soluzione: 1 millimetro su 1 metro quadrato corrisponde a 1 litro; il volume vale quindi 3 × 8 = 24 litri. La pioggia può non essere uniforme; perdite e deflussi possono impedire una raccolta integrale. Il calcolo non fornisce una quantità d’acqua potabile e non autorizza alcuna conclusione sanitaria. Le unità e il significato del risultato devono accompagnare l’operazione.

Esercizio 3 - Esaminare una media. Un rovescio apporta 15 millimetri in trenta minuti. Quale intensità media si ottiene in millimetri all’ora? Se ne può dedurre il massimo durante un minuto?

Soluzione: trenta minuti equivalgono a mezz’ora; 15 / 0,5 = 30 millimetri all’ora. Il massimo di un minuto non è noto. Una distribuzione regolare e una successione di forti variazioni possono avere la stessa media. Non trasformate una grandezza media in

una misura istantanea. Questa distinzione è essenziale quando si interpreta l’effetto di una precipitazione su un terreno.

Esercizio 4 - Distinguere tempo meteorologico e clima. Una città vive una giornata più fredda della media di un mese. Un commento conclude che il clima non cambia. Analizzate l’inferenza, senza discutere qui una serie climatica reale.

Soluzione: un’osservazione quotidiana e un’evoluzione statistica di lungo periodo non si riferiscono alla stessa scala. Valori inferiori a una media possono esistere in una distribuzione la cui media aumenta. Occorre studiare una serie sufficientemente lunga e controllata per affrontare la questione climatica. L’esercizio confuta l’inferenza basata su una sola giornata; non calcola alcuna tendenza reale e non sostituisce un’analisi specialistica.

Esercizio 5 - Progettare un confronto. Due termometri forniscono valori diversi. Proponete tre controlli prima di dichiararne uno difettoso, poi spiegate che cosa una ripetizione possa e non possa stabilire.

Soluzione: confrontare l’esposizione alla radiazione, la ventilazione e il tempo di stabilizzazione; esaminare anche la risoluzione e il riferimento di taratura. Collocarli temporaneamente in condizioni comparabili può aiutare a individuare uno scarto strumentale, se l’operazione rispetta il loro impiego previsto. Una ripetizione informa sulla variabilità, ma non elimina automaticamente un errore sistematico comune. La conclusione deve rimanere proporzionata ai controlli eseguiti.

9. Errori frequenti e scheda di ripasso

Gli errori comuni consistono nel confondere valore visualizzato e valore esatto, temperatura di una superficie e temperatura dell’aria, raffica e vento medio, immagine e osservazione direttamente interpretabile. Un altro errore è attribuire zero ai dati assenti. Si incontrano infine conclusioni climatiche tratte da una singola giornata e decisioni pratiche fondate su una carta vecchia. Queste confusioni si correggono tornando alla grandezza, all’unità, alla scala e al metodo.

Scheda di ripasso: un dato deve essere localizzato e datato; una media non descrive tutti gli estremi; una misura puntuale non è una carta completa; un’osservazione indiretta richiede un modello interpretativo. Un millimetro d’acqua su un metro quadrato vale un litro. Il clima descrive distribuzioni e loro evoluzioni; il tempo descrive situazioni atmosferiche a scale più brevi. Ogni previsione utile a un’attività reale deve essere aggiornata e adatta al suo territorio.

Per ripassare, spiegate perché due numeri diversi possano essere compatibili con due misure eseguite correttamente. Costruite poi una situazione in cui la differenza riveli davvero un problema strumentale. L’obiettivo non è difendere tutti gli apparecchi: è comprendere quali verifiche rendano possibile una conclusione.

Fonti e provenienza: NOAA, presentazione fisica dell’atmosfera, https://www.noaa.gov/jetstream/atmosphere ; Met Office, Types of observations, https://weather.metoffice.gov.uk/learn-about/how-forecasts-are-made/observations, breve citazione riportata sopra e distinzione delle famiglie di osservazione. Pagine consultate nella redazione francese l’11 ottobre 2026. Equivalenze di unità, scenari, esercizi e soluzioni redatti da LFDP. Nessuna carta attuale, previsione operativa, immagine o serie di misure di terzi viene riprodotta.

CAPITOLO 2 - TEMPERATURA ED ENERGIA: IRRAGGIAMENTO, CONDUZIONE, CONVEZIONE E BILANCIO

1. Temperatura ed energia non sono la stessa cosa

Una piccola quantità d’acqua calda e un grande serbatoio d’acqua tiepida possono avere temperature diverse e immagazzinare quantità di energia termica molto differenti. La temperatura descrive uno stato; l’energia trasferita descrive ciò che passa da un sistema a un altro o si trasforma. Per ragionare in meteorologia occorre precisare il sistema: una superficie di terreno, un volume d’aria, uno strato dell’atmosfera oppure l’insieme Terra-atmosfera. Senza questa scelta si rischia di mescolare uno scambio locale e un bilancio globale.

Il calore indica qui un’energia trasferita a causa di una differenza di temperatura. Non è una sostanza che l’aria contenga come l’acqua in una bottiglia. A livello microscopico, la temperatura è legata all’agitazione dei costituenti; per il nostro corso si usano soprattutto relazioni fra misure macroscopiche. Una temperatura in gradi Celsius è adatta alla vita quotidiana. I calcoli fisici che coinvolgono una temperatura assoluta usano i kelvin: T in kelvin = temperatura in gradi Celsius + 273,15. Una variazione di un kelvin corrisponde a una variazione di un grado Celsius.

Una distinzione è essenziale: passare da 10 a 20 gradi Celsius non significa raddoppiare la temperatura assoluta. Si passa da 283,15 a 293,15 kelvin. Usare direttamente i gradi Celsius in una formula proporzionale alla temperatura assoluta può produrre un errore importante. La scelta dell’unità, dunque, non è un dettaglio di presentazione: fa parte del significato fisico del calcolo.

2. Tre meccanismi di trasferimento da distinguere

La conduzione trasmette energia attraverso la materia senza richiedere uno spostamento complessivo del mezzo. Nel suolo, regioni vicine scambiano energia in questo modo. La convezione comporta il movimento di un fluido, per esempio aria che trasporta energia da una zona a un’altra. L’irraggiamento trasporta energia sotto forma elettromagnetica e può attraversare il vuoto. Questi meccanismi possono agire contemporaneamente. Non sono tre cause che si escludono non appena se ne individua una.

In una scena fittizia, una lastra riceve radiazione solare, scambia energia con il terreno sottostante e riscalda l’aria a contatto. Un movimento d’aria rinnova poi questo contatto. L’irraggiamento spiega un apporto energetico; la conduzione interviene nella materia; gli spostamenti d’aria partecipano al trasporto. Limitandosi a dire che il sole scalda, non si sa ancora perché due superfici vicine evolvano diversamente né perché il vento modifichi la loro temperatura.

La convezione naturale dipende in particolare dalle differenze di densità e dalla stratificazione del mezzo. Una porzione d’aria meno densa dell’ambiente circostante può salire per effetto della spinta di galleggiamento. Questo non significa che tutta l’aria calda salga indefinitamente né che trasporti soltanto il proprio calore senza cambiare stato. Intervengono la pressione ambiente, i mescolamenti e le condizioni verticali. Il capitolo sulle nubi studierà il raffreddamento associato a una salita, senza confonderlo con una semplice perdita di calore per contatto.

3. Assorbire, riflettere ed emettere

Quando una radiazione raggiunge una superficie, una parte può essere riflessa, una parte assorbita e talvolta una parte trasmessa. L’albedo è una frazione riflessa definita per determinate condizioni e per un certo intervallo di radiazione. Un valore di 0,30 significa che viene riflesso il 30 % del flusso considerato. Non significa che la superficie resti necessariamente fredda: bisogna esaminare tutto il suo bilancio e le sue proprietà.

Un esempio numerico interamente fittizio considera due superfici che ricevono ciascuna 500 watt per metro quadrato. La prima riflette il 20 % e assorbe, in questo modello senza trasmissione, 400 watt per metro quadrato. La seconda riflette il 60 % e assorbe 200 watt per metro quadrato. La differenza di assorbimento vale 200 watt per metro quadrato. Per concludere che vi sia una differenza di temperatura occorre ancora conoscere la capacità termica, le perdite, l’acqua disponibile e l’ambiente delle superfici. L’assorbimento, da solo, non è una temperatura.

Gli oggetti terrestri emettono anche radiazione termica. Questa non scompare di notte; è proprio una delle ragioni per cui una superficie può perdere energia in assenza di sole. L’emissione dipende dalla temperatura e dalle proprietà della superficie. Un colore visibile non fornisce tutte le caratteristiche nell’infrarosso. Affermare che un oggetto scuro emetta sempre di più in tutti gli intervalli sarebbe quindi troppo generale. Bisogna distinguere l’assorbimento della radiazione solare dall’emissione termica.

4. Costruire un bilancio invece di una spiegazione unica

Un bilancio confronta le entrate, le uscite e la variazione dell’energia immagazzinata. In forma semplificata, variazione di energia = energia ricevuta meno energia ceduta. Se le entrate superano le uscite, il sistema accumula energia; se sono inferiori, ne perde. Questo principio contabile non fornisce tutti i flussi: indica come collegarli quando le misure o le ipotesi sono disponibili.

La NASA usa l’espressione «Energy leaves the surface» nella sua esposizione del bilancio terrestre. Questa breve citazione di quattro parole ricorda soltanto che occorre esaminare le uscite oltre alle entrate. I numeri delle sue illustrazioni non vengono ripresi qui. Nei nostri modelli didattici i valori sono fittizi e gli scambi omessi vengono dichiarati esplicitamente. Questo metodo evita di far passare un esercizio per una misura attuale del sistema climatico.

Scenario fittizio: una superficie riceve entrate complessive di 420 watt per metro quadrato e cede uscite complessive di 390 watt per metro quadrato per dieci minuti, supponendo valori costanti. Il flusso netto vale +30 watt per metro quadrato. In 600 secondi, l’accumulo vale 30 × 600 = 18 000 joule per metro quadrato. Non si può convertire immediatamente questo risultato in gradi senza conoscere la massa interessata e la sua capacità termica, né senza verificare che non intervengano altre trasformazioni.

5. Capacità termica e inerzia

La capacità termica indica l’energia necessaria per far variare la temperatura di un sistema nelle condizioni specificate. Per una massa m di una sostanza il cui calore specifico c sia approssimativamente costante, e senza cambiamento di stato, Q = m × c × variazione di temperatura. Q si esprime in joule se m è in chilogrammi, c in joule per chilogrammo e per kelvin, e la variazione in kelvin. La formula descrive un modello limitato; non si applica senza cautela a una trasformazione che comprenda evaporazione o fusione.

In un esercizio fittizio, 2 chilogrammi d’acqua vengono modellizzati con c = 4 200 joule per chilogrammo e per kelvin. Riscaldarli di 3 gradi richiede Q = 2 × 4 200 × 3 = 25 200 joule, se gli altri scambi vengono ignorati. Una potenza netta costante di 100 watt fornirebbe questa energia in 252 secondi. Il risultato è una conseguenza delle ipotesi; non descrive un apparecchio reale, la cui potenza netta e le cui perdite possono cambiare.

L’inerzia termica spiega perché un mezzo non reagisca istantaneamente a una variazione dell’apporto. Un grande serbatoio può continuare a cedere energia dopo una diminuzione della radiazione ricevuta. Due materiali e due spessori differenti non hanno necessariamente la stessa risposta. Gli oceani e i suoli partecipano così a ritmi diversi, ma una frase generale non basta a prevedere una temperatura locale. Occorre studiare anche i trasporti e i cambiamenti di stato.

6. Evaporazione ed energia latente

Un cambiamento di stato può coinvolgere energia senza produrre la variazione di temperatura che la formula precedente farebbe prevedere. L’evaporazione richiede un apporto energetico; la condensazione libera energia nell’ambiente. Questa energia partecipa agli scambi atmosferici. Il termine latente non significa magico o inaccessibile: distingue un trasferimento legato al cambiamento di stato da un riscaldamento sensibile nel modello adottato.

Consideriamo una superficie fittizia che riceve lo stesso flusso netto disponibile in due condizioni. Nella prima l’acqua può evaporare; nella seconda la superficie è asciutta e questa via di trasferimento è ridotta. Le variazioni di temperatura possono differire perché cambia la ripartizione dell’energia. Non bisogna dedurre automaticamente una temperatura esatta dal solo carattere umido o asciutto. Il vento, l’approvvigionamento d’acqua e gli altri scambi modificano questa ripartizione.

Questa spiegazione permette di comprendere perché un’osservazione della temperatura non basti a descrivere tutta l’energia scambiata. Un sistema può ricevere energia e usarne una parte per un cambiamento di stato. Viceversa, la formazione di goccioline accompagna una liberazione di energia che influenza il mezzo. Le nubi, quindi, non sono soltanto disegni nel cielo: partecipano a trasformazioni fisiche che un modello deve rappresentare.

7. Equilibrio radiativo, clima e variabilità locale

Un equilibrio globale di lungo periodo significa che le entrate e le uscite medie si compensano approssimativamente. Non impone né una temperatura uniforme né l’assenza di variazioni locali. Regioni diverse ricevono e cedono quantità differenti; le circolazioni atmosferiche e oceaniche redistribuiscono l’energia. Una superficie che si riscalda nel pomeriggio non dimostra che l’intero pianeta accumuli nello stesso istante un’energia proporzionale.

I gas e le nubi interagiscono con la radiazione secondo le lunghezze d’onda. Il meccanismo dell’effetto serra atmosferico non va assimilato interamente a quello di una serra da giardino, dove vengono modificati anche altri scambi. Il termine resta utile se si precisa che si tratta di assorbimento ed emissione radiativa nell’atmosfera. Questo capitolo non calcola alcuna proiezione climatica e non trasforma tale meccanismo in un’unica spiegazione del tempo di domani.

La copertura nuvolosa può modificare gli apporti solari e gli scambi infrarossi. Il suo effetto netto dipende dalle condizioni; una regola secondo cui le nubi riscaldino sempre o raffreddino sempre sarebbe inadeguata. Uno stesso processo può avere conseguenze diverse secondo il momento, la quota, lo spessore e le altre componenti del bilancio. Questo limite invita a porre la domanda giusta, non a rinunciare alle spiegazioni fisiche.

8. Esercizi progressivi svolti

Esercizio 1 - Unità. Convertite 12 gradi Celsius in kelvin. Una variazione di temperatura di 4 gradi Celsius corrisponde a una variazione di 277,15 kelvin?

Soluzione: 12 + 273,15 = 285,15 kelvin. Una variazione di 4 gradi Celsius corrisponde a 4 kelvin, perché lo scarto fra le scale scompare nella differenza. Aggiungere 273,15 a una variazione

sarebbe un errore. Distinguete il valore di una temperatura dalla differenza fra due temperature prima di scegliere l’operazione.

Esercizio 2 - Albedo fittizia. Un flusso di 600 watt per metro quadrato raggiunge una superficie opaca la cui albedo, per questo flusso, vale 0,25. Calcolate la parte riflessa e quella assorbita. Se ne può dedurre la temperatura?

Soluzione: la parte riflessa vale 600 × 0,25 = 150 watt per metro quadrato; quella assorbita vale 450 watt per metro quadrato. La temperatura non è determinata: mancano le uscite, la capacità termica e le trasformazioni. Anche un calcolo numerico esatto può dunque fornire un’informazione parziale. Bisogna darle il suo nome, invece di attribuirle una portata che non possiede.

Esercizio 3 - Accumulo. Un sistema fittizio presenta un flusso netto di −20 watt per metro quadrato per cinque minuti. Calcolate la variazione di energia per unità di superficie e interpretatene il segno.

Soluzione: cinque minuti equivalgono a 300 secondi; −20 × 300 = −6 000 joule per metro quadrato. Il segno negativo indica una perdita netta secondo la convenzione dichiarata. Non fornisce direttamente un calo di temperatura in gradi. Una convenzione di segno deve rimanere la stessa in tutto il calcolo; un segno non è una decorazione aggiunta dopo il risultato.

Esercizio 4 - Riscaldamento semplificato. Un volume d’aria fittizio rappresenta una massa di 3 chilogrammi, con c supposto pari a 1 000 joule per chilogrammo e per kelvin. Riceve 9 000 joule senza altri scambi né cambiamenti di massa. Quale variazione fornisce il modello? Indicate due ragioni per cui l’atmosfera reale sia più complessa.

Soluzione: variazione = Q / (m × c) = 9 000 / 3 000 = 3 kelvin, cioè 3 gradi Celsius. Nell’atmosfera, spostamenti e mescolamenti

cambiano il sistema; possono intervenire anche la pressione e le trasformazioni dell’acqua. Il risultato è valido entro le ipotesi, non è una previsione locale. Indicare quali ipotesi manchino fa parte della risposta scientifica.

Esercizio 5 - Argomentazione. Una persona afferma che il vento non possa influenzare una superficie soleggiata perché il sole continua a irradiare. Costruite una risposta usando un bilancio.

Possibile soluzione: l’irraggiamento descrive un’entrata, mentre il vento può modificare gli scambi con l’aria e l’evaporazione. Un’entrata invariata non impone un bilancio invariato. Bisognerebbe conoscere l’insieme dei flussi per prevedere la variazione. La risposta non afferma che ogni vento produca sempre la stessa conseguenza; individua perché l’argomento iniziale sia incompleto.

9. Errori frequenti e scheda di ripasso

Gli errori principali consistono nel confondere temperatura ed energia, flusso in watt ed energia in joule, temperatura assoluta e differenza, assorbimento solare ed emissione infrarossa. Un altro errore è spiegare ogni cambiamento con un unico meccanismo senza definire il sistema. Per correggervi, scrivete le entrate, le uscite e l’accumulo prima di calcolare. Verificate poi le unità e le ipotesi.

Scheda di ripasso: conduzione = trasferimento nella materia; convezione = trasferimento associato al movimento di un fluido; irraggiamento = trasferimento elettromagnetico. Energia = potenza × durata quando la potenza è costante. Un bilancio positivo indica un accumulo, non necessariamente un riscaldamento direttamente calcolabile. Q = m × c × variazione di temperatura richiede un ambito di applicazione. Una trasformazione dell’acqua può coinvolgere energia latente.

L’equilibrio medio globale non elimina né i contrasti né le variazioni locali.

Fonti e provenienza: NOAA, The Transfer of Heat Energy, https://www.noaa.gov/jetstream/atmosphere/transfer-of-heat-energy, verifica dei tre meccanismi; NASA, Climate and Earth's Energy Budget, https://science.nasa.gov/earth/earth-observatory/climate-and-earths-energy-budget/, verifica della distinzione fra flusso e bilancio, breve citazione segnalata. Consultazione nella redazione francese dell’11 ottobre 2026. Nessun dato del bilancio terrestre né grafico di terzi viene riprodotto. Tutti i valori degli esercizi sono fittizi e gli sviluppi didattici originali LFDP.

CAPITOLO 3 - PRESSIONE, DENSITÀ E VENTO: GRADIENTI E CIRCOLAZIONE ATMOSFERICA

1. La pressione come forza distribuita

La pressione è una forza rapportata a una superficie nella situazione considerata. La sua unità SI è il pascal: un pascal corrisponde a un newton per metro quadrato. In meteorologia è comodo l’ettopascal: 1 hPa = 100 Pa. Una differenza di 6 hPa corrisponde quindi a 600 Pa. Questa conversione non cambia il fenomeno; cambia l’unità usata per descriverlo. Un valore isolato richiede ancora una quota, una data e un metodo di misura.

Alla scala microscopica, i costituenti di un gas si muovono e interagiscono con le superfici. Alla scala atmosferica, il peso degli strati sovrastanti contribuisce alla pressione osservata. Queste descrizioni si completano a vicenda. La pressione non agisce soltanto verso il basso: il mezzo esercita azioni in direzioni diverse. Non bisogna immaginare l’aria come una pila immobile di lastre solide. È un fluido i cui movimenti modificano la distribuzione della massa.

In un esercizio fittizio, una differenza di pressione di 500 Pa si applica a una superficie di 0,2 metri quadrati. Il prodotto dà una forza di 100 newton nel modello. Il calcolo non descrive automaticamente la forza subita da una persona o da un edificio: bisognerebbe conoscere le pressioni su ciascun lato, le direzioni e la geometria. Un numero calcolato correttamente può diventare ingannevole se si cambia, senza dichiararlo, l’oggetto al quale si applica.

2. Quota e confronto fra stazioni

La pressione diminuisce generalmente salendo nell’atmosfera, perché sopra si trova una quantità minore d’aria. La diminuzione non ha una pendenza universale costante lungo tutta la quota. Intervengono temperatura, densità e struttura verticale. Una regola didattica locale non va estrapolata senza un ambito di validità. Per confrontare due stazioni poste ad altezze differenti bisogna sapere se i valori siano pressioni realmente misurate alla stazione oppure valori ricondotti convenzionalmente a uno stesso livello.

Scenario fittizio: una stazione in valle indica 1 010 hPa e una stazione su un rilievo indica 930 hPa. Non si può concludere subito che sulla cima si trovi una depressione locale di 80 hPa. Il dislivello può spiegare gran parte della differenza. Una carta sinottica usa convenzioni che consentono di confrontare luoghi; la loro interpretazione richiede la legenda e il metodo. Confondere il valore alla stazione con quello corretto porta a inventare gradienti.

La riduzione al livello del mare non è uno spostamento reale del barometro. È un calcolo che dipende da ipotesi fisiche. Essere calcolato non rende il valore inutile: offre un riferimento comune. Ricorda però che un dato può essere una misura grezza o una grandezza dedotta. Un rilevamento destinato a comprendere l’altezza e uno destinato a confrontare sistemi meteorologici non rispondono esattamente alla stessa domanda.

3. Densità, temperatura e composizione

La massa volumica, comunemente chiamata densità dell’aria, rapporta una massa a un volume. Una massa volumica di 1,2 chilogrammi per metro cubo significa che il volume studiato contiene tale massa nelle condizioni dichiarate. Varia con pressione, temperatura e composizione. Il modello di gas ideale collega queste grandezze mediante un’equazione; per l’aria secca in un ambito appropriato si scrive p = rho × R × T, con T in kelvin e una costante R adeguata.

A parità di pressione e composizione, aumentare la temperatura riduce la massa volumica in questo modello. Occorre dichiarare le condizioni uguali: riscaldare un gas in un recipiente rigido e chiuso non riproduce un’espansione a pressione costante. Una frase come «l’aria calda è sempre meno densa» manca quindi di precisione se cambiano le altre grandezze. La meteorologia usa confronti contestualizzati, non un aggettivo che sostituisca tutte le condizioni.

Esempio originale: due porzioni d’aria secca sono modellizzate alla stessa pressione, una a 283 K e l’altra a 293 K. Il rapporto fra le masse volumiche, rho caldo / rho freddo, vale 283 / 293, cioè circa 0,966. La porzione calda è quindi meno densa di circa il 3,4 % in questo modello. Il calcolo non stabilisce da solo una traiettoria verticale: mancano l’ambiente circostante, i mescolamenti e i vincoli del movimento. Anche l’umidità introduce una differenza di composizione che il modello d’aria secca ignora.

4. Il gradiente di pressione

Il gradiente descrive la variazione spaziale di una grandezza e, nella sua forma vettoriale, la direzione di massimo aumento. Per un primo approccio si può confrontare una differenza di pressione con una distanza. Due zone separate da una piccola distanza e con lo stesso scarto di pressione di due zone lontane non producono la stessa variazione per unità di lunghezza. È questa distribuzione, non soltanto il valore del centro di una depressione, a intervenire nell’accelerazione dell’aria.

La forza del gradiente di pressione spinge l’aria verso le pressioni più basse. Questo non significa che il vento reale segua sempre una linea retta dal massimo al minimo. Nel sistema di riferimento terrestre intervengono rotazione, attriti, curvature e altre componenti del movimento. Una prima spiegazione può isolare una forza; diventa falsa quando si presenta come l’intera traiettoria reale.

Su una carta, un’isobara collega punti di uguale pressione secondo la convenzione adottata. Isobare ravvicinate possono indicare un gradiente orizzontale più forte, a parità di intervallo di tracciamento e con scale comparabili. Confrontare direttamente due carte con intervalli differenti può ingannare. Una carta poco dettagliata non corrisponde necessariamente a un’atmosfera priva di contrasti. Occorre leggere la scala grafica, la quota rappresentata e l’ora prima di trarre una conclusione.

5. Due gradienti fittizi da calcolare

In una prima situazione, una differenza di 8 hPa si estende su 400 chilometri. Corrisponde a 800 Pa su 400 000 metri, cioè in media 0,002 Pa per metro. In una seconda, la stessa differenza si estende su 100 chilometri: 800 / 100 000 = 0,008 Pa per metro. Il secondo gradiente medio è quattro volte maggiore. Il calcolo confronta due distribuzioni idealizzate, non due previsioni del vento.

Se si riduce il movimento all’azione del gradiente su aria di massa volumica uniforme rho, l’ordine di grandezza di un’accelerazione sarebbe gradiente / rho. Questa espressione basta a verificare la dimensione: Pa per metro diviso per chilogrammo per metro cubo dà metri al secondo quadrato. Ma il vento reale non può essere ottenuto moltiplicando questa accelerazione costante per una durata arbitraria: le altre forze e l’evoluzione del gradiente impediscono tale estrapolazione.

Questo limite illustra una regola generale della modellizzazione. Una formula che descrive un effetto istantaneo sotto determinate ipotesi non fornisce automaticamente l’evoluzione completa. Per prevedere un movimento occorrono uno stato iniziale, relazioni compatibili e un’evoluzione delle condizioni. Conoscere un meccanismo è necessario, ma non sostituisce tutte le informazioni di una previsione.

6. Rotazione terrestre e attrito

Nel sistema di riferimento rotante della Terra, l’effetto di Coriolis interviene nella descrizione dei movimenti su grande scala. Devia i movimenti verso la loro destra nell’emisfero Nord e verso la loro sinistra nell’emisfero Sud, secondo le convenzioni usuali per il moto orizzontale. Non è una forza che generi da sola vento a partire da aria immobile. La sua importanza dipende in particolare dalla scala e dalla latitudine; non è identica per una circolazione sinottica e per un piccolo vortice vicino a un ostacolo.

Lontano dal suolo e sotto ipotesi adeguate, può stabilirsi un equilibrio approssimativo fra effetto di Coriolis e gradiente di pressione; il vento può allora avvicinarsi a una direzione parallela alle isobare. Vicino al suolo, l’attrito modifica tale equilibrio e il movimento può attraversare maggiormente le isobare. Queste descrizioni sono modelli di comprensione, non regole di navigazione. Rilievi, edifici e circolazioni locali possono produrre scarti importanti.

L’attrito e la rugosità non rendono necessariamente debole ogni vento. Modificano velocità, direzioni e turbolenze. Un passaggio stretto può incanalare un flusso; un ostacolo può creare variazioni locali. Deducendo una sicurezza pratica da un solo valore medio si giungerebbe quindi a una conclusione inadeguata. Raffiche e condizioni specifiche dell’attività vanno ricercate nelle informazioni aggiornate.

7. Circolazioni globali e riferimento storico

La distribuzione disuguale dell’energia, la rotazione terrestre e le proprietà delle superfici contribuiscono alle circolazioni atmosferiche. Gli schemi delle celle globali offrono un modello medio utile; non rappresentano ogni sistema in ogni istante. Le stagioni e le differenze fra continenti e oceani spostano o modificano le strutture. Un disegno regolare su un globo è una semplificazione che va interpretata alla propria scala.

La NOAA ricorda che George Hadley propose nel 1735 una spiegazione della circolazione legata alle regioni equatoriali e ai venti. Questo riferimento storico mostra che un modello può organizzare una domanda e poi essere sviluppato e corretto. Non attribuisce a uno schema antico il valore di una previsione attuale. I dettagli di tale storia e le figure della NOAA non vengono riprodotti; il nostro punto riguarda la differenza fra modello di circolazione e stato osservato.

Una depressione non significa semplicemente brutto tempo universale, né un anticiclone bel tempo garantito. Movimenti verticali, umidità, stagione e condizioni locali modificano i fenomeni associati. Una situazione di alte pressioni può accompagnarsi a nebbia o ad altre condizioni sfavorevoli; un punto vicino a una bassa pressione può conoscere un periodo temporaneamente calmo. Queste possibilità invitano a leggere un bollettino completo, senza ridurre tutta la meteorologia a un valore barometrico.

8. Esercizi progressivi svolti

Esercizio 1 - Conversione. Convertite 1 005 hPa in pascal, poi una differenza di 3,5 hPa. Perché la pressione assoluta e una differenza non devono essere scambiate in un calcolo della forza netta?

Soluzione: 1 005 hPa = 100 500 Pa; 3,5 hPa = 350 Pa. Un’azione netta su una superficie dipende dalle azioni su entrambi i lati e dalla loro direzione. Usare una pressione assoluta invece della differenza può sovrastimare il risultato in un modello in cui i due lati sono sottoposti a pressioni vicine. La grandezza pertinente va individuata prima della moltiplicazione.

Esercizio 2 - Quota. Due stazioni a quote differenti mostrano pressioni diverse. Quali informazioni chiedete prima di confrontare la situazione meteorologica?

Soluzione: quota, pressione alla stazione oppure ridotta, convenzione di riduzione, ora e qualità delle misure. Una differenza grezza può essere legata principalmente all’altezza. Per discutere un gradiente orizzontale occorrerebbero dati comparabili. Questa risposta non calcola la riduzione: mostra perché sarebbe scorretto inventarne una senza ipotesi.

Esercizio 3 - Gradiente. Una carta fittizia mostra 5 hPa di differenza su 250 chilometri. Un’altra mostra 5 hPa su 50 chilometri. Calcolate i gradienti medi e il loro rapporto.

Soluzione: 500 Pa / 250 000 m = 0,002 Pa/m; 500 Pa / 50 000 m = 0,010 Pa/m. Il secondo vale cinque volte il primo. I valori non danno direttamente una velocità del vento: mancano le altre forze e le condizioni iniziali. Il rapporto risponde alla domanda posta senza fabbricare una previsione.

Esercizio 4 - Densità. A parità di pressione e composizione, un modello fornisce T freddo = 280 K e T caldo = 300 K. Quale rapporto rho caldo / rho freddo si ottiene? Che cosa non permette di concludere?

Soluzione: 280 / 300 = circa 0,933. La massa volumica del caso caldo è inferiore di circa il 6,7 % in questo modello. Non conosciamo né la velocità verticale né la durata di una salita né i

mescolamenti. Il confronto delle densità può contribuire a una spiegazione della spinta di galleggiamento; non è un calcolo completo della circolazione.

Esercizio 5 - Criticare una regola. Una persona afferma che le isobare indichino sempre esattamente la direzione del vento al suolo. Proponete una correzione argomentata.

Possibile soluzione: le isobare descrivono la pressione secondo una carta; un vento approssimativamente parallelo può comparire sotto determinate ipotesi su grande scala e lontano dal marcato attrito del suolo. Al suolo, attriti, rilievi, curvature e strutture locali modificano la direzione. La parola sempre supera l'ambito del modello. Occorre conservare l'utilità della carta senza trasformarla in una misura diretta di ogni vento locale.

9. Errori frequenti e scheda di ripasso

Gli errori comuni confondono pressione e massa volumica, quota e gradiente orizzontale, centro di bassa pressione e velocità del vento, vento medio e raffica. Altri applicano un modello a pressione costante a un recipiente di volume fisso oppure attribuiscono ogni vortice a Coriolis. Per correggervi, dichiarate il sistema, le condizioni mantenute e la scala. Una formula non deve circolare senza le proprie ipotesi.

Scheda di ripasso: 1 hPa = 100 Pa; la pressione alla stazione dipende dalla quota; un valore ricondotto a un livello comune è calcolato. Il gradiente confronta una variazione con una distanza. La forza del gradiente è soltanto un termine della dinamica. Coriolis, attrito e ambiente modificano la traiettoria. Gli schemi globali descrivono strutture medie e non forniscono alcuna allerta attuale.

Fonti e provenienza: BIPM, Brochure du SI, https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure, verifica delle unità; NOAA, Air

Pressure, https://www.noaa.gov/jetstream/atmosphere/air-pressure, riferimenti per pressione e confronto fra stazioni; NOAA, Global Atmospheric Circulations, https://www.noaa.gov/jetstream/global/global-atmospheric-circulations, riferimento Hadley 1735. Pagine consultate nella redazione francese l’11 ottobre 2026. Nessun grafico, consiglio barometrico antico o valore operativo viene ripreso. Calcoli e scenari fittizi originali LFDP.

CAPITOLO 4 - ACQUA ATMOSFERICA: VAPORE, SATURAZIONE, UMIDITÀ RELATIVA E PUNTO DI RUGIADA

1. Tre stati dell’acqua, più grandezze

L’acqua atmosferica può essere gassosa, liquida o solida. Il vapore acqueo è invisibile; le goccioline e i cristalli possono rendere visibile una nube. La quantità di vapore e la presenza di una nube sono dunque due informazioni diverse. Una giornata senza nubi può contenere vapore; una nube può esistere senza produrre precipitazioni al suolo. Confondere questi oggetti porta a interpretare male una misura di umidità.

L’umidità assoluta esprime una massa di vapore per volume, per esempio in grammi per metro cubo. L’umidità specifica esprime una massa di vapore rapportata a una massa d’aria umida. Il rapporto di mescolanza rapporta questa massa a quella dell’aria secca. Le definizioni sono vicine in alcuni casi, ma hanno denominatori differenti. Non bisogna sostituire una grandezza con un’altra solo perché tutte riguardano l’acqua nell’aria. La scelta dipende dal confronto che si cerca.

La pressione parziale del vapore, indicata con e nel nostro modello, descrive il contributo di questo vapore alla pressione della miscela gassosa. La pressione di vapore saturo, indicata con e_s(T), dipende dalla temperatura e dalla scelta di un riferimento su acqua liquida o ghiaccio. L’umidità relativa confronta e con questo valore di riferimento: HR = 100 × e / e_s(T). La formula mostra immediatamente perché un’umidità relativa non sia semplicemente una quantità di vapore indipendente dalla temperatura.

2. La saturazione non è una bottiglia piena

Un’immagine comune afferma che l’aria calda possa contenere più acqua. Aiuta a ricordare una tendenza, ma rischia di far credere che l’aria sia un recipiente con posti fissi. La saturazione riguarda un equilibrio fra fasi e la pressione del vapore a una data temperatura. Il comportamento dell’acqua non dipende da una capacità meccanica di immagazzinamento simile a quella di una spugna. In questa guida, quindi, l’immagine del recipiente viene sostituita da una relazione fra grandezze fisiche.

A temperatura più alta, la pressione di vapore saturo su acqua liquida è maggiore. Se e rimane uguale mentre e_s aumenta, il loro rapporto diminuisce. L’umidità relativa può dunque calare senza che sia stata sottratta la corrispondente quantità di vapore. Occorre però precisare il processo ipotizzato: in una situazione reale, scambi d’acqua, di volume e di pressione possono modificare anche e. Una relazione fra due grandezze non autorizza a dimenticare le trasformazioni del sistema.

La saturazione, da sola, non garantisce la pioggia. La NOAA lo ricorda con questa breve formulazione: «does NOT necessarily mean that precipitation will occur». Il passaggio di otto parole riguarda il legame fra saturazione e precipitazione; non annuncia alcuna situazione attuale. Perché una precipitazione si formi e raggiunga il suolo intervengono altri processi di crescita e trasporto. Il loro studio appartiene al capitolo successivo.

3. Un calcolo originale a temperatura variabile

Il nostro primo modello didattico fissa una pressione parziale e = 1,2 kPa. Usa due valori di riferimento arrotondati, scelti per l’esercizio: e_s = 2,4 kPa nello stato A ed e_s = 4,0 kPa nello stato B, corrispondente a uno stato più caldo. In A, HR = 100 × 1,2 / 2,4 = 50 %. In B, HR = 100 × 1,2 / 4,0 = 30 %. La pressione parziale è stata mantenuta identica per ipotesi, ma il valore relativo è cambiato.

Questi numeri non costituiscono una tabella operativa né un rilevamento reale. Servono a isolare il ruolo del denominatore. Se una persona afferma che in B vi sia necessariamente meno vapore perché 30 è inferiore a 50, ha dimenticato che i riferimenti non sono identici. Confrontare percentuali richiede sempre di sapere a che cosa si riferiscano. Lo stesso errore compare in molte statistiche quotidiane.

Un secondo modello confronta due luoghi fittizi. Il luogo C presenta e = 0,8 kPa ed e_s = 1,0 kPa, cioè 80 %. Il luogo D presenta e = 1,6 kPa ed e_s = 4,0 kPa, cioè 40 %. D ha una pressione parziale del vapore maggiore nonostante la sua umidità relativa inferiore. Da questi soli dati non si deducono una sensazione individuale, una temperatura superficiale o una decisione sanitaria. Il calcolo dimostra soltanto la distinzione fra la grandezza assoluta scelta e la proporzione relativa.

4. Il punto di rugiada

Il punto di rugiada è la temperatura alla quale il raffreddamento dell’aria, nelle condizioni precisate, porta alla saturazione su acqua liquida. Collega quindi il vapore presente e la corrispondente temperatura di saturazione. Quando la temperatura dell’aria è vicina al punto di rugiada, lo scarto da tale saturazione è piccolo. Questo non stabilisce automaticamente una determinata visibilità né un’ora di formazione della nebbia.

In un modello fittizio, una porzione d’aria si raffredda senza perdere vapore prima della saturazione e a pressione mantenuta costante. Se il valore di riferimento e_s raggiunge e, HR arriva al 100 %. Un ulteriore raffreddamento può portare alla condensazione in condizioni appropriate. La frase non descrive tutta l’evoluzione di una massa d’aria reale: mescolamento, trasporto, superfici e scambi d’acqua possono modificare il percorso. Un punto di rugiada misurato non è una previsione autonoma.

Il punto di brina corrisponde a un riferimento di saturazione sul ghiaccio. A certe temperature, i riferimenti sull’acqua e sul ghiaccio differiscono. Questa precisazione evita di presentare il 100 % come un’unica frontiera universale senza dichiarare il mezzo di riferimento. Per un primo apprendimento, ricordate soprattutto che una definizione fisica deve precisare le proprie condizioni. I fenomeni più fini della microfisica richiedono poi modelli più dettagliati.

5. Raffreddamento, aggiunta di vapore e mescolamento

Più percorsi possono avvicinare l’aria alla saturazione. Il raffreddamento riduce il valore di riferimento; l’aggiunta di vapore aumenta e; il mescolamento di porzioni d’aria può produrre una situazione il cui stato finale dipende dagli scambi e dal bilancio. Non bisogna attribuire tutte le nebbie a un solo meccanismo. Formazioni legate al raffreddamento notturno e altre legate allo spostamento dell’aria non hanno le stesse condizioni.

Scenario fittizio: una superficie si raffredda durante una notte e l’aria vicina cambia temperatura. Nel nostro modello l’umidità relativa aumenta se il vapore non diminuisce abbastanza da compensare. Questo non obbliga l’intera regione a coprirsi di nebbia: contano la ventilazione, il profilo verticale e le superfici. Un’osservazione locale può essere compatibile con più evoluzioni. Per un’attività reale occorre consultare una previsione e le misure aggiornate della visibilità.

Altro scenario: un volume d’aria interna e un volume d’aria esterna hanno temperature e umidità differenti. La loro semplice media aritmetica in percentuale non fornisce necessariamente l’umidità relativa della miscela. Le percentuali si riferiscono a temperature diverse; bisogna prima conservare le grandezze fisiche e i bilanci pertinenti. Questo punto spiega perché un calcolo seducente possa essere falso nonostante operazioni eseguite correttamente.

6. Misurare l’umidità senza confondere il display con il fenomeno

Un igrometro può fornire un’umidità relativa secondo la propria tecnologia e le condizioni d’impiego. Un risultato dipende dal sensore, dalla sua temperatura, dall’esposizione e dal tempo di risposta. Un valore mostrato subito dopo uno spostamento fra due ambienti non è necessariamente stabilizzato. Occorre consultare le istruzioni dello strumento e conservare l’incertezza pertinente. Questa guida non autorizza a trasformare un sensore amatoriale in un dispositivo di controllo sanitario.

Le unità devono rimanere coerenti in una formula. Se e è espresso in pascal ed e_s in kilopascal, bisogna convertire prima di dividere. Il rapporto risultante è adimensionale e il fattore 100 lo esprime in percentuale. Un’umidità relativa di 0,65 in forma di frazione corrisponde al 65 %, non allo 0,65 %. Errori di fattore possono verificarsi ancora prima di qualsiasi discussione fisica.

Un dato di umidità dovrebbe essere accompagnato da temperatura, luogo e istante. Per confrontare due giorni può essere utile esaminare anche il punto di rugiada oppure una misura appropriata della quantità di vapore. Nessun indicatore unico descrive tutti i possibili effetti dell’ambiente. Una misura va scelta in funzione della domanda, non soltanto perché sia disponibile sul display.

7. Idee concorrenti da esaminare

Prima idea: un’umidità relativa elevata significa necessariamente molto vapore. Il nostro secondo calcolo mostra il limite di questa affermazione. Due valori relativi sono confrontabili come quantità soltanto se si conoscono i riferimenti pertinenti. La riformulazione corretta deve precisare la temperatura e la grandezza usata per descrivere il vapore.

Seconda idea: quando l’aria è satura, la pioggia è certa. La saturazione stabilisce uno stato locale rispetto a un riferimento, non una precipitazione completa. Intervengono la nube, la crescita delle particelle, le correnti e il percorso fino al suolo. Bisogna distinguere una condizione che può contribuire a un fenomeno da una condizione sufficiente a produrre l’intero risultato.

Terza idea: un indicatore di comfort descrive una sicurezza universale. Un’informazione su umidità e temperatura può aiutare a comprendere un ambiente, ma la situazione di una persona dipende anche dall’attività e da molti altri fattori. Questa guida non produce alcuna valutazione medica individuale. Le indicazioni sanitarie e i consigli professionali devono rimanere distinti dagli esercizi di fisica atmosferica. Una frontiera chiara migliora l’utilità del corso invece di ridurla.

8. Esercizi progressivi svolti

Esercizio 1 - Rapporto e unità. Un modello fornisce e = 900 Pa ed e_s = 1,8 kPa. Calcolate HR e indicate la conversione necessaria.

Soluzione: 1,8 kPa = 1 800 Pa; HR = 100 × 900 / 1 800 = 50 %. Dividere direttamente 900 per 1,8 senza uniformare le unità produrrebbe un risultato assurdo. Il controllo dell’ordine di grandezza completa il calcolo: nel modello, e è la metà del riferimento, quindi il risultato atteso è la metà del 100 %.

Esercizio 2 - Riscaldamento fittizio. Una porzione d’aria mantiene e = 1,0 kPa. Il riferimento passa da 2,0 a 2,5 kPa. Calcolate le due umidità relative. Quale affermazione sul vapore non è giustificata?

Soluzione: 50 % e poi 40 %. La diminuzione della percentuale non dimostra qui una diminuzione di e, poiché è stata mantenuta costante. Bisogna anche evitare di trasformare questo modello in una regola per ogni riscaldamento reale: se il sistema scambia

acqua o cambia altre condizioni, e può variare. Le ipotesi fanno parte del risultato.

Esercizio 3 - Confrontare due luoghi. In un luogo fittizio, e = 0,6 kPa ed e_s = 0,8 kPa; nell'altro, e = 1,2 kPa ed e_s = 3,0 kPa. Quale luogo possiede HR più elevata? Quale presenta e più elevata?

Soluzione: il primo presenta il 75 %, il secondo il 40 %. Eppure la pressione parziale del vapore è più elevata nel secondo. Questa divergenza è esattamente l'oggetto dell'esercizio. Non richiede alcun giudizio su una sensazione o un pericolo. Una buona risposta conserva il nome della grandezza invece di dire vagamente che uno dei due luoghi è più umido.

Esercizio 4 - Punto di rugiada. Una misura fittizia indica temperatura dell'aria di 14 gradi e punto di rugiada di 13 gradi. Un'altra indica 24 gradi e punto di rugiada di 13 gradi. Che cosa si può confrontare e che cosa non si può annunciare?

Soluzione: il primo stato presenta uno scarto minore fra temperatura e punto di rugiada, quindi si trova più vicino alla saturazione nelle condizioni della definizione. Non si possono annunciare un'ora di pioggia né una visibilità precisa. Occorrerebbero un'evoluzione, un luogo e altre informazioni. I numeri servono a un confronto concettuale, non a una previsione reale.

Esercizio 5 - Argomentazione. Una persona calcola l'umidità di una miscela facendo la media del 20 % e dell'80 %, senza altri dati. Spiegate perché il 50 % non sia necessariamente la risposta giusta.

Soluzione: le percentuali possono riferirsi a temperature, pressioni e masse differenti. La loro media non conserva direttamente una quantità fisica di vapore né un bilancio energetico. Occorre precisare le masse, gli stati iniziali e il metodo di mescolamento. In

alcuni casi particolari una media può coincidere con il risultato; tale coincidenza non giustifica il metodo generale.

Esercizio 6 - Leggere una conclusione. «Il sensore indica il 100 %, quindi sta per cominciare a piovere.» Riformulate la sola informazione ottenuta e proponete due informazioni aggiuntive pertinenti.

Soluzione: il sensore indica un’umidità relativa corrispondente alla saturazione nelle proprie condizioni di misura, con i propri limiti e il proprio riferimento. Si possono cercare informazioni sul profilo verticale, sulle nubi e sull’evoluzione atmosferica; per una decisione reale resta necessario un bollettino aggiornato. L’esercizio non fornisce alcuna procedura garantita di previsione amatoriale.

9. Errori frequenti e scheda di ripasso

Gli errori abituali consistono nel vedere il vapore, confondere HR con la probabilità di pioggia, confrontare percentuali senza temperatura, mediare riferimenti diversi e ignorare il tempo di risposta di un sensore. Un altro errore associa saturazione e precipitazione certa. Per correggerli, scrivete la grandezza, la sua unità e il suo denominatore prima di interpretare.

Scheda di ripasso: vapore invisibile; goccioline e cristalli distinti; HR = 100 × e / e_s(T); punto di rugiada = temperatura di saturazione ottenuta secondo le condizioni dichiarate. Una percentuale può cambiare senza diminuzione di e. Saturazione non significa pioggia garantita. Una misura locale non sostituisce né una previsione datata né un’indicazione di sicurezza attuale. Gli esempi numerici restano modelli, non una tabella da usare per un’attività esposta.

Fonti e provenienza: NOAA/NWS, Discussion on Humidity, https://www.weather.gov/lmk/humidity, verifica della relazione fra temperatura,

umidità relativa e saturazione, breve citazione segnalata; NOAA/NWS, Dew Point vs Humidity, https://www.weather.gov/arx/why_dewpoint_vs_humidity, verifica della definizione di punto di rugiada. Consultazione nella redazione francese dell’11 ottobre 2026. Nessuna tabella di comfort, dato attuale o serie di misure di terzi viene riprodotta. Analisi dei rapporti, esempi e soluzioni originali LFDP.

CAPITOLO 5 - NUBI E PRECIPITAZIONI: CONDENSAZIONE, CRISTALLI E MICROFISICA SEMPLIFICATA

1. Una nube visibile non è un blocco di vapore

Una nube visibile riunisce piccole goccioline d’acqua, cristalli di ghiaccio oppure entrambi, secondo le condizioni. Il vapore rimane una fase gassosa invisibile. Questa distinzione spiega perché la visibilità di una nube non fornisca direttamente la quantità totale di vapore nell’atmosfera. Le particelle diffondono la luce; la loro dimensione, il numero, lo spessore del mezzo e l’illuminazione modificano l’aspetto. Una nube scura non è semplicemente riempita di una sostanza più nera.

La condensazione trasforma il vapore in acqua liquida; il brinamento trasforma il vapore in solido. La solidificazione trasforma il liquido in ghiaccio e la fusione compie il percorso inverso. Questi termini indicano processi diversi, con scambi energetici. Non sostituiteli tutti con la parola raffreddamento. Una diminuzione della temperatura può contribuire a un processo, ma bisogna esaminare le condizioni di saturazione e le fasi presenti.

La microfisica studia trasformazioni e interazioni alla scala delle particelle. La nostra guida ne propone una comprensione semplificata. Non fornisce una simulazione completa di una nube né un metodo di previsione locale. Meccanismi generali possono essere conosciuti mentre la quantità esatta di una precipitazione rimane incerta. Resta essenziale la distinzione fra spiegare un processo e prevederne il risultato.

2. Salita e raffreddamento

Quando una porzione d’aria sale verso una pressione ambiente più bassa, può espandersi. In un modello di salita senza scambio termico esterno, detto adiabatico, questa espansione si accompagna a un raffreddamento. Non è quindi necessario supporre che un oggetto freddo tocchi l’aria per spiegare ogni diminuzione di temperatura. Il modello dipende però da condizioni: mescolamento, irraggiamento e trasformazioni dell’acqua possono modificare la situazione reale.

Se l’aria si raffredda abbastanza rispetto al vapore presente, può raggiungere la saturazione e poi formare particelle in condizioni appropriate. L’energia liberata dai cambiamenti di stato modifica la variazione di temperatura; una salita satura non segue esattamente lo stesso modello di una salita d’aria non satura. La differenza dipende dalle condizioni e non si riduce a un tasso universale valido per tutte le nubi.

Esempio fittizio: per un esercizio imponiamo una diminuzione di 8 gradi su un chilometro in un primo percorso e di 5 gradi su un chilometro in un secondo. Una temperatura iniziale di 20 gradi darebbe rispettivamente 12 e 15 gradi dopo questo spostamento nei modelli. Questi tassi sono parametri didattici, non valori da usare per prevedere un volo o un’escursione. Il risultato mostra soltanto perché ipotesi diverse producano evoluzioni differenti.

3. Nuclei e comparsa delle particelle

Particelle presenti nell’atmosfera possono facilitare la formazione di goccioline o ghiaccio. Contano le loro proprietà e la loro dimensione. La formazione di una nube, quindi, non va rappresentata come una trasformazione istantanea di tutto il vapore appena una percentuale raggiunge esattamente 100 su un display. Il processo si svolge in un mezzo dalle condizioni variabili, dove le particelle hanno comportamenti differenti.

Una gocciolina può esistere a una temperatura inferiore a zero gradi senza essersi subito congelata: si parla allora di acqua sopraffusa. Questo non significa che la definizione di zero gradi sia falsa; mostra che lo stato di un sistema dipende anche dalla formazione della fase solida e dalle condizioni. Le nubi che contengono insieme acqua liquida e ghiaccio possono presentare particolari processi di crescita. Questi fenomeni richiedono più di una regola fondata soltanto sulla temperatura.

Acqua, aerosol e dinamica interagiscono. Modificare un numero di particelle può cambiare una distribuzione di dimensioni senza produrre una conseguenza identica in tutte le situazioni. Un’affermazione generale secondo cui più particelle producano sempre più pioggia sarebbe eccessiva. Occorre esaminare i meccanismi e l’ambito studiato. Il capitolo conserva questo limite invece di trasformare un’idea di microfisica in una ricetta di modificazione meteorologica.

4. Crescere fino a diventare una precipitazione

Piccole goccioline non diventano automaticamente grandi gocce. La condensazione ne aumenta la dimensione; le collisioni possono permettere la coalescenza, cioè l’unione di goccioline. Dimensioni diverse e movimenti relativi influenzano gli incontri. Anche processi che coinvolgono il ghiaccio possono contribuire alla crescita. La varietà dei meccanismi spiega perché uno stesso nome di nube non basti a determinare un totale di precipitazione.

Una dimostrazione geometrica originale aiuta a comprendere le scale. Il volume di una sfera è proporzionale al cubo del suo raggio. Raddoppiare il raggio moltiplica il volume per otto. Per costruire una particella di raggio dieci volte maggiore partendo da particelle identiche, senza perdite e conservando il volume, occorrerebbero mille volumi iniziali. Il calcolo non spiega la velocità reale di formazione; mostra perché pochi incontri non bastino sempre a cambiare fortemente la scala.

La caduta di una particella dipende dalle forze, dalla sua forma, dal mezzo e dai movimenti d’aria. Una particella può scendere rispetto all’aria e rimanere allo stesso tempo momentaneamente sostenuta da una corrente ascendente. Sarebbe quindi ingannevole dire che ogni goccia cada appena possiede un peso. Le goccioline possiedono già una massa: ciò che cambia è il loro movimento in un mezzo. La precipitazione osservata al suolo deriva da un percorso, non soltanto da una comparsa in quota.

5. Il percorso cambia ciò che arriva al suolo

Una particella solida può fondere in uno strato più caldo; una goccia può incontrare uno strato freddo e rimanere temporaneamente liquida oppure cambiare stato. Profili verticali diversi producono risultati differenti al suolo. Una temperatura misurata vicino a una porta non descrive tutti gli strati attraversati. Bisogna evitare di prevedere il tipo di precipitazione da un unico numero senza un profilo né un’evoluzione.

La neve presenta forme e densità variabili. Un’altezza di neve e un’altezza d’acqua equivalente non sono intercambiabili mediante un rapporto fisso universale. Un manto può anche compattarsi e cambiare dopo la sua formazione. In un esercizio sui volumi occorre dichiarare una massa volumica o un’equivalenza scelta. Per una decisione reale in montagna, questo corso non sostituisce alcun bollettino specialistico né la conoscenza del terreno.

Una precipitazione può evaporare prima di raggiungere il suolo. Si può vedere una striscia sotto una nube senza ricevere pioggia nel proprio punto di osservazione. Un radar può rilevare particelle sopra una zona; interpretare la quantità al suolo richiede correzioni e altre informazioni. Non confondete l’assenza di gocce sulla vostra mano con l’assenza di precipitazione nell’intera colonna atmosferica.

6. Classificare le nubi senza pretendere di prevedere tutto il tempo

L’Atlante internazionale delle nubi dell’Organizzazione meteorologica mondiale distingue dieci generi: cirrus, cirrocumulus, cirrostratus, altocumulus, altostratus, nimbostratus, stratocumulus, stratus, cumulus e cumulonimbus. Questa nomenclatura permette una descrizione comune. Non costituisce dieci previsioni automatiche. Specie, varietà e particolarità completano la descrizione, ma non occorre recitare tutta la classificazione per comprendere il limite fra osservazione e anticipazione.

Le forme filamentose, a strato o a cumulo offrono riferimenti visivi; la quota e lo sviluppo verticale forniscono altre informazioni. Una base e una sommità non si trovano necessariamente nello stesso livello. Gli intervalli abituali variano secondo le regioni. Una sagoma vista attraverso una finestra può restare ambigua; è preferibile conservare questa incertezza piuttosto che inventare un’identificazione precisa.

L’OMM collega l’origine del sistema dei nomi latini ai lavori di Luke Howard nel 1803. Questo riferimento storico mostra l’interesse di una descrizione condivisibile in una disciplina fondata sull’osservazione. Non attribuisce alle denominazioni una proprietà magica di previsione. Le fotografie e le tabelle dell’Atlante non vengono riprodotte qui; le situazioni della guida restano creazioni didattiche.

7. Due scene originali di interpretazione

Prima scena fittizia: un gruppo vede nubi a cumulo il cui sviluppo aumenta nel corso della mattinata. Una persona annuncia immediatamente un’ora del temporale. Un’altra annota la forma e cerca un bollettino aggiornato. Il secondo atteggiamento distingue osservazione e previsione. Lo sviluppo può costituire un indizio pertinente, ma l’ora, il luogo e l’intensità non sono determinati da questa sola osservazione. Una decisione che comporti esposizione richiede informazioni ufficiali appropriate.

Seconda scena: una stazione non raccoglie pioggia mentre un radar mostra un segnale sopra la zona. Sono possibili più spiegazioni: precipitazione in quota che non raggiunge il suolo, differenza di ora o posizione, limiti dello strumento o della rappresentazione. Bisogna leggere i metadati prima di dichiarare una contraddizione. Il metodo non afferma che ogni immagine radar sia corretta: organizza le verifiche.

Un’idea concorrente sostiene che conoscere il genere di una nube basti a prevedere il tempo. Riconosce un legame fra strutture e processi, ma supera le informazioni disponibili. Un’altra idea afferma che, poiché l’identificazione può essere difficile, le osservazioni delle nubi siano inutili. Trascura il loro contributo alla descrizione del mezzo. Una posizione ragionevole riconosce un’utilità limitata e rifiuta una promessa eccessiva.

8. Esercizi progressivi svolti

Esercizio 1 - Stati e trasformazioni. Distinguete vapore, gocciolina e cristallo, poi indicate il passaggio dal vapore al liquido e quello dal liquido al solido.

Soluzione: vapore = stato gassoso invisibile; gocciolina = acqua liquida; cristallo = stato solido. Il passaggio vapore-liquido è la condensazione; quello liquido-solido è la solidificazione. Una

descrizione precisa non sostituisce queste trasformazioni con la sola parola raffreddamento. Intervengono condizioni energetiche e di formazione, anche quando la temperatura aiuta a comprendere il processo.

Esercizio 2 - Volume. Una particella sferica fittizia ha un raggio triplo rispetto a un’altra dello stesso materiale. Qual è il rapporto fra i loro volumi? Quanti volumi piccoli corrispondono al grande in un modello senza perdite?

Soluzione: 3 al cubo = 27. Occorrono ventisette volumi iniziali per uguagliare il grande volume. Questa equivalenza geometrica non fornisce un numero di collisioni reali né un tempo di crescita. Conserva soltanto il volume nel modello. Una risposta scientifica deve indicare tale portata.

Esercizio 3 - Salita nel modello. Con un tasso imposto di diminuzione di 7 gradi per chilometro, una porzione d’aria fittizia sale di 500 metri partendo da 18 gradi. Quale risultato si ottiene? Si può usare questo solo calcolo per prevedere una nube reale?

Soluzione: 500 metri = 0,5 chilometri; la diminuzione vale 7 × 0,5 = 3,5 gradi; la temperatura del modello diventa 14,5 gradi. Per una nube reale mancano in particolare l’umidità, l’evoluzione dei tassi, i mescolamenti e la dinamica. Il tasso era un’ipotesi dell’esercizio. Non diventa una misura atmosferica perché il calcolo è esatto.

Esercizio 4 - Acqua equivalente fittizia. Un esercizio impone che un deposito di neve copra 2 metri quadrati per un’altezza di 0,10 metri, con una massa volumica di 100 chilogrammi per metro cubo. Calcolate volume, massa e altezza dell’acqua liquida corrispondente, supponendo l’acqua a 1 000 chilogrammi per metro cubo.

Soluzione: volume = 2 × 0,10 = 0,20 metri cubi; massa = 0,20 × 100 = 20 chilogrammi. Il volume d’acqua vale 20 / 1 000 = 0,020

metri cubi; distribuito su 2 metri quadrati, dà 0,010 metri, cioè 10 millimetri. Il rapporto deriva dalla massa volumica imposta; non si applica automaticamente a ogni neve. Non viene fornito alcun bilancio reale del manto nevoso.

Esercizio 5 - Segnale e osservazione. Un segnale radar e un pluviometro sembrano contraddirsi. Proponete quattro verifiche prima di scegliere una conclusione.

Possibile soluzione: confrontare ore, zone, quote osservate e grandezza rappresentata; verificare anche i limiti degli strumenti. Il radar può osservare particelle in quota e il pluviometro una quantità al suolo su una durata. Due risultati possono essere compatibili perché riguardano oggetti diversi. Se le condizioni sono realmente comparabili, rimane possibile un errore, che va esaminato.

Esercizio 6 - Previsione abusiva. Correggete la frase «Questa nube è un cumulonimbus, quindi il fulmine colpirà il nostro punto fra dieci minuti», senza minimizzare un possibile pericolo.

Soluzione: l’identificazione può indicare una situazione da prendere sul serio, ma non fornisce una traiettoria esatta né un tempo garantito. Occorre consultare informazioni aggiornate e applicare le appropriate indicazioni di protezione invece di cercare di dimostrare un minuto preciso. Il capitolo 7 tratta i temporali; nessun esercizio serve a giustificare il prolungamento di un’esposizione reale.

9. Errori frequenti e scheda di ripasso

Gli errori comuni consistono nel vedere il vapore, confondere condensazione e solidificazione, associare zero gradi a una trasformazione istantanea universale, dedurre la pioggia dal nome di una nube e usare un rapporto fisso neve-acqua. Un’altra confusione assimila un segnale in quota a una quantità misurata al suolo. Per correggervi, seguite la particella, le sue fasi, il suo ambiente e la grandezza osservata.

Scheda di ripasso: una nube contiene particelle visibili; la salita può raffreddare per espansione; i cambiamenti di stato influenzano l’energia; la crescita non si riduce alla comparsa. Il volume sferico varia come il cubo del raggio. Il percorso verticale trasforma talvolta il tipo o la quantità che arriva al suolo. Una classificazione descrive: non assicura alcuna ora di precipitazione né sicurezza sul terreno.

Fonti e provenienza: OMM, Atlas international des nuages, Genres, https://cloudatlas.wmo.int/en/principles-of-cloud-classification-genera.html ; OMM, Classifying clouds, https://public.wmo.int/world-meteorological-day-2017/classifying-clouds, riferimento Howard 1803; NOAA/NWS, Discussion on Humidity, https://www.weather.gov/lmk/humidity, distinzione fra saturazione e precipitazione e riferimento alla crescita. Consultazione nella redazione francese dell’11 ottobre 2026. Calcoli, personaggi e interpretazioni dei casi sono originali LFDP. Nessuna immagine dell’Atlante né previsione attuale viene riprodotta.

CAPITOLO 6 - FRONTI E MASSE D’ARIA: EVOLUZIONE, RILIEVO E SITUAZIONI LOCALI

1. Passare da una misura locale a un’organizzazione dell’atmosfera

Un termometro indica una temperatura in un punto; non descrive da solo l’aria che si sposta sopra una regione. Per collegare le osservazioni si usa, tra l’altro, la nozione di massa d’aria: un insieme esteso le cui proprietà di temperatura e umidità presentano una certa coerenza. Questa coerenza rimane relativa. Una massa d’aria non è un blocco rigido, completamente uniforme e chiuso agli scambi: si trasforma durante il proprio spostamento.

Una regione d’origine contribuisce alle sue proprietà, poi il percorso sopra il mare o le terre le modifica. Le espressioni marittima, continentale, polare o tropicale servono a descrivere caratteristiche e una storia generale. Non forniscono direttamente la temperatura di un quartiere a un’ora precisa. Stagione, rilievo, durata del percorso e scambi con la superficie possono cambiare le condizioni osservate. Bisogna evitare di trattare il nome di una massa d’aria come un bollettino locale completo.

L’obiettivo del capitolo è comprendere come una zona di transizione e un rilievo possano organizzare i cambiamenti. Useremo schemi descritti a parole e numeri fittizi. Non permettono di prevedere il passaggio reale di un fronte oggi. Per una decisione all’aperto restano necessari una carta datata, una previsione locale e i messaggi ufficiali attuali. Comprendere i meccanismi migliora la lettura di queste informazioni: non le sostituisce.

2. Un fronte è una transizione, non un muro

Un fronte separa masse d’aria dalle proprietà contrastanti. Su una carta al suolo è rappresentato da una linea convenzionale, mentre la transizione possiede un’estensione e una struttura verticali. La linea costituisce quindi una semplificazione. Non significa che tutti i parametri cambino esattamente nello stesso istante, né che la pioggia sia limitata al suo tracciato.

I termini freddo e caldo sono relativi alle masse d’aria confrontate. Un’aria definita fredda può essere calda rispetto alle nostre abitudini, se sostituisce aria ancora più calda. Il vocabolario indica soprattutto l’organizzazione del contrasto e dello spostamento. Questa precisazione è importante quando una carta estiva sembra presentare un fronte freddo in una regione dove le temperature rimangono elevate.

Una metafora utile, ma limitata, consiste nel confrontare una carta con una sezione di tessuto che sia stata appiattita. La linea segnala un’organizzazione che non si vede interamente sulla superficie. Sarebbe però ingannevole immaginare una frontiera fissa e impermeabile fra due oggetti. Movimenti, scambi e mescolamenti fanno parte della situazione. Leggere la carta richiede quindi di associare i simboli alle osservazioni e all’ora di validità indicata.

3. Fronte freddo, fronte caldo, fronte stazionario e occlusione

Un fronte freddo segna l’avanzata di aria relativamente fredda che sostituisce aria più calda vicino al suolo. Un fronte caldo segna la sostituzione inversa. I movimenti verticali associati possono favorire la formazione di nubi e precipitazioni, ma la loro intensità dipende dall’umidità, dalla stabilità e da altre condizioni. Il nome di un fronte non impone quindi una quantità di pioggia identica in tutte le situazioni.

Sulle comuni carte convenzionali, i triangoli segnalano un fronte freddo e i semicerchi un fronte caldo; il lato su cui sono disposti indica il verso di spostamento rappresentato. Un fronte stazionario usa un’alternanza di segni su entrambi i lati. Un’occlusione è raffigurata mediante un’alternanza di triangoli e semicerchi sullo stesso lato. Occorre comunque leggere la legenda del servizio che fornisce la carta: i colori da soli sono insufficienti, soprattutto per una riproduzione in bianco e nero o per un lettore che distingua male alcuni colori.

Un’occlusione riguarda un’organizzazione in cui l’aria calda viene sollevata e non occupa più la stessa posizione vicino al suolo fra le masse più fredde. Non va presentata come una scomparsa istantanea di tutte le nubi né come la fine garantita di una perturbazione. Il sistema può continuare a evolvere. La parola stazionario, invece, significa che la posizione del fronte cambia poco nella rappresentazione considerata, non che l’atmosfera smetta di muoversi.

Ci limiteremo qui alla lettura delle categorie. La struttura reale di un sistema frontale richiede osservazioni in quota e strumenti che questa guida non fornisce. Cercare una corrispondenza troppo semplice fra un simbolo e il tempo percepito farebbe perdere la distinzione fra modello esplicativo, analisi della carta e previsione.

4. Perché i cambiamenti non seguono tutti la linea al suolo

Vento, temperatura, pressione e precipitazioni non presentano necessariamente transizioni identiche. Una nube può comparire prima che il contrasto termico venga misurato al suolo; una zona di pioggia può oltrepassare il tracciato frontale. Anche una stazione è influenzata dalla propria collocazione. Passare da una zona organizzata a una serie di misure locali richiede quindi un’interpretazione, non una lettura meccanica del simbolo.

Un esempio originale usa tre stazioni fittizie, A, B e C, distanti quaranta chilometri l’una dall’altra. Una carta didattica mostra uno spostamento generale da ovest verso est. In A viene misurato un calo di temperatura a mezzogiorno; in B viene misurato più tardi; in C un rovescio comincia prima di tale calo. Queste indicazioni sono compatibili con un’evoluzione organizzata, ma non bastano a ricostruirne tutta la struttura. Si ignorano in particolare gli effetti locali e l’accuratezza delle misure.

Per ragionare, separate ciò che è dato da ciò che viene supposto. Gli orari misurati sono dati fittizi dell’esercizio. La regolarità dello spostamento è un’ipotesi semplificatrice. Affermare che la stessa sequenza arriverà a una quarta stazione sarebbe una previsione che richiederebbe informazioni aggiuntive. Questa classificazione impedisce di trasformare un’illustrazione scolastica in una regola di spostamento applicabile a un evento reale.

Si può anche porre una domanda di causalità: il rovescio provoca il cambiamento di temperatura oppure più processi contribuiscono a entrambe le osservazioni? Una semplice successione cronologica non decide la questione. Le precipitazioni e i loro effetti possono modificare localmente la temperatura; può intervenire anche l’arrivo di una massa d’aria differente. Una buona spiegazione conserva più meccanismi compatibili invece di scegliere il primo legame che viene in mente.

5. Il rilievo organizza differenze locali

Quando un flusso incontra un rilievo, l’aria può essere condotta a una quota maggiore. La sua espansione e il suo raffreddamento possono favorire la saturazione se l’umidità lo permette. Questa situazione contribuisce a spiegare alcune differenze fra versanti. Non significa che piova su ogni montagna non appena soffia un vento, né che un versante riparato rimanga sempre asciutto.

Il rilievo modifica anche il flusso: un valico, una valle o un pendio non riceve necessariamente lo stesso vento della stazione di pianura più vicina. Alcune differenze sono più piccole delle celle di un modello di previsione. Il Met Office sottolinea nei suoi lavori sull’orografia la necessità di rappresentare nei modelli gli effetti delle montagne. Il nostro obiettivo non è fornire una correzione personale universale, ma capire perché una previsione regionale possa avere limiti locali.

Un esempio originale confronta due luoghi fittizi posti sui due lati di un massiccio. La stazione sopravento indica nubi persistenti e pioggia; quella sottovento riferisce schiarite. La presenza del rilievo rende plausibile una differenza, ma non permette di attribuire automaticamente tutto lo scarto al solo sollevamento. Vanno esaminati anche quota, ora, strumento e situazione generale. Una spiegazione soddisfacente collega indizi: non trasforma un solo fattore in causa esclusiva.

È allettante creare una regola come aggiungere un numero fisso di chilometri all’ora al vento appena si sale. Una regola del genere non è giustificata dalla sola nozione di rilievo. Gli effetti dipendono dall’orientamento, dalla stabilità e dalla struttura del flusso. Per un’escursione, un’attività in quota o un’installazione esposta, consultate un’informazione adatta al luogo e all’attività, non soltanto il valore di una città vicina.

6. Una sezione didattica e un calcolo limitato

Immaginiamo una linea di transizione fittizia posta a centoventi chilometri da un punto e diretta verso di esso, soltanto nell’esercizio, a trenta chilometri all’ora. Se velocità e direzione rimangono costanti, la durata geometrica vale distanza divisa per velocità, quindi quattro ore. Le unità si semplificano: chilometri divisi per chilometri all’ora danno ore. Il calcolo è coerente con le proprie ipotesi.

Questo risultato non costituisce un’ora reale di arrivo della pioggia. La posizione rappresentata può essere incerta, la velocità può variare e le precipitazioni possono essere spostate rispetto alla linea. Conta anche la proiezione della velocità verso il punto: uno spostamento obliquo non si tratta come uno direttamente verso il luogo. Le quattro ore esprimono soltanto ciò che producono i numeri dello scenario semplificato.

Aggiungiamo un intervallo fittizio di velocità da venti a quaranta chilometri all’ora, conservando distanza e direzione fisse. Le durate diventano sei ore e tre ore. Otteniamo un intervallo di scenari geometrici, non un intervallo probabilistico convalidato da osservazioni. Nulla permette di affermare che la durata reale abbia una certa probabilità di trovarsi fra questi valori. Un insieme di calcoli e una previsione probabilistica non sono la stessa cosa.

Questa distinzione sarà ripresa nei capitoli dedicati ai modelli e alle probabilità. Offre già una regola di lettura utile: un’operazione esatta può basarsi su ipotesi troppo semplificate per guidare una decisione. La precisione aritmetica non cancella l’incertezza dei dati o del modello.

7. Un riferimento storico verificato

La scheda storica del Met Office collega la rappresentazione moderna dei fronti alla scuola di Bergen e descrive una proposta di simboli monocromatici di Tor Bergeron nel 1924. Conserviamo questo riferimento limitato: triangoli e semicerchi permettono di comunicare una distinzione senza dipendere soltanto dal colore. Non si pretende che tutti gli strumenti contemporanei esistessero già nella loro forma attuale.

Questa storia mostra un problema comune alle scienze: rappresentare deve permettere di comprendere, confrontare e trasmettere. Un simbolo può restare utile pur semplificando

fortemente l’oggetto. L’apprendimento consiste nel conoscerne la funzione e il limite. Non bisogna né scambiarlo per l’atmosfera stessa né rifiutarlo perché non mostra tutte le sue proprietà.

8. Esercizi progressivi svolti

Esercizio 1. Una carta presenta un fronte freddo, mentre la temperatura dopo il suo passaggio fittizio è di ventotto gradi. È una contraddizione?

Soluzione. Non necessariamente. Freddo descrive qui un contrasto fra masse d’aria, non una temperatura universale giudicata fredda da un osservatore. Mancano la temperatura dell’aria sostituita e il contesto. L’errore sarebbe convertire un qualificativo relativo in una soglia assoluta. Questa risposta non autorizza alcuna conclusione sul tempo attuale in una regione.

Esercizio 2. Una linea frontale fittizia dista novanta chilometri e avanza direttamente verso un luogo a quindici chilometri all’ora. Calcolate la durata semplificata, poi date tre ragioni per non annunciare l’ora esatta della pioggia.

Soluzione. La durata vale novanta diviso quindici, cioè sei ore. Lo spostamento può cambiare, la posizione iniziale può essere incerta e la pioggia può trovarsi davanti o dietro la linea. Si potrebbero aggiungere la direzione e gli effetti locali. Il calcolo risponde a una domanda geometrica condizionata: non costituisce un bollettino operativo.

Esercizio 3. Due comuni vicini presentano osservazioni differenti. Proponete un metodo che non concluda subito che vi sia un errore di misura.

Soluzione. Verificate prima ore, collocazioni e strumenti. Esaminate poi quota, esposizione e vicinanza di un rilievo o di una costa. Confrontate questi dati con un’informazione regionale datata. Una

differenza può essere reale, strumentale oppure legata alle condizioni del confronto. Il metodo organizza le ipotesi prima di scegliere una spiegazione.

Esercizio 4. Un compagno afferma che un’occlusione significhi bel tempo immediato e che un fronte stazionario significhi assenza di vento. Correggete entrambe le proposizioni.

Soluzione. L’occlusione descrive un’organizzazione delle masse d’aria e un sollevamento; non garantisce la scomparsa delle nubi o delle precipitazioni. Stazionario riguarda la posizione del fronte, non l’arresto di ogni flusso. Entrambe le frasi attribuiscono a una categoria cartografica una conseguenza che la sua definizione non contiene.

9. Errori frequenti e scheda di ripasso

Non confondete una linea della carta con una frontiera verticale rigida. Non leggete freddo e caldo come soglie fisse. Non identificate una velocità di spostamento con l’ora della pioggia. Non trasferite un valore di pianura a un versante senza un’informazione appropriata. Infine, una carta senza data o legenda può diventare un documento didattico, ma non deve servire come prova della situazione attuale.

Per ripassare, definite massa d’aria, fronte freddo, fronte caldo, stazionario e occlusione. Spiegate perché uno spostamento sopra una superficie modifichi delle proprietà. Descrivete il possibile ruolo del rilievo senza promettere un risultato. Riprendete il calcolo distanza su velocità enunciando ogni ipotesi. Concludete distinguendo misura, interpretazione e previsione: queste tre operazioni sono legate, ma i loro risultati non hanno la stessa portata.

10. Fonti primarie e approfondimenti

NOAA, How to read Surface Weather Maps, definizioni e convenzioni: https://www.noaa.gov/jetstream/wxmaps Met Office, Weather fronts: https://weather.metoffice.gov.uk/learn-about/weather/atmosphere/weather-fronts Met Office, Rain, sollevamento frontale e orografico: https://weather.metoffice.gov.uk/learn-about/weather/types-of-weather/rain Met Office, Orographic processes, difficoltà di rappresentazione del rilievo: https://www.metoffice.gov.uk/research/foundation/parametrizations/orography Met Office, Factsheet 10, Air masses and weather fronts, in particolare la sezione storica «A brief history»: https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/research/library-and-archive/library/publications/factsheets/factsheet_10-air-masses-and-weather-fronts_2023.pdf Fonti verificate nella redazione francese l’11 ottobre 2026. Nessuno schema né tabella degli editori viene riprodotto; esempi, calcoli ed esercizi sono originali e fittizi. Questo capitolo non fornisce alcuna informazione meteorologica attuale.

CAPITOLO 7 - TEMPORALI, FULMINI E FENOMENI VIOLENTI: MECCANISMI E LIMITI DELLA PREVISIONE

1. Una formazione organizzata, pericoli distinti

Un temporale associa un’attività elettrica a una nube convettiva sviluppata. Fulmini, forti precipitazioni, grandine e raffiche possono costituire pericoli diversi all’interno della stessa situazione. Non bisogna aspettare che compaiano tutti per riconoscere un rischio. L’assenza di pioggia nel punto in cui ci si trova non prova l’assenza di un pericolo legato a un temporale vicino.

La convezione è un movimento che trasporta, tra l’altro, energia e materia. In un’atmosfera favorevole, l’aria può salire, raffreddarsi, formare nubi e partecipare a un’organizzazione più profonda. Intervengono umidità, stabilità e un meccanismo d’innesco. Tuttavia, la presenza di alcuni ingredienti favorevoli non permette di annunciare automaticamente la formazione di un temporale in un luogo e a un minuto precisi.

Questo capitolo serve a comprendere i termini usati in un bollettino e a riconoscere i limiti di un’interpretazione personale. Non insegna a inseguire temporali, non fornisce alcuna allerta attuale e non sostituisce indicazioni ufficiali. Gli esempi sono fittizi. Ogni osservazione didattica si svolge da una situazione sicura; nessun esercizio chiede di avvicinarsi a un temporale o di restare all’aperto per prendere una misura.

2. Correnti ascendenti e discendenti

Una cella convettiva contiene movimenti d’aria. Lo sviluppo è alimentato da una corrente ascendente; precipitazioni e processi di raffreddamento possono contribuire a movimenti discendenti. Nella spiegazione della fase matura, la NOAA indica «updrafts and downdrafts coexist», cioè la coesistenza delle correnti ascendenti e discendenti. Questo breve riferimento sottolinea che un temporale sviluppato non è soltanto una colonna d’aria che sale.

Il raffreddamento e le precipitazioni possono favorire un flusso discendente che si espande vicino al suolo. Questo funzionamento contribuisce a spiegare raffiche talvolta lontane dalla zona di pioggia più visibile. Una fotografia non restituisce tutti i movimenti. La parte spettacolare di una nube e la zona più pertinente per una decisione, quindi, non sono necessariamente le stesse.

Occorre conservare la distinzione fra lo schema di una cella e un sistema reale. Più celle possono formarsi, fondersi o rinnovarsi; un’organizzazione duratura può continuare mentre una singola cella si indebolisce. La durata didattica di una cella non costituisce un timer di sicurezza. Non si può annunciare che un pericolo sia finito dopo un numero fisso di minuti perché un corso presenta una successione di fasi.

Un modello esplicativo è utile quando mostra le relazioni fra alimentazione, sviluppo ed evoluzione. Diventa ingannevole se se ne ricava un calendario esatto senza osservazioni aggiornate. Questa differenza tornerà nei capitoli sulla previsione numerica e sulla decisione.

3. Lampo, fulmine e tuono

Movimenti e interazioni fra particelle nella nube contribuiscono alla separazione delle cariche elettriche. Una scarica può verificarsi all’interno di una nube, fra nubi oppure fra l’atmosfera e il suolo. La luce visibile corrisponde al lampo; il tuono è il suono associato al riscaldamento rapidissimo dell’aria e alla sua espansione. Vedere il lampo prima di sentire il tuono si spiega soprattutto con la differenza di velocità di propagazione fra luce e suono.

La descrizione scientifica non permette di identificare con certezza il prossimo punto d’impatto. Una persona può vedere un’attività lontana senza disporre di informazioni complete su tutte le scariche. I numeri spettacolari di temperatura o tensione talvolta citati non forniscono un metodo di protezione personale. Comprendere un fenomeno e poterne controllare il verificarsi sono due capacità distinte.

Un calcolo di distanza a partire da un ritardo può illustrare la propagazione del suono, ma non definisce una zona esterna priva di pericolo. Il National Weather Service ricorda che sentire il tuono segnala una situazione che può esporre ai fulmini. Questa guida non propone quindi alcuna soglia personale per aspettare all’aperto. Le indicazioni ufficiali per mettersi al riparo hanno la precedenza sul desiderio di terminare un’osservazione.

4. Grandine, pioggia intensa e raffiche non si deducono da una sola immagine

La grandine si sviluppa in particolare attraverso l’accumulo di ghiaccio attorno a particelle nelle correnti di un temporale. Le goccioline possono rimanere liquide sotto zero gradi prima di congelare al contatto. Crescita, sospensione e caduta dipendono da condizioni che non sono leggibili in un semplice colore del cielo. Uno strato di ghiaccio osservato al suolo non basta a ricostruire tutto il percorso di un chicco di grandine.

Una forte pioggia può concentrare rapidamente acqua su una superficie. I suoi effetti dipendono dalla durata, dal suolo, dalla pendenza, dal drenaggio e dai deflussi a monte. Una quantità media su una regione non descrive necessariamente il cumulato ricevuto da un quartiere. Allo stesso modo, una raffica è una variazione breve del vento: non va confusa con la media indicata su un periodo.

In un esempio originale, due luoghi fittizi ricevono lo stesso cumulato di pioggia in un’ora. Il primo dispone di un drenaggio funzionante; il secondo si trova ai piedi di un pendio e riceve anche ruscellamento. Le conseguenze possono differire benché il valore della pioggia locale sia identico. Questo caso mostra perché un rischio non dipenda soltanto dalla misura atmosferica, ma anche dall’esposizione e dall’ambiente.

Sarebbe pericoloso dedurre da questo caso la possibilità di attraversare una zona allagata stimandone la profondità. L’esercizio spiega una differenza di effetti: non fornisce alcuna convalida del passaggio. Una strada, un ponte o un terreno possono essere danneggiati in modo invisibile. Le chiusure e le indicazioni delle autorità prevalgono su un’analisi personale a distanza.

5. Tornado e altri fenomeni: non semplificare una causalità complessa

Un tornado è una colonna d’aria fortemente vorticosa che collega una nube convettiva al suolo. Non tutte le celle temporalesche ne producono. I meccanismi dipendono da un’organizzazione complessa dei movimenti, in particolare dalle variazioni del vento con la quota e da processi propri della cella. Il National Weather Service sottolinea che il solo incontro fra masse d’aria è una spiegazione troppo semplificata della formazione.

Questo non significa che ogni conoscenza sia inutile. Si possono individuare condizioni favorevoli e i sistemi di sorveglianza possono fornire allerte. Ma la capacità di prevedere un ambiente favorevole e quella di annunciare un fenomeno molto locale con posizione e intensità esatte non sono identiche. Un’incertezza di dettaglio non annulla la necessità di seguire un messaggio di protezione.

Un errore frequente consiste nel discutere a lungo il nome preciso di un fenomeno prima di applicare un’indicazione. Per una persona esposta, hanno priorità il pericolo annunciato, l’azione richiesta e il luogo interessato. La classificazione scientifica potrà essere studiata in seguito. Questa guida non propone esercizi di identificazione sul terreno e non richiede fotografie ravvicinate.

6. Un calcolo didattico sulla propagazione

In uno scenario fittizio studiato a partire da una registrazione, un ritardo di sei secondi separa la luce e il suono. Prendiamo una velocità del suono semplificata di trecentoquaranta metri al secondo e trascuriamo il tempo di propagazione della luce a questa scala. Il prodotto vale duemilaquaranta metri, cioè circa due chilometri. L’arrotondamento è adatto alle ipotesi: annunciare due chilometri e quaranta metri come misura esatta sarebbe eccessivo.

Aggiungiamo un’incertezza didattica di un secondo sul ritardo. Con cinque secondi, il calcolo dà millesettecento metri; con sette secondi, duemilatrecentottanta metri. La variazione mostra che l’incertezza del cronometraggio influenza il risultato. Si può anche esaminare l’effetto di una velocità supposta differente, poiché la propagazione dipende dalle condizioni del mezzo. L’obiettivo consiste nel collegare misura, ipotesi e risultato, non nel valutare una distanza di protezione.

Perché il calcolo non basta per decidere di restare all’aperto? Riguarda un evento già avvenuto, non il prossimo. Semplifica il percorso del suono e le condizioni atmosferiche. Non descrive l’estensione completa del sistema né tutti i possibili punti d’impatto. Infine, aspettare per calcolare può ritardare il riparo. Il valore scolastico di un’operazione e la sua pertinenza per la sicurezza vanno valutati separatamente.

Un lavoro di classe può usare un file sonoro e un video autorizzati, oppure uno scenario interamente scritto. Non deve mai chiedere di ottenere personalmente la sequenza durante una situazione pericolosa. La curiosità scientifica può essere esercitata senza creare l’esposizione che cerca di comprendere.

7. Due scenari di lettura del bollettino

Primo scenario originale: un’uscita fittizia deve svolgersi vicino a un edificio adatto, mentre un bollettino attuale, nell’esercizio, annuncia un rischio di temporali nel settore. Il gruppo conosce un luogo di riparo, ma non sa quanto tempo servirebbe per condurvi tutti i partecipanti. La domanda prioritaria non consiste nel prevedere visivamente l’ora esatta. Occorre verificare le indicazioni applicabili, la durata necessaria per agire e la possibilità di rinviare l’attività.

Secondo scenario: un organizzatore fittizio osserva una schiarita e vuole considerare concluso un sistema. Eppure le informazioni datate dell’esercizio indicano ancora attività nel settore. La schiarita locale è un’osservazione, non una conferma sufficiente della fine del pericolo. Una decisione deve integrare la sorveglianza attuale e le regole del luogo. La guida non fornisce alcun tempo universale di ripresa; le raccomandazioni ufficiali e i responsabili competenti devono determinare la condotta.

Queste situazioni mostrano un’asimmetria importante. Per cominciare a proteggersi non è necessario conoscere perfettamente ogni meccanismo. Per annunciare che il pericolo sia scomparso, una semplice impressione non basta. Riconoscere questa asimmetria evita di trasformare l’incertezza scientifica in un pretesto per l’inazione o per una ripresa prematura.

8. Esercizi progressivi svolti

Esercizio 1. Distinguete lampo, tuono e fulmine in un breve paragrafo. Spiegate perché la loro percezione non permetta di calcolare il prossimo punto d’impatto.

Soluzione. Il lampo è la manifestazione luminosa di una scarica; il tuono è il suo effetto sonoro; la parola fulmine indica comunemente una scarica fra l’atmosfera e il suolo. Un evento percepito informa su ciò che si è verificato, con limiti di osservazione. Non fornisce le condizioni esatte di tutte le scariche future. Bisogna quindi seguire le indicazioni di protezione invece di convertire questa percezione in garanzia.

Esercizio 2. In una registrazione fittizia il ritardo vale nove secondi. Usate la velocità semplificata di trecentoquaranta metri al secondo, poi spiegate il grado di precisione appropriato.

Soluzione. Il prodotto vale tremilasessanta metri. Si può dire circa tre chilometri, tenendo conto delle ipotesi e di un cronometraggio

limitato. La moltiplicazione è esatta per i numeri scelti, ma la distanza fisica non possiede necessariamente tale esattezza. Questo risultato non definisce una distanza esterna priva di pericolo.

Esercizio 3. Una cella visibile si indebolisce e uno studente conclude che l'intero sistema temporalesco sia finito. Quale informazione manca?

Soluzione. Mancano lo stato delle altre celle, la possibilità di rinnovamento e le informazioni aggiornate del settore. Un sistema può contenere più organizzazioni le cui evoluzioni differiscono. L'osservazione di una cella non basta a concludere sull'insieme. La soluzione non prevede che il sistema si rinnoverà: mostra che la conclusione non è stabilita.

Esercizio 4. Un bollettino fittizio annuncia possibili forti raffiche senza indicare il punto esatto che le riceverà. È inutilizzabile? Proponete un ragionamento.

Soluzione. L'assenza di una posizione esatta non elimina ogni informazione. La possibilità di raffiche in un settore può rendere vulnerabile un'attività o un'installazione e giustificare una misura prevista da indicazioni appropriate. La decisione dipende dall'esposizione, dalle alternative e dall'autorità competente. Non si può usare l'incertezza per provare che il luogo scelto sarà risparmiato.

9. Errori frequenti e scheda di ripasso

Non trasformate lo schema di una cella in una durata garantita. Non confondete assenza di pioggia e assenza di fulmini. Non presentate una distanza calcolata dopo un lampo come una soglia di protezione. Non riducete un tornado a un incontro fra masse d’aria. Infine, una fotografia spettacolare o un’impressione di calma non sostituiscono né un’informazione datata né le indicazioni attuali.

Per ripassare, collegate corrente ascendente, corrente discendente, precipitazioni e raffiche senza supporre una sequenza sempre identica. Distinguete i pericoli di uno stesso sistema. Spiegate perché un calcolo esatto possa essere inadatto a una decisione di sicurezza. Proponete infine un’osservazione didattica senza esposizione: lavorare su una traccia registrata e autorizzata è spesso più utile che cercare di produrre personalmente una misura pericolosa.

10. Fonti primarie e approfondimenti

NOAA, Life Cycle of a Thunderstorm, breve riferimento sui movimenti: https://www.noaa.gov/jetstream/thunderstorms/life-cycle-of-thunderstorm National Weather Service, Understanding Lightning Science: https://www.weather.gov/safety/lightning-science-overview NOAA, Thunderstorm Hazards - Hail: https://www.noaa.gov/jetstream/hail NOAA, Types of Thunderstorms: https://www.noaa.gov/jetstream/tstrmtypes National Weather Service, Tornadoes FAQ, limiti della spiegazione e della previsione: https://www.weather.gov/lmk/tornadoesfaq National Weather Service, Lightning Safety: https://www.weather.gov/safety/lightning-safety Fonti verificate nella redazione francese l’11 ottobre 2026. La citazione inglese conta quattro parole; nessuna illustrazione, statistica sulle vittime o tabella di prestazioni viene riprodotta. Calcoli e scenari sono originali. Non vengono fornite allerte attuali né indicazioni mediche.

CAPITOLO 8 - Previsione numerica: condizioni iniziali, modelli e insiemi di scenari

1. Prevedere significa calcolare un’evoluzione a partire da uno stato stimato

Una previsione meteorologica descrive possibili stati futuri dell’atmosfera. Non consiste né nel prolungare meccanicamente il tempo osservato ieri né nel riconoscere soltanto una forma di nube. Combina osservazioni, leggi fisiche, metodi numerici e competenza specialistica. Il risultato ha un orizzonte temporale, una zona, delle variabili e dei limiti. Una previsione della temperatura vicino al suolo per domani non risponde direttamente a una domanda sulle raffiche su una cresta fra tre ore.

Una condizione iniziale è lo stato dal quale comincia un calcolo. Per l’atmosfera, questo stato comprende in particolare temperatura, umidità, pressione e movimento dell’aria in numerosi punti e a più livelli. Idealmente occorrerebbe conoscere queste grandezze ovunque nello stesso istante. Tuttavia, le osservazioni rimangono sparse, incerte e talvolta assenti. Un satellite, una stazione e un pallone non misurano esattamente le stesse cose, negli stessi luoghi e alle stesse ore.

L’assimilazione dei dati costruisce una stima coerente di tale stato. Confronta osservazioni controllate con una stima precedente, spesso ricavata da una previsione recente. Una misura nuova, quindi, non sostituisce automaticamente tutto il campo calcolato. Intervengono la sua accuratezza, la rappresentatività e la coerenza. Se un termometro misura vicino a un muro riscaldato, il numero può essere corretto per quel punto senza rappresentare un’intera cella del modello.

Nella descrizione istituzionale dell’ECMWF, questa analisi serve come punto di partenza per le previsioni successive; osservazioni e modelli possiedono entrambi delle incertezze. Ricordate la logica generale: osservare, controllare, confrontare, correggere, poi far evolvere. Questo riepilogo didattico non descrive tutti i metodi operativi. L’assimilazione non è né una semplice media di tutti i numeri disponibili né un mezzo per conoscere perfettamente il presente.

2. Una rappresentazione discreta di un mezzo continuo

Un modello numerico è una rappresentazione calcolabile di alcuni processi. Il modello atmosferico organizza equazioni, dati e approssimazioni. Una cella rappresenta una porzione dello spazio. Un passo temporale è l’intervallo fra due fasi del calcolo. L’aria reale non si muove per caselle e salti: questa organizzazione serve al calcolo, non a definire la realtà.

La risoluzione indica il dettaglio di questa rappresentazione. Una griglia più fine può distinguere meglio un rilievo o certi movimenti, ma non rende tutti i fenomeni direttamente calcolabili. Un piccolo vortice, una goccia o una strada rimangono spesso più piccoli di una cella. Alcuni effetti devono allora essere rappresentati mediante relazioni semplificate, chiamate parametrizzazioni. Una parametrizzazione non è un numero arbitrario: esprime un effetto non risolto alla scala usata, con ipotesi da valutare.

Immaginiamo una regione quadrata divisa in dieci caselle in ciascuna direzione orizzontale: conta cento caselle. Raddoppiare questo numero in entrambe le direzioni dà quattrocento caselle, quindi quattro volte di più. Se raddoppia anche il dettaglio verticale, il numero di volumi diventa otto volte maggiore. Questo esperimento geometrico non prevede la durata esatta di un calcolo: il passo temporale, le comunicazioni fra macchine e il metodo numerico aggiungono altri costi.

Una risoluzione fine non assicura una buona previsione se lo stato iniziale è sbagliato, se i processi sono rappresentati male o se si interpreta scorrettamente il risultato. Un disegno molto dettagliato può dare un’impressione ingannevole di certezza. Occorre distinguere dettaglio spaziale, accuratezza e affidabilità: queste qualità sono legate, ma nessuna sostituisce automaticamente le altre.

3. Comprendere un passo numerico su un esempio controllato

Consideriamo un modello fittizio di raffreddamento. Un oggetto ha una temperatura T, mentre l’ambiente rimane a 10 °C. Supponiamo che la sua velocità di raffreddamento sia proporzionale alla differenza T − 10, con un coefficiente k = 0,25 all’ora. Il modello non rappresenta né una nube né la temperatura futura di una città. Serve soltanto a comprendere il passaggio da una relazione continua a un calcolo per passi.

Per un passo h espresso in ore usiamo la regola T successiva = T attuale − k × h × (T attuale − 10). Il prodotto k × h è adimensionale. Lo scarto termico è una differenza di temperature: il valore numerico è lo stesso in gradi Celsius e in kelvin. Partendo da 18 °C e con h = 1 ora, il primo risultato vale 18 − 0,25 × 8 = 16 °C. Dopo un secondo passo vale 16 − 0,25 × 6 = 14,5 °C.

Rifacciamo il calcolo con h = 0,5 ore. Si ottengono successivamente 17; 16,125; 15,359375; poi 14,689453125 °C dopo due ore. I due metodi applicano la stessa relazione iniziale, ma ne approssimano l’evoluzione in modo diverso. Lo scarto finale è di circa 0,189 °C. Questo scarto illustra un effetto di discretizzazione: non costituisce un’incertezza meteorologica misurata.

Con la soluzione continua di questo modello elementare, T dopo due ore vale 10 + 8 × exp(−0,5), cioè circa 14,852 °C. Se la funzione esponenziale non è ancora stata studiata, il confronto fra i due calcoli basta a cogliere l’idea. Ridurre il passo migliora qui l’approssimazione. Non bisogna generalizzare questa osservazione senza esame a qualsiasi metodo, fenomeno o regolazione.

Un controllo utile verifica anche il comportamento qualitativo. In questo caso la temperatura dovrebbe avvicinarsi a 10 °C, non allontanarsene senza causa. Un passo eccessivo potrebbe produrre un’evoluzione incoerente. La verifica di un modello combina quindi calcolo, unità e significato fisico. Mostrare molte cifre decimali non dimostra nessuna di queste qualità.

4. Incertezza iniziale, incertezza del modello e sensibilità

Un errore iniziale indica uno scarto fra lo stato usato e quello reale. Può derivare da una misura, da una zona non osservata o da una stima imperfetta. Un errore del modello deriva dalle equazioni adottate, dalle approssimazioni, dai parametri o dal calcolo. Un errore di interpretazione compare quando un utente attribuisce al risultato un significato che non possiede. I tre non vanno confusi.

Alcune evoluzioni atmosferiche amplificano piccole differenze iniziali. In un sistema caotico, una conoscenza imperfetta della partenza limita progressivamente la precisione possibile. Caotico non significa privo di leggi o totalmente casuale. Una traiettoria può essere determinata da regole e restare difficile da prevedere a lungo, perché non se ne conosce il punto di partenza con precisione infinita.

Il nostro oggetto che si raffredda non illustra proprio questa amplificazione: due temperature iniziali vicine tendono qui ad avvicinarsi mentre si raffreddano verso lo stesso ambiente. Il limite fa parte della dimostrazione. Un esempio semplice permette di

comprendere la discretizzazione, ma non deve pretendere di rappresentare tutti i comportamenti dell’atmosfera. Un modello didattico è utile quando si nomina ciò che spiega e ciò che lascia da parte.

Supponiamo ora che una zona di pioggia sia prevista vicino a un confine fra due dipartimenti francesi. Un piccolo spostamento della sua traiettoria può cambiare fortemente la pioggia ricevuta in un punto, anche se la descrizione regionale rimane abbastanza simile. La difficoltà non riguarda soltanto la quantità: interessa anche posizione e orario. Una media spaziale può nascondere questa sensibilità locale.

5. Perché produrre più scenari?

Una previsione d’insieme esplora più evoluzioni ottenute, tra l’altro, variando lo stato iniziale e alcune rappresentazioni del modello. Un membro è uno scenario calcolato all’interno di tale insieme. L’insieme aiuta a esaminare la dispersione e gli eventi possibili. Non tutti i membri sono necessariamente indipendenti: possono condividere dati, struttura ed errori. Il loro accordo, quindi, non è una prova assoluta.

In un esempio fittizio, cinque scenari danno 15, 16, 16, 17 e 20 °C. La media vale 16,8 °C e la mediana 16 °C. La media riassume la serie, ma nessuno scenario dà esattamente 16,8 °C. Una media della pioggia può anche nascondere un’opposizione fra scenari asciutti e piovosi. Occorre guardare la distribuzione, non soltanto il centro.

Solo i membri a 17 e 20 °C raggiungono almeno 17 °C in questo esempio, cioè due su cinque. Questa proporzione descrive la nostra piccola serie. Non permette di affermare spontaneamente una probabilità meteorologica reale del 40 %. Per

un’interpretazione del genere occorre conoscere la costruzione dell’insieme, la sua calibrazione e la definizione dell’evento.

La calibrazione verifica se le probabilità annunciate corrispondano, su serie pertinenti, alle frequenze osservate. Un metodo può fornire una distribuzione molto stretta ed essere troppo sicuro di sé. Può anche produrre una dispersione eccessiva. Affidabilità e dettaglio vanno valutati insieme: una previsione meno spettacolare può rappresentare meglio ciò che si conosce effettivamente.

Il capitolo successivo approfondisce queste probabilità. Per ora ricordate che un insieme non è una votazione di macchine onniscienti. Organizza scenari per caratterizzare meglio l’incertezza. Non sostituisce né le osservazioni aggiornate né l’interpretazione dei servizi competenti.

6. Dal calcolo al bollettino: date, luoghi e competenza

L’ora di inizializzazione indica la partenza del calcolo. L’ora di validità indica il momento al quale si riferisce un risultato. L’orizzonte temporale è la loro differenza. Una carta ricavata da un calcolo inizializzato lunedì a mezzanotte può mostrare una situazione di martedì a mezzogiorno. La data in cui l’immagine è stata scaricata non trasforma un calcolo vecchio in una previsione nuova.

Anche gli orari richiedono attenzione esplicita. UTC e ora locale non sono intercambiabili; lo scarto dipende dal luogo e talvolta dalla stagione. Bisogna leggere la convenzione del documento invece di indovinarla. Una previsione senza data completa, zona o unità è difficilmente utilizzabile, anche se la grafica appare familiare.

Un risultato di cella non è necessariamente il valore esatto davanti a una casa. Rilievo, esposizione, quota e ambiente vicino possono modificare la situazione. Il passaggio a un bollettino tiene conto di questi scarti e del contesto. La competenza umana esamina

osservazioni nuove, più risultati e i limiti noti. Non consiste semplicemente nel ricopiare un colore su una carta.

Per conservare una previsione in un quaderno, annotate fornitore, inizializzazione se indicata, validità, zona, variabile e incertezza. Quando compare un aggiornamento, confrontate questi elementi prima dei numeri. Una modifica può riflettere osservazioni aggiuntive: non prova da sola che tutti i calcoli precedenti fossero inutili. Nemmeno l’assenza di modifiche costituisce una garanzia.

7. Riferimenti storici e cambiamento di metodo

La previsione numerica si è sviluppata insieme ai metodi fisici, alle osservazioni e ai mezzi di calcolo. Il Met Office colloca la propria prima previsione informatica operativa al 2 novembre 1965, dopo precedenti lavori sperimentali. Questo riferimento riguarda tale organismo, non una presunta prima mondiale. Mostra il passaggio progressivo da una sperimentazione a un servizio regolare.

L’ECMWF indica di avere prodotto le prime previsioni operative nel 1979 e le prime previsioni d’insieme nel 1992. Queste date, verificate nella sua presentazione istituzionale, chiariscono il ruolo crescente dell’incertezza. Configurazioni, numero di membri e mezzi tecnici evolvono: i numeri di una scheda storica non vanno attribuiti automaticamente al servizio attuale.

Sarebbe però ingannevole raccontare questa storia come una sostituzione completa delle persone con i computer. Le osservazioni devono essere progettate e controllate, i modelli studiati e i risultati valutati. Il calcolo aumenta le possibilità: non elimina l’obbligo di definire ciò che si misura e di riconoscere ciò che si ignora.

8. Esercizi progressivi e soluzioni

Esercizio A - Una misura di 25 °C proviene da un sensore esposto vicino a una facciata. Può essere usata come temperatura rappresentativa di un’intera regione? Soluzione: no, senza esaminarne la collocazione e la rappresentatività. Bisogna distinguere la qualità della misura nel punto interessato dalla sua pertinenza per la scala del modello. Un numero reale può essere usato male; tuttavia, rifiutare automaticamente ogni osservazione locale sarebbe un altro errore.

Esercizio B - Nel nostro modello fittizio partite da 22 °C, usate k = 0,25 all’ora e due passi di un’ora. Soluzione: il primo scarto rispetto all’ambiente vale 12; T1 = 22 − 3 = 19 °C. Il secondo scarto vale 9; T2 = 19 − 2,25 = 16,75 °C. Il risultato segue un’evoluzione verso 10 °C. Questo calcolo non dice nulla sulla temperatura di domani.

Esercizio C - Dieci scenari danno 0, 0, 0, 0, 0, 0, 4, 4, 8 e 14 mm per un periodo fittizio. Calcolate media, mediana e proporzione strettamente positiva. Soluzione: la somma vale 30 mm e la media 3 mm; il quinto e il sesto valore sono nulli, quindi la mediana vale 0 mm. Quattro valori sono positivi, cioè il 40 % della serie. Dire che tutti gli scenari annuncino una pioggia debole di 3 mm sarebbe falso.

Esercizio D - Un calcolo inizializzato alle 00 h UTC fornisce un campo valido alle 18 h UTC dello stesso giorno. Qual è l’orizzonte temporale? Soluzione: diciotto ore. Senza data né convenzione locale non si può convertire questo campo in un’ora locale esatta. Precisate le informazioni mancanti prima di proseguire.

Esercizio E - Una pubblicità afferma: «La nostra carta possiede più pixel, quindi è più affidabile». Costruite un’obiezione. Soluzione: i pixel visualizzati non provano né il dettaglio del calcolo né la sua accuratezza. Anche una cella più fine può condividere errori iniziali

o fisici. Occorre valutare i risultati rispetto alle osservazioni, per una variabile, una zona e un orizzonte temporale definiti.

Esercizio F - Scrivete un paragrafo che distingua modello e realtà. Proposta: il modello semplifica alcuni processi per produrre un calcolo verificabile. I suoi risultati devono essere confrontati con le osservazioni. Una semplificazione è accettabile se ne vengono studiati l'ambito d'impiego e gli effetti; diventa ingannevole se le si attribuisce una certezza o una scala che non possiede.

9. Errori frequenti e scheda di ripasso

Non confondete una misura con un'analisi globale, un'analisi con una previsione futura, un membro con una probabilità certa o una media con uno scenario unico. Non usate la sola dispersione come garanzia di affidabilità. Un errore di data può essere più grave di una differenza di decimali. L'assenza di rete non permette di prolungare indefinitamente la validità di una previsione salvata.

Scheda di ripasso: osservazioni e stima precedente costruiscono l'analisi; il modello fa evolvere tale stato con approssimazioni; cella e passo temporale organizzano il calcolo; più scenari esplorano le incertezze; la competenza interpreta i risultati alla scala utile. Individuare sempre inizializzazione, validità, luogo, unità e fornitore. Il nostro calcolo di raffreddamento è una dimostrazione didattica, mai un bollettino operativo.

10. Riferimenti primari verificati

ECMWF, «Data assimilation»: https://www.ecmwf.int/en/research/data-assimilation ; «Fact sheet: Ensemble weather forecasting», 2017: https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/focus/2017/fact-sheet-ensemble-weather-forecasting . Consultazioni nella redazione francese dell'11 ottobre 2026; metodi generali e riferimenti storici, senza riprendere una configurazione numerica come descrizione attuale.

Met Office, «History of numerical weather prediction»: https://weather.metoffice.gov.uk/learn-about/how-forecasts-are-made/history-of-numerical-weather-prediction ; «How forecasts are made»: https://weather.metoffice.gov.uk/learn-about/how-forecasts-are-made . Consultazioni nella redazione francese dell’11 ottobre 2026. Esempi, calcoli ed esercizi di questo capitolo sono originali e fittizi; non viene usata alcuna citazione letterale di queste pagine.

CAPITOLO 9 - Probabilità e incertezze: leggere un bollettino senza falsa precisione

1. Una percentuale deve riferirsi a un evento definito

Una probabilità quantifica una possibilità entro un quadro dato. Si colloca fra zero e uno, oppure fra 0 e 100 %. Senza una definizione dell'evento, la percentuale rimane incompleta. «60 %» può riguardare una pioggia misurabile in un luogo, il superamento di una temperatura o una categoria climatica su una stagione. Questi eventi non hanno né la stessa durata né la stessa soglia.

Definiamo un evento fittizio: ricevere almeno 2 mm di pioggia in un punto chiamato A fra le 14 h e le 20 h di una data precisata. La definizione contiene variabile, soglia, luogo e periodo. Non dice se la pioggia cada in dieci minuti o in sei ore, né se un punto B vicino riceva la stessa quantità. Modificare uno di questi elementi cambia la domanda e può cambiare la probabilità.

Una scheda del National Weather Service spiega la propria probabilità di precipitazione a partire da una quantità misurabile, da un punto e da un periodo determinati. Precisa che una percentuale non indica automaticamente la quota di durata piovosa né la frazione di superficie coperta in un istante. La soglia specifica appartiene a questo prodotto statunitense; non va imposta a tutti i fornitori. Per leggere un servizio reale cercate la sua definizione.

«Esiste una probabilità del 30 % di questo evento» non significa dunque né «pioverà durante il 30 % della mia uscita» né «la pioggia sarà debole». Una probabilità relativamente bassa può riguardare un evento intenso. Una probabilità elevata può riferirsi a

una piccola quantità. Probabilità, intensità e durata sono tre informazioni distinte, anche quando compaiono sulla stessa riga.

2. Frequenza osservata e probabilità annunciata

La frequenza è una proporzione calcolata in una serie di osservazioni. Se un evento compare 12 volte su 40, la sua frequenza vale 12/40 = 0,30. Una probabilità annunciata prima dell'evento è una stima. Si possono confrontare le due su serie pertinenti; non si trasforma automaticamente la frequenza di un piccolo campione in una legge generale.

Un metodo che annuncia spesso il 30 % può essere definito ben calibrato per tale classe di situazioni se l'evento si verifica approssimativamente tre volte su dieci, su un campione sufficientemente ampio e definito in modo appropriato. Questo non significa che ogni gruppo successivo di dieci contenga esattamente tre eventi. Esistono fluttuazioni e i casi possono essere legati fra loro.

In una serie fittizia di 200 annunci comparabili al 30 %, si osservano 64 eventi, cioè il 32 %. Questo scarto, da solo, non permette di dichiarare il metodo perfetto o fallimentare. Occorre esaminare dimensione del campione, dipendenze, definizione degli eventi e stabilità del metodo. Invece, 150 eventi sugli stessi 200 casi richiederebbero chiaramente un'indagine: lo scarto rispetto al 30 % sarebbe importante.

Il Met Office presenta questa valutazione per gruppi di probabilità e ricorda l'utilità della calibrazione. Precisa: «ensembles cannot provide a perfect representation of probability». Queste otto parole invitano a valutare i metodi anziché considerare perfetti i loro numeri. Una singola previsione si realizza o no; la qualità di una probabilità si giudica mediante numerosi casi, non con un solo successo spettacolare. Un annuncio all'80 % seguito dall'assenza

dell’evento non è logicamente impossibile. Rimane necessario verificare se tale assenza sia eccezionalmente attesa oppure troppo frequente.

3. Risultati precisi non sono necessariamente affidabili

La precisione può indicare il dettaglio di un numero, per esempio 17,284 °C. L’accuratezza indica la sua vicinanza a un valore di riferimento pertinente. L’affidabilità probabilistica riguarda l’accordo statistico fra le probabilità annunciate e gli eventi osservati. Un risultato può sembrare molto preciso senza essere accurato o affidabile. I termini vanno separati prima di confrontare prodotti.

Consideriamo due servizi fittizi per una temperatura futura. Il primo mostra un unico valore di 18,00 °C senza spiegarne il margine. Il secondo indica un intervallo probabile da 16 a 20 °C, con definizione e limiti. La seconda rappresentazione sembra meno sicura, ma può esprimere meglio l’incertezza. Un intervallo ampio, però, non è automaticamente utile: deve essere informativo e valutato.

Un intervallo previsto all’80 % significa, in un quadro correttamente calibrato, che circa l’80 % dei casi comparabili dovrebbe rientrarvi. Occorre conoscere tale quadro e il metodo. Questo non trasforma i limiti dell’intervallo in barriere fisiche. Un valore esterno rimane possibile. La fiducia riposta in una previsione non va confusa con una garanzia contrattuale o un impegno di sicurezza.

Quando confrontate due carte, esaminate variabile, scala, orizzonte temporale e definizione prima di guardare quale mostri più decimali. Valori provenienti da punti, quote o durate differenti non diventano comparabili mediante un semplice cambiamento di

colore. La precisione visiva può nascondere una differenza di domanda.

4. Più ore: perché non sommare le percentuali?

Supponiamo che due periodi successivi abbiano ciascuno una probabilità di pioggia del 40 %. Sommare 40 e 40 per concludere l’80 % sull’insieme è generalmente falso. Gli eventi possono sovrapporsi: la stessa perturbazione può riguardare entrambi i periodi. La loro relazione conta quanto le probabilità separate.

Se A indica la pioggia nel primo periodo e B nel secondo, la probabilità di A oppure B vale P(A) + P(B) − P(A e B). Occorre sottrarre la sovrapposizione contata due volte. Con P(A) = P(B) = 0,40 e P(A e B) = 0,25, la probabilità di almeno un periodo piovoso vale 0,55, cioè il 55 %. Questo calcolo è un esempio fittizio, non la lettura nascosta di un’applicazione.

Se gli eventi fossero indipendenti, la sovrapposizione varrebbe 0,40 × 0,40 = 0,16, dando il 64 %. Ma l’indipendenza è un’ipotesi, non un automatismo. Periodi meteorologici vicini sono spesso legati. Senza informazioni su tale relazione, le due percentuali non permettono di dare un risultato unico per l’insieme.

La stessa prudenza si applica a più luoghi. Una pioggia su due comuni vicini può dipendere dallo stesso sistema. Moltiplicare o sommare le loro probabilità senza un modello comune inventa un’informazione. Su un piano puramente matematico, per due eventi al 40 %, la probabilità di almeno uno si colloca fra il 40 e l’80 %. Questi limiti non dicono dove si trovi la giusta stima meteorologica.

5. Probabilità condizionata: il contesto conta

Una probabilità condizionata riguarda un evento quando si sa che un altro si è verificato. P(A dato B) non significa P(B dato A). Per esempio, la proporzione di giorni piovosi fra quelli nuvolosi non è necessariamente la proporzione di giorni nuvolosi fra quelli piovosi. Cambia il gruppo di partenza.

In un quaderno fittizio di cento giornate, sessanta sono classificate come nuvolose e venti come piovose. Quindici appartengono a entrambe le categorie. La frequenza della pioggia fra le giornate nuvolose vale 15/60 = 25 %. La frequenza delle giornate nuvolose fra quelle piovose vale 15/20 = 75 %. Entrambi i risultati sono corretti, ma rispondono a domande diverse. Le categorie e il campione di questo quaderno non costituiscono alcun modello reale.

Un’osservazione nuova può modificare una stima. Tuttavia, constatare localmente un cielo scuro non basta a ricalcolare da soli la probabilità di un fenomeno violento. Occorrerebbero dati pertinenti e un metodo convalidato. L’idea di condizionamento insegna a porre le domande giuste: non fornisce uno strumento d’allerta improvvisato.

Anche i riferimenti climatici hanno un contesto. Un’anomalia è uno scarto rispetto a un riferimento definito, spesso una media su un periodo. «Più caldo della norma» richiede di conoscere tale norma. Una probabilità stagionale di anomalia non prevede precisamente la temperatura di una singola giornata. Scala temporale e definizione statistica devono rimanere visibili.

6. Dal rischio alla decisione: conseguenze e alternative

La probabilità di un fenomeno non è la sua conseguenza. Il pericolo corrisponde al fenomeno potenzialmente dannoso; l’esposizione indica ciò che si trova nella sua zona; la vulnerabilità riguarda la sensibilità e i mezzi per farvi fronte. Queste distinzioni saranno approfondite nel capitolo successivo. Una stessa pioggia può avere conseguenze diverse su un suolo, un edificio o un’attività.

Un ragionamento decisionale può usare un confronto di costi in una situazione senza problemi di sicurezza. Immaginiamo una mostra di disegni che si possa spostare al chiuso per 12 unità fittizie di costo. Se un rovescio avviene all’aperto, il danno materiale vale 80 unità. Con una probabilità supposta del 20 %, la perdita media teorica restando fuori vale 0,20 × 80 = 16 unità, superiore al costo dello spostamento.

Questo calcolo suppone che i costi siano comparabili, che la stima sia pertinente e che lo spostamento eviti realmente il danno considerato. Non garantisce che avverrà un rovescio: confronta scelte prima di conoscere il risultato. Se non piove, lo spostamento può restare una decisione ragionevole nel momento in cui è stato scelto.

Lo stesso modello non deve essere applicato come autorizzazione a rischiare una vita. Obblighi, soglie normative, impossibilità di riparazione e gravità delle conseguenze cambiano il ragionamento. Prevalgono le indicazioni ufficiali e quelle dei responsabili dell’attività. Il calcolo scolastico aiuta a comprendere l’incertezza: non sostituisce un’analisi professionale della sicurezza.

Una buona decisione dispone anche di alternative: rinviare, ridurre l’esposizione, scegliere un altro luogo o annullare. Attendere una certezza assoluta può essere impossibile; agire come se ogni possibilità fosse certa può anch’esso rendere impraticabile ogni

attività. Il punto è usare l’informazione appropriata e aggiornata, in funzione delle conseguenze e delle regole applicabili.

7. Valutare senza selezionare soltanto i successi

Un quaderno di verifica deve registrare la previsione prima del risultato, poi la stessa variabile osservata nel luogo e nel periodo definiti. Modificare a posteriori la soglia o la zona crea un vantaggio artificiale. Anche scegliere soltanto gli episodi memorabili altera la valutazione. Bisogna conservare le situazioni ordinarie e gli errori.

Un metodo che annunci sempre «nessuna pioggia forte» può sembrare spesso corretto in un clima in cui l’evento è raro, pur non offrendo alcuna informazione utile quando accade. Il tasso globale di successo, quindi, non basta. Occorre esaminare che cosa il metodo rilevi, che cosa non rilevi e come si confronti con un riferimento semplice.

Si può creare per un esercizio un punteggio elementare: per ogni evento binario, porre $y = 1$ se avviene e $y = 0$ altrimenti; calcolare $(p - y)^2$, poi fare la media. Una probabilità $p = 0{,}8$ seguita da un evento dà 0,04; lo stesso annuncio seguito da un’assenza dà 0,64. Il calcolo penalizza una forte sicurezza smentita. Questo piccolo esempio matematico non basta a convalidare un servizio reale né a diagnosticare tutti i suoi errori.

Una valutazione deve restare legata all’ambito studiato. Risultati sulla temperatura regionale a breve orizzonte temporale non dimostrano le stesse qualità per un temporale locale o una stagione futura. Un confronto pertinente usa gli stessi casi, definizioni e osservazioni. Quando mancano questi elementi, la conclusione onesta riguarda l’insufficienza delle prove, non una superiorità inventata.

8. Esercizi progressivi svolti

Esercizio A - Un bollettino indica il 70 % di probabilità di precipitazioni su un periodo. Se ne può dedurre un'intensità? Soluzione: no. Occorrono la definizione della soglia e le informazioni su quantità, durata o intensità. La percentuale riguarda l'evento definito dal fornitore, non automaticamente il carattere forte o debole della pioggia.

Esercizio B - Su 120 casi annunciati con probabilità del 25 %, l'evento compare 36 volte. Qual è la frequenza e che cosa si può concludere? Soluzione: 36/120 = 30 %. Lo scarto rispetto all'annuncio vale cinque punti percentuali. Occorrono più elementi per giudicare la calibrazione: incertezza di campionamento, comparabilità e dipendenza dei casi. Non dite «cinque per cento d'errore» senza precisarne il significato.

Esercizio C - Due periodi hanno ciascuno una probabilità del 50 % di un evento e la loro sovrapposizione vale il 35 %. Calcolate la probabilità che l'evento si verifichi almeno una volta. Soluzione: 50 + 50 − 35 = 65 %. Sotto un'ipotesi di indipendenza si sarebbe ottenuto il 75 %, ma tale ipotesi sarebbe incompatibile con la sovrapposizione data.

Esercizio D - In una serie fittizia, 40 giorni sono ventosi, 10 registrano danni materiali e 8 presentano entrambi i caratteri. Confrontate le due frequenze condizionate. Soluzione: danno fra i giorni ventosi, 8/40 = 20 %; vento fra i giorni con danno, 8/10 = 80 %. Il risultato non prova che il vento sia l'unica causa di tutti i danni.

Esercizio E - Riprendete la mostra di disegni con una probabilità del 10 %. Soluzione: la perdita media fittizia restando fuori diventa 8 unità, contro 12 per spostare. Questo confronto favorisce il rimanere all'aperto nel modello molto limitato. Non tiene conto né

di altri costi né di obblighi; non fornisce alcuna soglia universale per un’attività esposta.

Esercizio F - Tre annunci p = 0,2; 0,7; 0,9 sono seguiti da y = 0; 1; 1. Calcolate il punteggio elementare medio. Soluzione: quadrati 0,04; 0,09; 0,01, somma 0,14, media circa 0,0467. Questi tre casi non bastano a classificare stabilmente un servizio. Il punteggio calcolato costituisce una misura sul campione, non una certezza su tutti i casi futuri.

9. Errori frequenti e scheda di ripasso

Evitate quattro slittamenti: dalla percentuale all’intensità, dalla probabilità alla durata, dalla frequenza passata alla garanzia futura, dalle cifre mostrate all’accuratezza. Non sommate probabilità che si sovrappongono. Non supponete l’indipendenza di periodi vicini. Una bassa probabilità non annulla una conseguenza grave; una decisione ragionevole non diventa sbagliata soltanto perché il fenomeno alla fine non è avvenuto.

Scheda di ripasso: definire variabile, soglia, luogo e periodo; distinguere probabilità e osservazione; esaminare la calibrazione su serie; verificare le relazioni fra eventi; considerare conseguenze, alternative e indicazioni. Leggere un intervallo e una probabilità con la loro definizione. Nessun calcolo di questo capitolo produce una previsione attuale né un’autorizzazione di sicurezza.

10. Riferimenti primari verificati

National Weather Service, «Precipitation probability», scheda didattica: https://www.weather.gov/media/pah/WeatherEducation/pop.pdf . Definizione e limiti di lettura del prodotto statunitense, senza generalizzarne la soglia a tutti i servizi.

Met Office, «Using ensemble forecasts in decision-making»: https://www.metoffice.gov.uk/research/weather/ensemble-forecasting/decision-making ; «How to use our long-range predictions»: https://www.metoffice.gov.uk/research/climate/seas

onal-to-decadal/seasonal-forecast/user-guide . Consultazioni nella redazione francese dell’11 ottobre 2026. Serie, costi, esercizi e calcoli sono creazioni fittizie; viene usata una sola citazione letterale di otto parole della prima pagina.

CAPITOLO 10 - Vigilanza, allerta e decisione: pericolo, esposizione e autorità competenti

1. Il fenomeno e le sue conseguenze non sono la stessa cosa

Una forte pioggia costituisce un fenomeno meteorologico; i danni che può provocare dipendono anche dal luogo, da ciò che vi si trova e dai mezzi di protezione. Non si passa direttamente da una quantità di pioggia a un'unica conseguenza umana. Rilievo, stato del suolo, rete di deflusso, costruzioni e attività modificano la situazione. Una descrizione del rischio deve collegare più elementi invece di ridurre tutto a un numero.

Il pericolo è qui un fenomeno capace di provocare danni. L'esposizione indica la presenza di persone, beni o attività in una zona interessata. La vulnerabilità corrisponde alle condizioni che li rendono più sensibili agli effetti di tale pericolo. Le capacità comprendono le risorse che permettono di prevenire o limitare alcune conseguenze. Queste distinzioni si basano sulla terminologia istituzionale dell'UNDRR: servono a organizzare un'analisi, non a calcolare automaticamente un punteggio universale.

In un esempio fittizio, due depositi di libri ricevono la stessa pioggia esterna. Il primo si trova in un locale basso in cui l'acqua può entrare; il secondo in un edificio adatto e mantenuto. L'intensità del fenomeno è comparabile, ma le possibili conseguenze differiscono. Questo non permette di certificare la sicurezza del secondo edificio senza uno studio. L'esempio mostra soltanto perché le caratteristiche del luogo contino.

Bisogna anche evitare di considerare le persone le uniche responsabili della propria vulnerabilità. Accesso all'alloggio,

trasporti, informazioni o mezzi materiali influenzano le possibilità di protezione. Una stessa indicazione può essere più difficile da applicare per una persona isolata o dipendente dall'aiuto altrui. Comprendere tale differenza rende più realistica la preparazione: non dà a una guida il potere di sostituire i servizi competenti.

2. Previsione, vigilanza e allerta: tre funzioni

Una previsione descrive un'evoluzione meteorologica attesa, con le sue incertezze. Un'informazione di vigilanza richiama l'attenzione su un potenziale pericolo e sulle sue possibili conseguenze in una zona. Un'allerta trasmessa da un'autorità competente riguarda una situazione che richiede misure o comportamenti di salvaguardia. Queste funzioni si completano, ma non devono essere confuse.

Météo-France spiega che il proprio sistema di vigilanza completa le previsioni e può portare le autorità ad attivare una procedura d'allerta. Nella Francia metropolitana, la sua presentazione usa quattro colori e informazioni territoriali per la giornata in corso e quella successiva. Il colore va letto insieme al fenomeno, al periodo e ai bollettini associati. Non è né una temperatura né una probabilità grezza né un'indicazione identica per tutte le situazioni.

La presentazione ministeriale distingue anche l'anticipazione del pericolo dall'allerta della popolazione. Le autorità possono trasmettere indicazioni appropriate: il contenuto dipende dal fenomeno e dal contesto. Non bisogna dunque dedurre autonomamente un ordine di evacuazione da un semplice colore, né ignorare un'indicazione locale perché una carta generale sembri rassicurante. Un'informazione più specifica può rispondere a una scala diversa.

La struttura di un sistema varia secondo i paesi e i territori. Alcune zone possiedono dispositivi particolari, soprattutto per fenomeni ciclonici o piene. Un vocabolario francese non basta a interpretare

tutte le allerte internazionali. Prima di uno spostamento, individuate il servizio meteorologico e le autorità competenti per il luogo interessato. Questo capitolo descrive principi e riferimenti, non il loro stato attuale.

3. Leggere un’informazione completa, non soltanto il colore

Una lettura rigorosa comincia dal fornitore e dall’ora di aggiornamento. Individua poi zona, fenomeno, inizio e fine della validità, quindi conseguenze e consigli associati. Una vecchia schermata può conservare una grafica convincente pur avendo perso pertinenza. Se la data è tagliata, manca un elemento essenziale.

Occorre esaminare anche i limiti geografici. Un’informazione a livello di dipartimento francese non descrive necessariamente ogni strada, valle o itinerario nello stesso modo. Viceversa, un’osservazione puntuale non basta a invalidare un’informazione su un territorio più ampio. Vedere davanti a sé un cielo calmo non prova l’assenza di pericolo su una strada o durante il periodo successivo.

Un livello di vigilanza può dipendere dalla sensibilità del territorio, non soltanto da una soglia meteorologica identica ovunque. Un’infrastruttura o un’attività può essere perturbata da una situazione relativamente ordinaria altrove. Il lettore, quindi, non deve confrontare due colori come se confrontasse due misure universali di potenza. Deve guardare le ragioni e le conseguenze descritte.

Anche le previsioni di pioggia e le informazioni sulle piene rispondono a domande distinte. La pioggia cade su una zona e durante un intervallo; l’acqua può poi spostarsi e accumularsi in un bacino. Una piena non si riduce alla pioggia osservata nel punto in cui ci si trova. I servizi specializzati offrono informazioni che non

possono essere ricostruite con un semplice termometro o uno sguardo al cielo.

Per uno studio scolastico, preparate una scheda di lettura vuota: organismo, pubblicazione, validità, territorio, fenomeno, livello, conseguenze, indicazioni, prossimo aggiornamento noto. Compilatela con un documento vecchio chiaramente identificato come esercizio. Non lasciate mai che questa scheda didattica venga confusa con un’allerta attiva.

4. Distinguere un’osservazione locale dall’autorità di un’indicazione

Un’osservazione locale può essere utile per comprendere ciò che accade. Non conferisce la competenza di decidere per un’intera popolazione. Autorità e servizi usano altri dati, conoscono le infrastrutture e possono coordinare i mezzi. La loro indicazione non va sostituita con una conclusione improvvisata a partire da un solo segno.

In una situazione fittizia, una persona vede calare il vento e desidera riaprire un’attività all’aperto sospesa. L’osservazione può essere esatta in quell’istante. Mancano però l’evoluzione prevista, lo stato del sito e le indicazioni del responsabile. Un calo momentaneo non stabilisce la fine del pericolo. Il ragionamento corretto individua le informazioni mancanti invece di convertire un sollievo in autorizzazione.

Il ministero francese dell’Interno presenta FR-Alert come un mezzo per diffondere alle persone di una zona messaggi contenenti indicazioni di salvaguardia. La sua pagina ricorda: «Respectez ces consignes», ossia rispettate queste indicazioni. La citazione di tre parole sottolinea l’autorità delle istruzioni di salvaguardia. Il ministero descrive anche sirene e mezzi d’informazione istituzionali come strumenti complementari. La guida non assicura

né la ricezione di un messaggio su ogni telefono né il funzionamento di ciascun canale in una data situazione. Preparare più mezzi d’informazione è più prudente che dipendere da una sola applicazione.

Se ricevete un’allerta, leggetene autorità, zona e indicazioni; seguite le istruzioni ufficiali appropriate. Non trasformate un messaggio inoltrato o un video non datato in una nuova allerta. Verificare un’informazione significa tornare, quando sia possibile senza mettersi in pericolo, alla fonte ufficiale e al suo contesto. Questo non giustifica il ritardo nell’applicare un’indicazione chiara durante una situazione urgente.

5. Costruire una decisione prima della situazione difficile

Una preparazione utile definisce criteri prima che il costo di un cambiamento diventi troppo importante. Immaginiamo un’associazione che preveda un’esposizione all’aperto di documenti fragili. Può stabilire in anticipo un luogo interno, una persona responsabile, un orario per decidere e un mezzo per informare il gruppo. Questa organizzazione non impedisce la pioggia, ma limita la confusione.

Un criterio di rinvio deve basarsi su informazioni adatte all’attività e sulle esigenze del responsabile competente. Questa guida non fornisce una soglia di vento o pioggia che autorizzi universalmente un evento. Peso di un’installazione, terreno, partecipanti e regole applicabili cambiano la situazione. Una soglia scolastica fittizia non può essere copiata come protocollo reale.

La decisione ha più dimensioni: ciò che si sa, ciò che manca, ciò che si può modificare e il momento in cui occorre scegliere. Si possono preparare uno scenario di mantenimento, uno di adattamento e uno di rinvio. Gli scenari non devono nascondere la

stessa esposizione dietro tre nomi diversi. Se l’alternativa non riduce realmente il rischio, non offre la protezione attesa.

Bisogna poi comunicare una decisione comprensibile. «L’evento viene spostato al chiuso secondo l’indicazione del responsabile» è più preciso di un messaggio ambiguo che lasci ciascuno a indovinare. Il documento deve fornire luogo, orario e persona di contatto appropriata. In caso di allerta reale, le indicazioni ufficiali prevalgono sul programma previsto; la preparazione non trasforma l’organizzatore in un’autorità di soccorso.

6. Perché una vigilanza può non essere seguita dal fenomeno atteso

L’informazione riguarda un’evoluzione ancora incerta. Un fenomeno può spostarsi, risultare meno intenso o avere conseguenze differenti. L’assenza di un evento nel punto in cui si trova una persona non dimostra necessariamente un errore per tutta la zona. Ma non rende inutile la valutazione: i servizi devono esaminare ciò che è stato previsto e osservato alle scale pertinenti.

I falsi allarmi e gli eventi non rilevati corrispondono a situazioni diverse. Un’informazione troppo frequente e poco pertinente può portare a una minore attenzione. Un’informazione troppo rara può lasciare pericoli senza preparazione. Questo compromesso va studiato con osservazioni, conseguenze e obiettivi definiti chiaramente. Non si risolve con la volontà di avere sempre ragione su un caso isolato.

Valutare a posteriori non deve confondere il risultato con la qualità della decisione iniziale. Se un’associazione aveva spostato l’esposizione in presenza di un pericolo annunciato e alla fine non piove, la decisione può essere stata giustificata dalle informazioni disponibili. Per esaminarla, ricostruite ciò che era noto nel momento della scelta, non soltanto ciò che si sa dopo.

Un altro errore consiste nel considerare un bilancio storico delle prestazioni come una garanzia personale. Un servizio può presentare buone statistiche senza assicurare che nessun evento futuro venga mancato. Il lettore deve mantenere l’attenzione ai segni locali, agli aggiornamenti e alle indicazioni. Né fiducia assoluta né rifiuto sistematico: la qualità di una fonte giustifica il suo impiego, con i suoi limiti.

7. Informazione, voce non verificata e responsabilità collettiva

Una voce meteorologica non verificata presenta spesso tre attrattive: una formulazione urgente, un’immagine impressionante e una conclusione semplice. Queste qualità non ne provano la verità. Un video di un evento vecchio può essere presentato come attuale; una carta di scenario estremo può diventare, in un messaggio inoltrato, una previsione certa. Il cambiamento di contesto basta a trasformare un’informazione reale in un’affermazione ingannevole.

Prima di condividere, verificate fornitore, data, luogo, variabile e stato. Si tratta di una previsione, di un’osservazione, di un’illustrazione o di un esercizio? Un’incertezza essenziale non deve scomparire dal riepilogo. Quando la verifica non è possibile, non presentate il messaggio come un’indicazione ufficiale. Potete segnalare l’incertezza senza diffondere un’affermazione sicura di sé.

La responsabilità collettiva comprende anche l’accessibilità. Un’informazione può essere ufficiale ma difficile da capire per una persona che non conosca il vocabolario o la lingua. Si può aiutare a leggere i termini, individuare la fonte e trasmettere fedelmente l’indicazione. Non bisogna inventare un adattamento clinico o un’istruzione contraria. Per bisogni particolari, la preparazione avviene con gli interlocutori competenti prima dell’evento.

La guida offline può sostenere questa comprensione del vocabolario. Non sa se una vigilanza sia attiva oggi, se una strada sia aperta o se un’autorità abbia cambiato le istruzioni. L’impiego corretto consiste nell’imparare le distinzioni, poi consultare le informazioni aggiornate necessarie al momento di decidere.

8. Studio di caso fittizio: un’uscita di osservazione rinviata

Una classe desidera osservare le nubi da una terrazza autorizzata. Il giorno precedente, il responsabile riceve un’informazione che annuncia un rischio di fenomeno pericoloso nella fascia oraria prevista. Una foto del sito scattata al mattino mostra però un cielo sereno. Come organizzare l’analisi senza pretendere di produrre una nuova previsione?

Prima fase: individuare l’informazione pertinente, il fornitore, la validità e la zona. Seconda fase: conoscere le indicazioni dell’istituto e del responsabile. Terza fase: considerare un’attività interna equivalente, per esempio confrontare fotografie datate o analizzare una carta d’esercizio. Quarta fase: comunicare il cambiamento e spiegare che la foto istantanea non descrive tutto il periodo.

Il rinvio non prova che si sappia esattamente ciò che accadrà. Esprime una decisione prudente all’interno di un’organizzazione. L’esercizio al chiuso può conservare l’obiettivo didattico senza mantenere l’esposizione. In seguito si possono analizzare i dati disponibili per comprendere l’evoluzione, ma non riscrivere le informazioni iniziali come se il risultato fosse già stato noto.

9. Esercizi progressivi svolti

Esercizio A - Una pioggia intensa cade in una zona senza persone né beni esposti. Si può parlare dello stesso danno potenziale di una zona abitata? Soluzione: no. Il fenomeno rimane, ma esposizione e conseguenze differiscono. Questo non significa che una zona disabitata sia priva di interessi ecologici né che siano impossibili effetti indiretti.

Esercizio B - Una carta è colorata, ma la data è stata tagliata. Quali informazioni mancano? Soluzione: pubblicazione, periodo di validità ed eventualmente distinzione fra osservazione e previsione. Senza queste informazioni, il documento non permette una decisione attuale affidabile. Cercate la fonte completa invece di supporre che un'immagine ricevuta oggi sia stata prodotta oggi.

Esercizio C - Perché un'osservazione calma non annulla automaticamente una vigilanza? Soluzione: riguarda un punto e un istante, mentre la vigilanza interessa un possibile fenomeno su una zona e una durata. L'osservazione è un dato utile: non risponde all'intera domanda. Aggiornamenti e indicazioni rimangono necessari.

Esercizio D - Un messaggio inoltrato dice «evacuate», senza autorità, luogo né data. Come trattarlo? Soluzione: non presentatelo come un'istruzione ufficiale verificata. Individuate la fonte e cercate le indicazioni appropriate. L'esercizio non autorizza a ignorare un'allerta ufficiale chiara né a intraprendere una verifica che esporrebbe al pericolo.

Esercizio E - Preparate tre alternative per la nostra esposizione di libri. Proposta: mantenimento soltanto secondo i criteri stabiliti dal responsabile; spostamento al chiuso se l'opzione è realmente appropriata; rinvio se non è disponibile alcuna soluzione accettabile. Precisate chi decide e come viene informato il

pubblico. Non viene aggiunta alcuna soglia meteorologica inventata.

Esercizio F - Una situazione annunciata non si è verificata davanti alla vostra casa. Scrivete una conclusione misurata. Proposta: l’evento non è stato osservato in quel punto; per valutare l’informazione occorre esaminare zona, periodo e osservazioni corrispondenti. Il caso non prova né la perfezione né l’inutilità generale del dispositivo.

10. Scheda di ripasso e riferimenti

Scheda di ripasso: fenomeno, esposizione, vulnerabilità e capacità contribuiscono alle conseguenze. La previsione descrive, la vigilanza richiama l’attenzione su un pericolo, l’allerta trasmette indicazioni di un’autorità. Leggere fornitore, data, validità, zona, fenomeno e consigli. Preparare alternative prima della decisione. Non sostituire servizi specializzati o un’istruzione ufficiale con un colore isolato, una foto o una risposta di un’IA locale.

UNDRR, terminologia istituzionale «Hazard», «Exposure», «Vulnerability»: https://www.undrr.org/terminology/hazard ; https://www.undrr.org/terminology/exposure ; https://www.undrr.org/terminology/vulnerability . Météo-France, «5 questions sur la Vigilance météorologique», 7 luglio 2026: https://meteofrance.com/vigilance-et-securite/5-questions-sur-la-vigilance-meteorologique .

Ministero francese dell’Interno, «Système d'alerte des populations»: https://www.securite-civile.interieur.gouv.fr/reagir/comment-se-preparer-face-aux-risques/systeme-dalerte-des ; ministero competente per la Transizione ecologica, dossier su piogge intense e inondazioni, aggiornato il 2 settembre 2026: https://www.ecologie.gouv.fr/dossiers/comprendre-risques-naturels-sen-proteger/savoir-pluies-intenses-inondations-france . Consultazioni nella redazione francese dell’11 ottobre 2026. Non viene riprodotto alcuno stato di vigilanza attuale; esempi ed esercizi fittizi, una sola citazione letterale di tre parole del ministero dell’Interno.

CAPITOLO 11 - Sicurezza delle attività: criteri di rinvio e dati aggiornati necessari

1. Imparare la meteorologia non basta ad autorizzare un’attività

Conoscere la formazione di un temporale o saper leggere una pressione migliora la comprensione. Non conferisce automaticamente la competenza per decidere che un’attività esposta sia sicura. La scelta dipende da terreno, attrezzatura, persone, regole applicabili e informazioni attuali. Una guida generale fornisce concetti: non sostituisce un responsabile formato né un servizio specializzato.

L’obiettivo di questo capitolo è preparare domande appropriate. Quale variabile conta per l’attività? Per quale luogo e durata? Quali conseguenze sono possibili? Quale documento offre l’informazione adatta? Chi può decidere di mantenere, modificare o rinviare? Una risposta che ignori queste domande può essere ingannevole anche se usa parole scientifiche corrette.

Occorre distinguere un’attività didattica senza esposizione da un’attività reale all’aperto. Calcolare su una registrazione il ritardo fra lampo e tuono permette di studiare la propagazione del suono; aspettare fuori per eseguire tale calcolo durante un temporale è una situazione completamente diversa. Il secondo impiego non viene raccomandato da questa guida. Gli esempi numerici che seguono sono esercizi, mai soglie che autorizzino una pratica.

Preparare significa anche accettare un’alternativa. Un rinvio può preservare un progetto invece di farlo fallire. L’osservazione delle nubi può essere sostituita con l’analisi di fotografie datate; una

mostra di disegni può essere spostata in un luogo adatto. L’alternativa deve conservare un obiettivo senza conservare l’esposizione pericolosa sotto un’altra forma.

2. Individuare le variabili utili all’attività

Il vento medio e le raffiche non descrivono la stessa cosa. Il primo riassume un periodo di misura secondo un metodo; le seconde riguardano variazioni più brevi. Un’attività sensibile a uno sforzo improvviso non può essere valutata con la sola media. Occorre conoscere anche quota, esposizione e posizione della previsione. Un valore vicino al suolo in una zona generale non descrive tutte le creste o tutti i corridoi.

Vanno separate anche quantità e intensità della pioggia. Venti millimetri in una giornata e venti millimetri in pochi minuti non hanno la stessa distribuzione temporale. La conseguenza dipende ancora dal suolo e dai deflussi. Un semplice cumulato non permette di stabilire lo stato di una strada, di un seminterrato o di un corso d’acqua.

La temperatura dell’aria non descrive tutta l’esposizione termica. Intervengono sole, vento, umidità, durata e attività. Gli indici specialistici hanno definizioni e limiti. Sarebbe scorretto scegliere un unico numero su un’applicazione per diagnosticare una persona o garantire che uno sforzo sia appropriato. I consigli sanitari ufficiali e i professionisti competenti rispondono a dimensioni diverse da quelle di questo corso scientifico.

La visibilità è un’informazione distinta dalla nuvolosità. Si possono vedere molte nubi e conservare una buona visibilità orizzontale; una nebbia può invece ridurla fortemente vicino al suolo. Un’immagine del cielo non descrive necessariamente ciò che un conducente o un camminatore incontrerà lungo il percorso.

Individuare la variabile evita di rispondere a una domanda con un indicatore vicino ma insufficiente.

3. Una griglia di preparazione senza soglie inventate

Costruite una griglia con cinque voci: attività e luogo; periodo completo; informazioni necessarie; decisione e alternative; aggiornamento e comunicazione. Deve essere breve e comprensibile per chi la usa. Le voci organizzano il ragionamento: non costituiscono un protocollo universale di sicurezza.

Nella prima indicate ciò che verrà realmente fatto. «Uscita» è troppo vago: passeggiata accompagnata, installazione di materiali, spostamento stradale o navigazione non pongono le stesse domande. Nella seconda includete preparazione e ritorno, non soltanto il momento centrale. Un’attività prevista dalle 14 h alle 15 h può richiedere uno spostamento prima e dopo tale intervallo.

Nella terza elencate i documenti pertinenti e la loro origine. Possono essere necessarie una previsione specialistica, la vigilanza, lo stato ufficiale di un sito o un’indicazione del responsabile. Nella quarta precisate chi decide e quale soluzione sostitutiva sia possibile. Nella quinta prevedete quando consultare nuove informazioni e come informare il gruppo. L’ultima consultazione non elimina la necessità di applicare un’indicazione ricevuta in seguito.

Se manca un dato indispensabile, non riempite il vuoto con una stima rassicurante. Può essere necessario modificare o rinviare il progetto. La formula «non mi è arrivata alcuna allerta» non prova che siano state consultate tutte le informazioni né che non esista alcun pericolo. La griglia aiuta a constatare questa mancanza invece di nasconderla.

4. Montagna: le informazioni generali non bastano

Il rilievo trasforma le condizioni: intervengono quota, versante, esposizione e configurazione delle valli. Una previsione per una città vicina non descrive direttamente un itinerario in quota. Il cielo può evolvere diversamente su due versanti e le condizioni del terreno aggiungono difficoltà proprie. Lo scarto non si corregge con una semplice formula applicata a una temperatura.

In montagna innevata, il pericolo di valanghe dipende in particolare dal manto nevoso e dal terreno, non soltanto dalla temperatura attuale. Météo-France presenta bollettini specialistici e sottolinea che un indice di rischio, da solo, non basta. La lettura richiede le informazioni complementari appropriate e le competenze di chi pratica l’attività o di chi la guida. Una traccia visibile non costituisce prova di sicurezza.

La presentazione ufficiale ricorda che la scala europea del pericolo di valanghe venne adottata nell’arco alpino nel 1993. Questo riferimento mostra la ricerca di un linguaggio comune fra servizi; non trasforma un numero della scala in un’autorizzazione per qualsiasi pendio. Una sintesi regionale e una decisione locale non sono intercambiabili.

Questa guida non insegna né una tecnica di attraversamento né un metodo di salvataggio né una regola che garantisca un itinerario. Consultate bollettini attuali, indicazioni delle autorità e dei siti e professionisti della montagna quando il progetto lo richiede. Gli esempi di pressione o gradiente termico dei capitoli precedenti servono a comprendere, non a certificare le condizioni di pratica.

5. Mare e costa: vento, onde e territorio

Una previsione terrestre non risponde interamente a una domanda marittima. Vento, stato del mare, moto ondoso, marea e correnti riguardano processi distinti che possono interagire. La direzione del vento in un luogo non permette di dedurre tutte le onde che vi si osserveranno. Un mare momentaneamente calmo non descrive necessariamente l’evoluzione attesa per tutta un’uscita.

Météo-France spiega di produrre bollettini regolari e bollettini speciali di sicurezza marittima, diffusi in particolare dai CROSS francesi nell’ambito delle loro missioni. Questa organizzazione offre informazioni specialistiche; la guida non riprende frequenze radio, orari o criteri di navigazione come se fossero universali e permanenti. L’impiego reale richiede documenti aggiornati e le competenze necessarie.

Sulla costa, anche un’attività di osservazione può essere esposta alle onde e a condizioni mutevoli. L’assenza di pioggia non è un indicatore di sicurezza su un molo o una diga. Una chiusura, un divieto o un’indicazione locale vanno rispettati; questo testo non propone alcun itinerario per aggirarli.

Per uno studio scolastico, confrontate un bollettino fittizio del vento e uno fittizio del moto ondoso. Individuate unità, direzione, periodo e zona. L’esercizio dimostra che servono più variabili: non produce una decisione operativa. Per un’uscita reale, l’organizzatore deve basarsi sulle informazioni e sulle responsabilità appropriate, senza delegare la propria decisione a una risposta di un’IA generalista.

6. Temporali: non aspettare una prova di vicinanza

Il National Weather Service riassume un principio con la breve formula «When Thunder Roars, Go Indoors». Questa citazione di cinque parole ricorda che sentire il tuono non incoraggia a continuare un’osservazione all’aperto. La pagina ufficiale indica che non esiste un luogo sicuro all’esterno quando nella zona ci sono temporali. Il dettaglio dei mezzi di protezione va letto nelle raccomandazioni competenti, non improvvisato a partire da un ritardo sonoro.

Una fotografia spettacolare può far desiderare di aspettare il prossimo lampo. Lo scopo didattico non giustifica tale esposizione. Usate documenti registrati oppure esercizi svolti in condizioni appropriate. Il capitolo sui fulmini spiega un meccanismo: non offre un metodo per avvicinarsi a un temporale o determinare una distanza sicura.

Un’attività all’aperto dovrebbe disporre in anticipo di una procedura appropriata definita dai responsabili: informazione, sospensione e soluzione sostitutiva. La presente guida non fissa un tempo universale di ripresa. Un cielo più chiaro, un radar salvato o l’assenza di tuoni per qualche minuto non sostituiscono le regole e gli aggiornamenti necessari.

La stessa logica si applica a un’osservazione collettiva. Prima di qualsiasi attività reale, chi la guida individua le condizioni per mettersi in sicurezza e le informazioni pertinenti. Se questo quadro non esiste, non lo si sostituisce con una regola ottenuta all’ultimo momento da un assistente locale. L’apprendimento scientifico può continuare perfettamente senza esporsi.

7. Spostamenti e attività quotidiane

Lo spostamento ha vincoli propri: stato della via, visibilità, traffico, chiusure e mezzi disponibili. Una previsione di pioggia non permette di assicurare che una strada sia praticabile. Un punto di partenza calmo non esclude una difficoltà in un’altra parte del percorso. Occorre consultare informazioni appropriate e applicare le restrizioni ufficiali.

Per un’inondazione o una pioggia intensa, il dossier ministeriale ricorda in particolare di rinviare gli spostamenti e non attraversare settori pericolosi come guadi o passaggi stradali bassi nell’alveo. Questo principio non deve diventare una prova di profondità eseguita dal lettore. La guida non fornisce alcuna altezza d’acqua che permetta di attraversare a piedi o con un veicolo.

Nella vita quotidiana, preparare un’informazione chiara può evitare una decisione precipitosa. Una famiglia può concordare come comunicare un cambiamento di programma; un’associazione può indicare il luogo alternativo di una riunione; un istituto possiede le proprie istruzioni. Questi accordi non assicurano il funzionamento della rete o del trasporto, ma limitano i malintesi.

Persone con bisogni particolari possono richiedere una preparazione adattata con interlocutori competenti. Questo testo non diagnostica alcuna capacità individuale e non prescrive cure. Invita a non supporre che tutti dispongano degli stessi mezzi per spostarsi, comprendere un messaggio o cambiare rapidamente programma.

8. Preparare anche l’informazione quando manca la rete

Un documento scaricato rimane leggibile offline, ma una previsione o un’allerta salvata non si aggiorna da sola. L’accesso locale è un vantaggio per imparare i termini e ritrovare una procedura preparata. Non garantisce di conoscere la situazione attuale. Mantenete visibile la data dei documenti la cui validità dipende dal tempo.

Se un’attività richiede dati recenti, l’assenza di connessione diventa un’informazione sulla vostra capacità di decidere. Non significa che il pericolo sia nullo. Può essere necessario cercare un altro canale previsto dall’organizzatore oppure rinviare. Nessun assistente offline deve presentare una descrizione generale come un bollettino dell’ora.

In un esercizio fittizio, un’uscita si basa su informazioni specialistiche aggiornate al mattino. La rete non funziona e non è disponibile nessun’altra fonte prevista. La conclusione non può essere «l’ultima carta era favorevole, quindi partiamo». Deve riconoscere la mancanza, consultare il responsabile e applicare i criteri prestabiliti. Il valore di un progetto non giustifica l’invenzione del dato che gli manca.

Preparare significa infine mantenere accessibile l’informazione: titoli espliciti, date leggibili, contatti appropriati e indicazioni brevi. Una biblioteca piena di file senza riferimenti può rallentare la consultazione. Il sommario e la classificazione dei documenti facilitano l’accesso al sapere: non rendono automaticamente attuali i contenuti consultati.

9. Esercizi progressivi svolti

Esercizio A - Un evento fittizio si svolge dalle 15 h alle 16 h, con installazione alle 13 h e ritorno previsto alle 18 h. Quale periodo bisogna esaminare? Soluzione: tutto il periodo esposto, dall'installazione al ritorno, tenendo conto degli spostamenti e della loro durata. La sola fascia aperta al pubblico non riassume i bisogni d'informazione. L'esercizio non definisce una soglia di mantenimento.

Esercizio B - Un'applicazione mostra un vento medio moderato. Se ne può dedurre l'assenza di raffiche importanti? Soluzione: no. Le due variabili differiscono. Occorre leggere le informazioni appropriate, la loro unità, il luogo e il periodo. Una media non costituisce un tetto per tutte le variazioni.

Esercizio C - Un paese si trova a una quota diversa dall'itinerario previsto. Basta una semplice correzione di temperatura? Soluzione: no. Rilievo, esposizione, vento, visibilità e stato del terreno aggiungono differenze. Una relazione scolastica può aiutare a comprendere un meccanismo senza sostituire una previsione specialistica né una decisione guidata.

Esercizio D - Perché il colore di un indice di valanga non basta? Soluzione: sintetizza un pericolo a una scala definita. Condizioni del manto, terreno, evoluzione e competenze rimangono pertinenti. La guida non propone una lettura che autorizzi automaticamente un pendio. Vanno considerate le indicazioni ufficiali e quelle di professionisti competenti.

Esercizio E - Un documento locale porta una data vecchia, mentre l'attività richiede informazioni attuali. Che cosa concludere? Soluzione: il documento conserva interesse didattico o storico, ma non risponde al bisogno di aggiornamento. Cercare un canale appropriato e applicare i criteri del responsabile; non trasformare l'assenza di nuovi dati in conferma dei precedenti.

Esercizio F - Preparate un messaggio di rinvio per un’attività fittizia. Proposta: «L’osservazione prevista domani viene sostituita con una sessione al chiuso secondo la decisione di chi guida l’attività. Luogo e ora sono indicati nel programma aggiornato. Analizzeremo documenti registrati; la sessione non richiede l’osservazione di un fenomeno pericoloso». Il messaggio deve corrispondere a una decisione reale prima di essere usato.

Esercizio G - Un’installazione può essere spostata, ma il nuovo luogo conserva la stessa esposizione al vento. È un’alternativa protettiva? Soluzione: non per il pericolo considerato. Cambiare il nome del luogo non modifica automaticamente le condizioni. L’analisi deve verificare l’effetto reale dell’alternativa, senza inventare una protezione.

10. Errori frequenti, ripasso e riferimenti

Non confondete attrezzatura e garanzia, esperienza e conoscenza attuale, calma istantanea e assenza di pericoli futuri. Non deducete lo stato di un terreno dalla sola meteorologia dell’aria. Non usate un calcolo del corso come soglia operativa. Il costo o l’impegno già investito in un progetto non elimina un’informazione sfavorevole. Preparare un’alternativa permette di preservare l’obiettivo senza mantenere l’esposizione.

Scheda di ripasso: definire attività, luogo e periodo completo; individuare variabili e servizi specialistici; conoscere responsabili e indicazioni; prevedere mantenimento, adattamento o rinvio con criteri appropriati; verificare gli aggiornamenti; riconoscere i dati mancanti. La lettura offline aiuta a imparare e a ritrovare riferimenti, mai a certificare una meteorologia attuale.

Météo-France, «Avalanche : quels dangers, comment réagir et s'informer ?», 5 febbraio 2025: https://meteofrance.com/vigilance-et-securite/avalanche-quels-dangers-comment-reagir-et-sinformer ; «Météo-France et la mer», 8 giugno 2026: https://meteofrance.com/meteo-a-z/meteo-france-et-la-mer . National Weather

Service, «Lightning safety»: https://www.weather.gov/safety/lightning-safety .

Ministero francese competente per la Transizione ecologica, dossier su piogge intense e inondazioni: https://www.ecologie.gouv.fr/dossiers/comprendre-risques-naturels-sen-proteger/savoir-pluies-intenses-inondations-france . Fonti primarie consultate nella redazione francese l’11 ottobre 2026. Una sola citazione letterale di cinque parole del National Weather Service in questo capitolo; esempi ed esercizi originali. Non vengono fornite informazioni meteorologiche attuali né procedure di cura.

CAPITOLO 12 - Quaderno meteorologico ed esercizi di sintesi: osservare, confrontare e riconoscere i limiti

1. Un quaderno per imparare, senza fabbricare una previsione

Un quaderno meteorologico raccoglie osservazioni datate e descritte secondo un metodo. Permette di collegare i concetti della guida a dati, esaminare una variazione e riconoscere ciò che non si conosce. La sua sola esistenza non ne fa una stazione ufficiale né un sistema d’allerta. Poche misure locali non bastano a prevedere tutte le condizioni di un percorso, di un territorio o di un’attività esposta.

L’obiettivo didattico deve essere definito prima di scegliere le colonne. Volete studiare le variazioni della temperatura a ore fisse, confrontare descrizioni delle nubi oppure comprendere la differenza fra pioggia cumulata e intensità? Una domanda precisa richiede dati appropriati. Una lunga lista di informazioni senza provenienza può dare un’impressione di padronanza e allo stesso tempo impedire di verificare i confronti.

Si può lavorare interamente al chiuso con dati salvati, fotografie vecchie corredate di legenda o serie fittizie identificate esplicitamente. L’osservazione diretta non richiede mai di esporsi a un fenomeno pericoloso. Se un’indicazione o le condizioni rendono l’attività inappropriata, si usa una sessione al chiuso oppure la si rinvia secondo i responsabili competenti. Il bisogno di completare una tabella non giustifica l’uscire durante un pericolo.

Le descrizioni delle nubi mostrano l’interesse di un vocabolario condiviso. L’Organizzazione meteorologica mondiale ricorda il ruolo

di Luke Howard, che nel 1803 propose una classificazione i cui nomi sono stati in parte conservati e sviluppati. Questo riferimento storico non stabilisce che un osservatore principiante possa identificare senza esitazione ogni formazione. Spiega perché una categoria definita e una descrizione riproducibile siano più utili di un’impressione personale isolata.

2. Progettare una scheda di osservazione tracciabile

Una prima riga descrive la serie: domanda studiata, luogo approssimativo utile, periodo, metodo e provenienza. Per un esercizio scolastico, non registrate inutilmente dati personali. Può bastare un identificativo del punto di osservazione. Se la posizione precisa è necessaria per un’analisi scientifica guidata, va trattata secondo le regole del progetto; la guida non chiede di pubblicare un indirizzo privato.

Ogni rilevamento porta data, ora e indicazione del fuso orario. Distinguete l’ora di misura, quella di pubblicazione e quella in cui avete salvato il dato. Un bollettino pubblicato a mezzogiorno può contenere un’osservazione delle undici. Una previsione pubblicata oggi può riguardare domani. La colonna «tipo» può assumere i valori osservazione, previsione salvata o dato fittizio. Mescolarli senza distinzione rende confusa l’interpretazione.

Per ogni variabile indicate unità e metodo. Una temperatura in gradi Celsius non è un’energia; una pressione in ettopascal non è una quota; una quantità di pioggia in millimetri non è una velocità. Precisate i periodi per i cumulati e le medie. Una velocità media del vento su un intervallo e una raffica massima non rispondono alla stessa domanda. L’unità, da sola, non definisce tutta la misura.

Aggiungete una colonna di qualità: dato disponibile, mancante, stimato, corretto oppure metodo modificato. Un valore assente non diventa zero. Una correzione non deve far scomparire senza traccia

il valore iniziale: conservate il motivo e la versione utile al confronto. Per una serie fittizia, scrivete chiaramente questa provenienza nel titolo e nelle tabelle che potrebbero essere copiate separatamente.

3. Comparabilità, strumenti e collocazione

Uno strumento trasforma una grandezza in un’indicazione secondo il proprio funzionamento. La risoluzione descrive il passo o il dettaglio mostrato; l’accuratezza riguarda la vicinanza a un valore di riferimento in condizioni definite. Mostrare due decimali non prova una misura esatta al centesimo. Funzionamento, taratura, collocazione e condizioni d’uso rimangono determinanti. Una stima visiva può essere utile se viene identificata come tale.

Confrontare due temperature richiede di sapere come siano state misurate. Un apparecchio esposto alla radiazione, una superficie riscaldata e uno strumento destinato a misurare l’aria non descrivono automaticamente la stessa grandezza. Uno schermo o un riparo adatto può limitare alcuni effetti, ma non garantisce da solo l’assenza di qualsiasi errore sistematico. Per una vera rete di misura seguite metodi ed esigenze del servizio responsabile; un esercizio domestico deve presentare i propri limiti.

Un cambiamento di collocazione può produrre una discontinuità nella serie. Supponiamo che uno strumento sia spostato da un luogo ventilato a una zona vicino a un muro. Un aumento osservato dopo tale cambiamento non prova un’evoluzione del clima. Sono cambiati anche il metodo e l’ambiente. Annotate la discontinuità, confrontate soltanto ciò che è confrontabile ed evitate di trasformare una differenza locale di disposizione in una tendenza generale.

Lo stesso vale per gli orari. Confrontare le nove di un giorno con le quindici del successivo associa variazione fra i giorni e variazione

nel corso della giornata. Per studiare un’evoluzione a ora fissa, scegliete un metodo coerente e indicate gli scarti. Non correggete arbitrariamente un valore per farlo somigliare al precedente. La qualità scientifica deriva dalla tracciabilità e dall’esame, non da una tabella artificialmente regolare.

4. Descrivere prima di interpretare

Separate una colonna di constatazioni da una di ipotesi. «Sulla fotografia delle undici compare uno strato nuvoloso» descrive ciò che si osserva, con i limiti dell’immagine. «Annuncia necessariamente pioggia fra un’ora» aggiunge una conclusione non giustificata dalla sola fotografia. Un’ipotesi deve portare questo nome e precisare quali informazioni potrebbero sostenerla o contraddirla.

Descrivete le nubi con categorie prudenti: aspetto, estensione apparente, evoluzione su immagini datate, genere probabile quando i criteri sono visibili. Una prospettiva limitata non permette sempre di determinarne l’altezza. Un cielo nascosto da un edificio non va registrato come interamente sereno. Quando sono possibili più identificazioni, scrivete il dubbio invece di scegliere una certezza decorativa.

Per il vento, foglie o oggetti visibili forniscono indizi, ma non danno necessariamente una velocità misurata a un’altezza normalizzata. La presenza di un movimento locale può dipendere dal terreno o dagli ostacoli. Se non disponete di una misura appropriata, usate una descrizione qualitativa identificata. Una conversione approssimativa non va mostrata come misura strumentale.

L’interpretazione collega poi più informazioni: temperatura, umidità, pressione, nubi, evoluzione e contesto. Questo accostamento non autorizza una conclusione automatica. I meccanismi studiati forniscono possibilità e condizioni; occorrono

ancora dati sufficienti. Un quaderno serio può concludere «informazioni insufficienti per decidere fra le ipotesi». Questa risposta è più utile di una predizione inventata per riempire tutte le caselle.

5. Primi calcoli su una serie fittizia

Consideriamo quattro temperature fittizie: 9 °C alle otto, 11 °C alle undici, 14 °C alle quattordici e 12 °C alle diciassette. La loro media aritmetica vale (9 + 11 + 14 + 12) / 4 = 11,5 °C. Descrive questi quattro campioni. Non diventa automaticamente la media dell’intera giornata, perché le altre ore non sono state osservate e il metodo ufficiale di calcolo della media non è precisato.

Il minimo dei quattro valori è 9 °C e il massimo 14 °C; l’ampiezza è 5 °C. Sono il minimo, il massimo e l’ampiezza del campione. Scrivere «temperatura minima del giorno: 9 °C» sarebbe ingiustificato se la notte non è stata misurata. Fra le undici e le quattordici la differenza è 3 °C su tre ore, cioè una variazione media di 1 °C all’ora. Questa media non descrive ogni minuto.

Per una serie fittizia di pioggia cumulata, il contatore indica 2 mm alle otto e 5 mm a mezzogiorno. Se il dispositivo non è stato azzerato e i valori sono comparabili, il cumulato aggiuntivo è 3 mm su quattro ore. Il tasso medio su questo intervallo vale 0,75 mm all’ora. Non prova né una pioggia continua né un’intensità massima di 0,75 mm all’ora: i 3 mm possono essere caduti in modo irregolare.

Se alle dieci è avvenuto un azzeramento, la differenza diretta fra le due indicazioni perde significato. Occorre conoscere i valori prima e dopo l’operazione oppure riconoscere che il cumulato non può essere ricostruito con i soli dati disponibili. L’esempio mostra perché i metadati facciano parte della misura. Un calcolo esatto applicato a dati non comparabili produce una conclusione falsa.

6. Grafici, tendenze e dati mancanti

Un grafico deve mostrare titolo, assi, unità e periodo. Se gli orari sono irregolari, la loro posizione deve rispettare tale irregolarità sull’asse temporale. Quattro punti distanziati in modo identico sulla pagina possono far credere a intervalli identici. Una linea fra due osservazioni rappresenta un collegamento grafico: non prova che siano stati misurati tutti i valori intermedi.

Quando manca il dato delle undici, non sostituitelo silenziosamente con un valore interpolato. Un’interpolazione propone una stima fondata su un’ipotesi di variazione. Può servire a un esercizio, ma deve essere distinta dall’osservazione. La media dei valori rimanenti è quella di un campione diverso. Confrontare giorni con periodi di misura differenti richiede quindi un’attenzione particolare.

Una successione di tre giorni più caldi non stabilisce da sola una tendenza climatica. Vanno esaminati durata, variabilità, metodo e contesto. Una tendenza riguarda un insieme e un metodo di analisi appropriati. Un quaderno breve può documentare un episodio locale, non rappresentare automaticamente un’intera regione né il clima mondiale. Questo limite non annulla l’interesse del quaderno per comprendere le variazioni e imparare il metodo.

Evitate anche di scegliere una scala che esageri o nasconda una differenza senza spiegarlo. Un asse che comincia a 10 °C può rendere visibile una piccola variazione, ma deve rimanere chiaramente graduato. Una grande superficie colorata non sostituisce i valori. Per confrontare due grafici verificate le scale prima di interpretare la forma. La presentazione deve aiutare a capire ciò che è stato misurato, non produrre un’impressione predeterminata.

7. Leggere insieme pressione, umidità e previsione

Una pressione fittizia diminuisce da 1 014 hPa a 1 008 hPa fra due rilevamenti effettuati nello stesso punto e secondo lo stesso metodo. La differenza vale −6 hPa. Questa constatazione non annuncia automaticamente un fenomeno preciso. Una previsione richiede in particolare un contesto spaziale e temporale, l’evoluzione dei sistemi e le altre variabili. Verificate anche se i valori siano pressioni locali o ridotte al livello del mare: il loro confronto non è sempre immediato.

Supponiamo una temperatura di 12 °C e un punto di rugiada di 8,3 °C. Lo scarto è 3,7 °C. Informa sulla vicinanza a certe condizioni di saturazione, ma non basta a prevedere la formazione di una nebbia in un luogo e a un’ora dati. Intervengono raffreddamento, rimescolamento, apporti d’umidità e situazione locale. Un’ipotesi può essere studiata con dati aggiuntivi: non va trasformata in un risultato acquisito.

Registrate separatamente le previsioni per confrontarle poi con le osservazioni, senza modificarne retrospettivamente il contenuto. Una scheda di previsione comprende fornitore, data di emissione, luogo, orizzonte temporale, variabile e definizione. Una probabilità di precipitazione non si confronta direttamente con una quantità in millimetri. Una media prevista e un valore massimo osservato non sono due formulazioni della stessa misura.

Per una verifica scegliete la regola prima di guardare il risultato. In un esercizio potete misurare lo scarto fra temperatura prevista e osservata per un orario definito. Se poi cambiate l’orario per ottenere uno scarto minore, non state più verificando la domanda iniziale. Documentare un errore non è un fallimento didattico: permette di esaminare dato, definizione e limiti della previsione.

8. Laboratorio di sintesi con soluzioni

Esercizio A - Una serie fittizia fornisce 10, 13 e 16 °C a tre orari. Calcolate media e ampiezza, poi indicate un limite. Soluzione: media 13 °C; ampiezza 6 °C. I calcoli riguardano i tre valori. Senza misurare gli altri orari non si possono annunciare la media o gli estremi di tutta la giornata. Il limite deve essere formulato nella legenda, non dimenticato dopo il calcolo.

Esercizio B - Un cumulato passa da 4 a 10 mm in due ore, senza azzeramento. Che cosa si può stabilire? Soluzione: 6 mm aggiuntivi e un tasso medio di 3 mm all’ora. Non si conoscono né la durata esatta di ogni episodio né la sua intensità massima. Una pioggia intermittente può produrre lo stesso cumulato di una più regolare. Mancano osservazioni più dettagliate per distinguerle.

Esercizio C - Una tabella indica «pioggia: zero» dove il sensore non ha trasmesso alcun dato. Correggete. Risposta: sostituire il valore con dato mancante e annotare l’incidente noto. Zero afferma una misura; l’assenza di trasmissione non la stabilisce. Se viene usata un’altra fonte, devono comparire provenienza e condizioni del confronto. Non si mescolano discretamente due metodi per completare la serie.

Esercizio D - Le previsioni fittizie di temperatura sono 12, 14 e 13 °C; le osservazioni corrispondenti 11, 15 e 13 °C. Calcolate gli scarti previsione meno osservazione e la media dei loro valori assoluti. Soluzione: +1, −1 e 0 °C; media assoluta (1 + 1 + 0) / 3, cioè circa 0,67 °C. La media con segno vale zero, ma nasconde qui due scarti non nulli che si compensano.

Esercizio E - Due gruppi confrontano i propri rilevamenti. Il primo misura l’aria a ore fisse; il secondo annota una temperatura superficiale quando può accedere al luogo. Si può concludere che un quartiere sia più caldo? Soluzione: variabili, orari e metodi differiscono. La conclusione non è giustificata da questo solo

confronto. Occorre definire una domanda comune e misure comparabili, oppure conservare le due serie come osservazioni di fenomeni differenti.

Esercizio F - Un’applicazione contiene una carta vecchia, sulla quale dopo una copia non è più visibile la data. Un’uscita richiede informazioni attuali. Quale uso è legittimo? Soluzione: la carta può eventualmente servire a un’analisi storica se si ritrova la provenienza. Non può confermare le condizioni attuali. Cercare informazioni ufficiali datate e applicare le indicazioni; non considerare l’assenza di una nuova allerta nel file come prova di sicurezza.

Esercizio G - Su venti giornate fittizie annunciate con probabilità di pioggia del 50 %, dodici comprendono l’evento definito. La previsione è definitivamente sbagliata? Soluzione: dodici su venti rappresenta il 60 %, ma un insieme piccolo fluttua. Occorre esaminare definizione, casi comparabili e una serie sufficiente. Uno scarto puntuale non stabilisce da solo una cattiva calibrazione né una garanzia di buona calibrazione. Il risultato rimane un’osservazione da integrare nell’analisi.

Esercizio H - Formulate una conclusione del quaderno senza prevedere domani. Proposta: «Nei quattro orari osservati secondo lo stesso metodo, la temperatura è prima aumentata e poi diminuita. I valori mancanti della notte impediscono di determinare gli estremi quotidiani. La serie descrive questo punto e questo periodo; non basta a stabilire una tendenza climatica». La conclusione collega risultato, metodo e limite senza pretendere di più.

9. Tre difficoltà aggiuntive: incertezza, angolo e conversione

Un confronto può riguardare valori accompagnati da un’incertezza nota nel quadro dell’esercizio. Supponiamo due temperature fittizie: 9,7 °C e poi 10,5 °C, ciascuna associata a un limite d’errore assoluto di 0,3 °C. Il primo valore è allora compatibile, secondo questa ipotesi, con l’intervallo da 9,4 a 10,0 °C; il secondo con quello da 10,2 a 10,8 °C. L’aumento è compreso fra 0,2 e 1,4 °C se i limiti annunciati coprono effettivamente gli errori considerati.

La differenza delle indicazioni vale 0,8 °C, ma la precisione di questa differenza non va presentata come infinita. Il ragionamento sui limiti ha usato il caso sfavorevole: valore iniziale più alto e finale più basso, poi il contrario. Il calcolo non fornisce una probabilità di aumento. Un limite d’errore, una deviazione standard e un intervallo di confidenza non sono formulazioni intercambiabili. Bisogna conoscere il metodo che li definisce prima di usarne i numeri.

Se lo stesso strumento presenta un errore sistematico costante, una parte di tale errore può annullarsi in una differenza. Tuttavia, non si può supporre senza controlli che tutti gli effetti siano costanti. Possono intervenire anche uno spostamento, una radiazione variabile o una modifica del metodo. Per un quaderno didattico, l’obiettivo non è produrre una correzione sofisticata senza dati: è mostrare le ipotesi e non promettere una precisione superiore a quella consentita dalla misura.

Gli angoli introducono un’altra difficoltà. Due direzioni vicine al nord, 350° e 10°, non vanno mediate come due temperature. La media aritmetica ordinaria dà 180°, cioè il sud, mentre le direzioni circondano il nord. Gli angoli sono periodici: 360° e 0° indicano la stessa direzione. Un’analisi appropriata può rappresentare le direzioni mediante vettori, poi esaminare la somma e la sua lunghezza.

In questo esempio fittizio, due vettori unitari di uguale peso, posti simmetricamente ai lati del nord, hanno una somma diretta verso nord. Questa costruzione non è una procedura universale per mediare il vento reale: occorre precisare anche velocità, durate e metodo del fornitore. Due direzioni esattamente opposte di uguale peso avrebbero una somma nulla; sarebbe allora ingannevole annunciare una direzione media ben definita. Verificate infine la convenzione: una direzione meteorologica del vento indica abitualmente da dove proviene, non dove va.

Anche una conversione d’unità deve rispettare la grandezza. Per convertire una temperatura dai gradi Celsius ai gradi Fahrenheit, la relazione è T°F = 1,8 × T°C + 32. Così, 20 °C corrisponde a 68 °F. Ma una differenza di temperatura di 3 °C corrisponde a una differenza di 5,4 °F: non le si aggiunge 32. La costante riguarda l’origine della scala, non ogni variazione. Distinguere il valore assoluto su una scala dalla differenza evita questo errore.

Esercizio aggiuntivo - Due temperature fittizie valgono 8,0 e 8,2 °C, con limiti d’errore di 0,4 °C per ciascuna. Si può affermare un aumento certo in questo modello di limiti? Soluzione: gli intervalli sono da 7,6 a 8,4 °C e da 7,8 a 8,6 °C. Si sovrappongono; le sole indicazioni e questi limiti non bastano a determinare il segno reale della differenza. Lo scarto fra i valori mostrati è positivo, ma il risultato deve conservare tale limite.

Esercizio aggiuntivo - Un file contiene due righe con la stessa ora locale, senza data completa né fuso orario. Si possono ordinare con certezza? Soluzione: no, con queste sole informazioni. Un cambiamento di data, di fuso o di ora civile può creare un’ambiguità. Occorre ritrovare i metadati: non inventare un ordine basandosi soltanto sulla posizione delle righe. Questa precauzione riguarda la tracciabilità, indipendentemente dalla meteorologia osservata.

10. Trasformare le osservazioni in ripasso attivo

Costruite una pagina di sintesi con quattro caselle: fenomeno, meccanismo, dato pertinente e limite. Per il vento, il meccanismo associa in particolare gradienti di pressione, rotazione terrestre e attrito; il dato pertinente dipende dalla domanda, media o raffica, direzione e periodo. Il limite ricorda che un semplice movimento di foglie non fornisce tutte queste misure. Per le precipitazioni distinguete formazione, cumulato e distribuzione temporale.

Aggiungete una casella «che cosa devo verificare in un'informazione attuale». Può contenere data, luogo, periodo di validità, servizio responsabile, natura del dato e indicazioni associate. La casella non va compilata una volta per tutte a partire da questa guida: indica gli elementi da esaminare quando l'attività lo richiede. Una scheda offline serve a ricordare il metodo, non a mostrare condizioni attuali.

Per preparare un ripasso, spiegate a qualcuno perché pressione e quota non siano la stessa grandezza, perché l'umidità relativa vari con la temperatura, perché una nube non sia una prova sufficiente di pioggia immediata e perché una probabilità non sia una durata. Fate poi un esercizio numerico e indicate l'unità. Infine presentate un limite della risposta. Questo metodo verifica una comprensione più solida del riconoscimento di una parola.

Rileggete il quaderno con una domanda critica: un'altra persona potrebbe capire da dove provengono i miei dati e rifare i calcoli? Se la risposta è no, completate i metadati oppure riducete la conclusione. Potete anche esaminare due interpretazioni concorrenti e precisare quale osservazione permetterebbe di distinguerle. Non si tratta di cercare una certezza a ogni riga, ma di imparare a proporzionare le affermazioni alle prove.

11. Errori frequenti e scheda finale

Non confondete zero e assenza, cumulato e intensità, media ed estremo, ora di emissione e ora di validità, osservazione e previsione, tempo meteorologico di breve periodo e clima. Non cancellate i cambiamenti di strumento o luogo. Non deducete una causa certa da una semplice successione. Non fate di una fotografia o di una misura locale un’autorizzazione per un’attività esposta. La guida non sostituisce alcun servizio ufficiale né responsabile competente.

Scheda finale di ripasso: domanda precisa; provenienza identificabile; luogo e periodo appropriati; unità e metodi espliciti; dati mancanti segnalati; calcoli verificati; risultato distinto dall’ipotesi; confronto proporzionato; limiti scritti; informazioni attuali cercate presso i canali appropriati quando sono necessarie. Un quaderno riuscito può contenere incertezze. Fallisce soprattutto quando le nasconde sotto numeri o conclusioni troppo ampie.

L’intera guida collega energia, pressione, umidità, nubi, fronti, fenomeni pericolosi, modelli, probabilità e decisione. Nessuno di questi elementi deve diventare una regola magica isolata. Comprendere un meccanismo aiuta a porre domande migliori; riconoscere ciò che manca aiuta a evitare una conclusione ingannevole. Per imparare offline, queste due capacità sono complementari. Per una decisione reale devono essere collegate alle informazioni datate e alle indicazioni competenti.

12. Riferimenti e provenienza

Organizzazione meteorologica mondiale, «Classifying clouds», riferimento storico a Luke Howard e alla classificazione del 1803: https://public.wmo.int/world-meteorological-day-2017/classifying-clouds ; Atlas international des nuages, generi: https://cloudatlas.wmo.int/en/principles-of-cloud-classification-genera.html . Met Office, osservazioni e ruolo nella comprensione meteorologica: https://weather.metoffice.gov.uk/learn-about/how-forecasts-are-made/observations .

Bureau international des poids et mesures, Brochure sur le système international d'unités: https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure . Fonti primarie consultate nella redazione francese l’11 ottobre 2026. Nessuna citazione letterale di terzi in questo capitolo; tutti i dati numerici degli esercizi e le situazioni del quaderno sono fittizi e originali. Non vengono fornite osservazioni attuali, previsioni operative o allerte in tempo reale.