

BRICKS | TEMA

Meteorologia, clima e cambiamento climatico

a cura di:
Maria Carmen Beltrano



Storia della meteorologia, previsioni del tempo, cambiamento climatico

Introduzione

Il clima rappresenta una risorsa naturale di vitale importanza per la vita sulla Terra ed è uno dei fattori chiave nella determinazione della biodiversità del pianeta. La conoscenza delle caratteristiche climatiche di un territorio aiuta a comprendere meglio le relazioni reciproche esistenti tra le diverse specie animali e vegetali e riesce a spiegare i meccanismi che regolano la coesistenza equilibrata tra di esse.

Il tempo meteorologico, a sua volta, condiziona tutte le attività dell'uomo e le previsioni del tempo offrono un supporto informativo utile per la loro programmazione e realizzazione. Negli ultimi anni è aumentata la frequenza di eventi meteorologici intensi, che spesso causano danni al territorio e all'economia. L'attenzione della collettività verso tali fenomeni cresce proporzionalmente all'impatto negativo e alla prossimità territoriale dell'evento. Variabilità del clima, cambiamento climatico e riscaldamento globale sono ormai temi di attualità, che entrano nelle nostre case attraverso i media, con immagini e bollettini dai toni drammatici e sensazionalistici. Comprendere il significato dei principali termini della scienza meteorologica è determinante per orientarsi nella massa di dati e notizie distribuite dai canali di informazione e per inquadrare e comprendere i diversi aspetti delle questioni legate alle tematiche del tempo, del clima e del cambiamento climatico.

La meteorologia è una scienza giovane

L'interesse per i fenomeni dell'atmosfera è legato indissolubilmente alla vita dell'uomo ed esiste fin dalla sua comparsa sulla Terra. È noto che, nell'antichità, i fenomeni del tempo venivano interpretati in chiave magico-religiosa ed erano considerati manifestazioni divine; l'interpretazione degli avvenimenti meteorologici era lontana da una spiegazione logica razionale. Le regole per la previsione del tempo, ad esempio, erano tratte per via empirica dalle ripetute osservazioni dell'evoluzione dei fenomeni atmosferici e, quando le previsioni si avveravano, si riteneva che tali regole fossero corrette e utili.

Solo a partire dal XVI secolo, con l'invenzione dei primi strumenti di misura - dell'umidità (Leonardo da Vinci), del vento (padre Egnazio Danti), della temperatura (Galileo Galilei), della pressione (Evangelista Torricelli), della precipitazione e dell'evaporazione (padre Benedetto Castelli) - inizia lo studio quantitativo dei fenomeni atmosferici. Le osservazioni e gli studi di meteorologia, tuttavia, erano per lo più appannaggio degli osservatori astronomici. Realizzate nella più completa autonomia, le misure si limitavano ai parametri, temperatura, pressione, vento, utili all'astronomo per determinare le altezze degli astri, eliminando gli errori dovuti all'effetto della rifrazione atmosferica.

L'intuizione dell'importanza di scambiare informazioni meteorologiche tra siti di osservazione diversi, più o meno lontani, divenne lo stimolo per concepire reti osservative. Il primo tentativo di organizzare e sistematizzare le osservazioni meteorologiche si ebbe a Firenze, nella seconda metà del '600. Grazie all'interesse di Leopoldo e Ferdinando de' Medici, fu stabilita una rete osservativa, facente capo all'Accademia del Cimento, per la raccolta sistematica di dati osservativi descrittivi e strumentali provenienti da luoghi geografici diversi (Vallombrosa, Firenze, Innsbruck, Varsavia); l'esperimento di rete meteorologica durò dal 1653 al 1670. Un secondo tentativo di rete osservativa fu la corrispondenza facente capo alla Società Meteorologica Palatina di Mannheim che rimase operativa per 12 anni, dal 1781 al 1792 con 39 siti di osservazione.

Nuovi orizzonti per la scienza meteorologica si aprirono nei primi anni del XIX secolo, in seguito alla nascita della branca della fisica nota come termodinamica: la scoperta che era possibile trasformare il lavoro in calore e viceversa offriva le spiegazioni per chiarire scientificamente le modalità e gli effetti degli scambi di energia nell'atmosfera. In questo periodo si sviluppano le teorie dei cicloni, se ne scopre la natura vorticosa (William Redfield, 1798-1857). Si ammette l'esistenza nell'atmosfera di processi adiabatici e convettivi (James Pollard Epsy, 1785-1860). Si teorizza che la genesi delle tempeste cicloniche delle medie latitudini boreali sia legata all'incontro-scontro delle correnti di origine polare, fredde e secche, provenienti da nord-est, con le correnti caldo-umide di sud-ovest, provenienti dai tropici (Heinrich Wilhelm Dove, 1803-1879); si ipotizza che i cicloni si formino al confine tra le due correnti aeree e che siano organizzati in famiglie (Robert FitzRoy, 1805-1865).

L'invenzione del telegrafo nel 1843, poi, ha spinto l'acceleratore sullo sviluppo dello studio della dinamica dell'atmosfera. Il suo impiego permise di concretizzare la concezione "sinottica" dell'osservazione del tempo: rilevamenti meteorologici effettuati simultaneamente in località diverse e trasmissione dei dati raccolti in tempo reale agli altri osservatori, per scambiare informazioni. Grazie a questo approccio innovativo di rilevamento, divenne finalmente possibile identificare la traiettoria dei moti dell'atmosfera, e, all'approssimarsi del tempo perturbato, prevedere l'arrivo delle burrasche ed elaborare bollettini di allerta meteo.

Nel contesto di fermento scientifico intorno allo sviluppo della meteorologia della metà dell'800, un grande scienziato e astrofisico italiano ebbe, in Italia, un ruolo importante nell'ideazione di nuovi strumenti meteorologici e nell'applicazione dei nuovi metodi di rilevamento: si tratta del gesuita padre Angelo Secchi (1819-1879), direttore, dal 1849 fino alla morte, dell'Osservatorio del Collegio Romano di Roma. Egli ideò un innovativo e complesso apparato strumentale, il meteorografo, in grado di misurare simultaneamente e continuamente diverse variabili meteorologiche. Tale strumento, premiato all'Esposizione Universale di Parigi del 1867, può essere considerato il prototipo delle moderne stazioni meteorologiche automatiche.



Figura 1 – (a sinistra) Ritratto di padre Angelo Secchi; (a destra) iscrizione murale, rinvenuta dietro a uno scaffale della Biblioteca Storica della Meteorologia Italiana del CREA, che documenta il ruolo di primaria importanza che Secchi ebbe nell'istituzione del primo servizio meteorologico italiano

Ad Angelo Secchi va anche il merito di avere attuato nello Stato Pontificio una Corrispondenza meteorologica telegrafica governativa. Già altri meteorologi avevano tentato lo scambio telegrafico di dati meteorologici, ma Secchi, primo al mondo, riuscì ad ottenere che il servizio fosse sovvenzionato da un governo, quello pontificio. La Corrispondenza meteorologica aveva lo scopo di prevedere le burrasche nei porti del Regno: si tratta dunque del primo "Servizio meteorologico", inteso nell'accezione contemporanea del termine. Inoltre, nel Regno d'Italia, egli ebbe un ruolo di primo piano nell'istituzione, nel 1876, del primo

Servizio di coordinamento della meteorologia nazionale (Regio Ufficio Centrale di Meteorologia), tanto da essere investito della carica di presidente del Consiglio Direttivo dell'Ufficio (Fig. 1)¹.

Nella seconda metà del XX secolo, la conquista dello spazio e la messa in orbita dei satelliti meteorologici ha dato nuovo impulso alle ricerche meteorologiche. Divenne possibile osservare l'atmosfera dallo spazio e studiarne la struttura dinamica e le caratteristiche fisiche. Lo sviluppo dell'informatica ha poi reso possibile elaborare sempre più velocemente una grande mole di dati osservati; a questa nuova capacità di calcolo si è associato, infine, lo sviluppo di tecniche di modellistica meteorologica in grado di supportare il lavoro del meteorologo e del climatologo. I meteorologi utilizzano le informazioni fornite dai satelliti e dalla modellistica per prevedere come cambierà il tempo nelle prossime ore (attualmente l'affidabilità ha un'estensione fino a 3-4 giorni) e producono previsioni meteorologiche sempre più attendibili e in continuo aggiornamento; i climatologi elaborano i dati del passato analizzando ciò che è accaduto mesi o anni prima e, grazie ai modelli, producono scenari futuri, cioè proiezioni climatiche nel breve (mesi) medio (anni) lungo (decenni) periodo.

L'attenzione al clima e al tempo: comprendere i termini per comprendere il problema

In questi ultimi anni è molto aumentata l'attenzione verso gli eventi atmosferici, soprattutto quando le manifestazioni sono intense. La preoccupazione per il ripetersi di tali eventi è tanto maggiore quanto più gravi sono le conseguenze e le ricadute negative che tali eventi hanno sull'ambiente, sulla società, sull'economia e, in definitiva, sulla vita quotidiana. In alcuni casi si parla di *eventi estremi* o *eventi eccezionali* e, a volte, si fa riferimento ai *tempi di ritorno* di una specifica situazione meteorologica.

Per agevolare l'interpretazione dei fenomeni meteo-climatici, valutare correttamente il loro impatto e comprendere meglio le notizie diffuse attraverso i media, spesso con toni sensazionalistici, è necessario fare chiarezza su alcuni termini comunemente usati, a partire dalla definizione di quelli più comuni.

Il *tempo meteorologico* osservato in un luogo è l'espressione della continua evoluzione dei moti dell'atmosfera che avvengono in quell'area geografica.

Il *clima* di un luogo, invece, è lo stato medio del tempo meteorologico, cioè la media di tutti i parametri (quantità geofisiche, temperature, umidità, ecc.) osservati in quel luogo nell'arco di almeno 30 anni (definizione ufficiale dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale - WMO²). Esso rappresenta il riferimento per valutare l'intensità degli eventi meteorologici osservati nel corso del tempo in quel sito. Il comportamento statistico di numerosi fenomeni fisici reali, tra i quali anche quelli meteorologici, è riconducibile a una curva gaussiana avente forma a campana centrata sul valore medio. Se ordiniamo numericamente le misure di una grandezza meteorologica o di una grandezza derivata (ondate di calore, giorni di gelo, ecc.), osservate in un lungo periodo, si otterrà la loro distribuzione gaussiana, che mostra graficamente in quale punto della curva si pone un determinato valore osservato (Fig. 2).

Gli eventi del tempo meteorologico si possono classificare confrontando le misure osservate con quelle presenti nella serie climatica di quel luogo, cioè dal confronto con il clima di riferimento:

¹ Secchi, A., 2020. (a cura di lafrate L. e Beltrano M.C.) Notizie meteorologiche adattate all'uso comune. Antologia di scritti editi e inediti. Scritti e Documenti LXI. Accademia Nazionale delle Scienze, detta dei XL, Roma.

² Agenzia specializzata delle Nazioni Unite, il WMO si dedica alla cooperazione e al coordinamento internazionali sullo stato e il comportamento dell'atmosfera terrestre, sulla sua interazione con la terra e gli oceani, il tempo e il clima.

- *Evento nella norma*: fenomeno che si colloca nell'intervallo di variabilità normale del clima di una località o regione.
- *Evento intenso*: fenomeno atmosferico particolarmente severo, meno frequente nella distribuzione degli eventi di una località o regione.
- *Evento estremo*: fenomeno atmosferico più raro, la cui frequenza si pone nelle code della distribuzione degli eventi. Generalmente è collegato a notevoli impatti economico-sociali.
- *Evento eccezionale*: fenomeno mai osservato nella serie climatica; anch'esso è associato a impatti socio-economici.
- *Anomalia climatica*: scostamento del fenomeno osservato dal valore normale climatico. Non necessariamente il termine deve essere associato a un evento intenso, estremo o eccezionale.
- *Tempo di ritorno*: Intervallo temporale che intercorre tra due eventi del medesimo tipo e della stessa intensità.

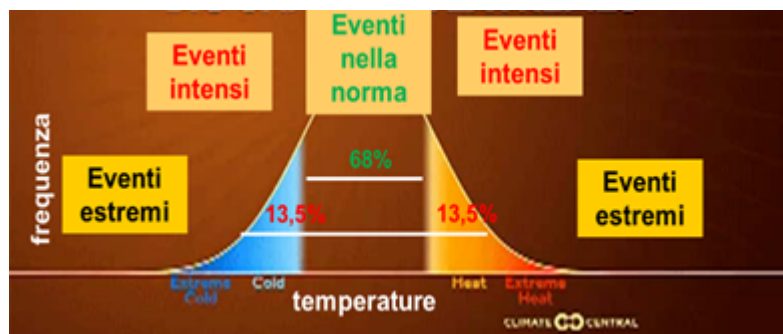


Figura 2 – Esempio teorico di distribuzione delle temperature rilevate in un lungo periodo.
Gli eventi 'eccezionali' si pongono all'esterno della curva

Il clima di riferimento rappresenta dunque l'elemento determinante per valutare l'intensità e l'eccezionalità di un evento meteorologico. Per tale motivo è necessario disporre di serie osservative lunghe almeno trent'anni, come detto. Tuttavia, disporre di serie meteorologiche più lunghe, 50-100 anni e più, laddove esistenti, consente di avere a disposizione un maggior numero di dati storici, che possono aiutare a valutare in maniera più appropriata gli eventi recenti. Le serie osservative storiche, lunghe e continue, rappresentano un patrimonio informativo di altissimo interesse climatico, ma esiste un grande limite al loro impiego: l'impossibilità di utilizzare con facilità i dati, poiché essi sono archiviati su supporti cartacei, schede e registri, compilati a mano. La possibilità di utilizzare questi dati per finalità di confronto climatico è subordinata al loro trasferimento, con un processo di data entry, in database informatizzati, a cui devono necessariamente seguire i necessari controlli, omogeneizzazione e validazione dei dati, che li rendano utilizzabili.

Variabilità climatica e cambiamento climatico

Le condizioni ambientali di un territorio condizionano la capacità di resilienza degli esseri viventi che vi abitano. In particolare, il clima rappresenta una risorsa irrinunciabile per la specie umana, in quanto risulta essere strettamente connesso con lo sviluppo e il progresso della società. Conoscere il clima di un territorio può essere determinante per supportare i processi decisionali in tutti i settori produttivi. A partire dalle fasi di pianificazione e progettazione, sarebbe doveroso valutare oltre agli effetti economico-sociali dell'impresa, anche gli effetti ambientali dell'attività produttiva. In presenza di segnali e di evidenze di un mutamento del clima, questo atteggiamento avrebbe il vantaggio di ridurre i rischi legati ai fattori climatici e di ottimizzare i costi e i benefici d'impresa, con ricadute positive anche per la conservazione dell'ambiente.

Negli ultimi due decenni si osserva una spiccata intensificazione della variabilità delle manifestazioni del tempo meteorologico: si passa dalla siccità prolungata a periodi caratterizzati da forti e intense

precipitazioni; le ondate di calore estive si prolungano in anomali inverni miti, mentre, negli ultimi anni, i periodi di freddo intenso sembrano essere diminuiti in frequenza, pur se caratterizzati da temperature molto rigide. Sempre negli ultimi anni, poi, la nota costante è che gli eventi atmosferici definiti "estremi" sembrano essere divenuti sempre più frequenti. Tutto questo rientra nella cosiddetta *variabilità climatica*, intesa come alternarsi di situazioni climatiche contrastanti tra loro, relative a una o diverse grandezze meteorologiche, su un dato territorio, a tutte le scale spaziali.

L'entità dell'anomalia di un fenomeno, come già detto, si valuta mediante il confronto del valore rilevato con quelli climatici di quel fenomeno. Per valutare l'effettiva ampiezza dello scostamento di un evento dalla normale climatica è, dunque, necessario e corretto utilizzare riferimenti climatici relativi a quel luogo (sito, regione, area geografica, ecc.), per periodi standard, universalmente adottati, che il WMO indica nei trentenni 1961-1990, in precedenza era il 1931-1960, e ora il 1991-2020. Tuttavia in numerosi studi si adottano trentenni di riferimento intermedi (1971-2000 [clima recente], 1981-2010 [clima attuale]), oppure di durata inferiore a 30 anni.

L'utilità di adottare il clima dei trentenni standard, consiste nel poter confrontare in maniera omogenea, in qualunque parte del globo, gli eventi meteorologici osservati, e di valutare la reale entità del loro scostamento dalla normale climatica: è così possibile apprezzare uniformemente il grado di *anomalia climatica* di un evento e valutarne l'entità. È doveroso sottolineare che i risultati di un qualsiasi studio sui cambiamenti climatici appaiono più o meno rilevanti e preoccupanti in relazione al clima di riferimento utilizzato, come si evince da alcuni esempi presentati nell'*Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici*³ (Fig. 3).

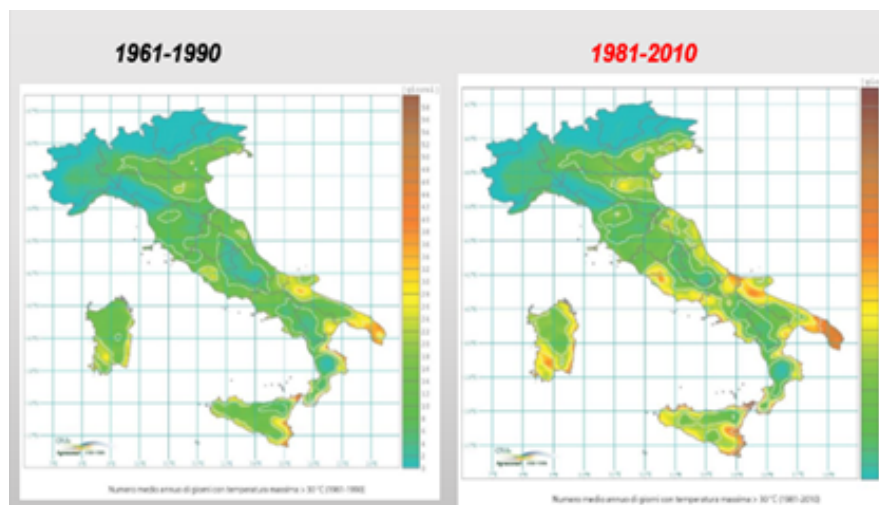


Figura 3 – Numero medio di giorni con temperatura massima >30°C.
Si noti come la classificazione dell'evento sia diversa in relazione al clima di riferimento

L'Atlante è un'opera cartografica tematica, realizzata dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), che offre un quadro informativo scientifico sul clima del nostro Paese e le sue variazioni dal 1961 al 2010, illustrandone sinteticamente le caratteristiche medie e gli aspetti di variabilità spazio-temporale che lo connotano.

La lettura delle mappe in figura 3 può essere favorita con l'analisi del grafico in figura 4. In esso sono mostrate le curve di distribuzione dei valori di temperatura media di due diversi periodi climatici di

³ A.V., 2015. *Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici*, CREA, Roma.

riferimento; in ascisse sono rappresentati i valori di temperatura, in ordinate il numero di eventi nel periodo climatico. La seconda curva è 'slittata' verso valori più elevati di temperatura: ciò comporta che gli eventi intensi ed estremi, o eccezionali (se esterni alla curva di distribuzione) del primo periodo climatico, se confrontati con il 'nuovo clima', sono valutati rispettivamente normali, intensi o estremi. Si nota, dunque, come, nel secondo clima di riferimento, le occorrenze di eventi di temperature elevate sono più frequenti e apparentemente meno 'anomali'⁴.

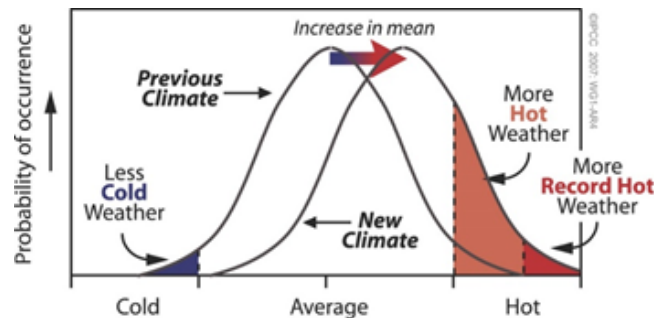


Figura 4 –Nelle code (sinistra e destra) della curva gaussiana, si trova la frequenza dei fenomeni estremi; al centro i fenomeni che rientrano nella media. Nel nuovo clima si osserva un aumento della frequenza di fenomeni estremi caldi. Fonte: IPCC⁵

I diversi sottosistemi che caratterizzano il clima -atmosfera, idrosfera (compresi i ghiacci oceanici), litosfera (rocce, suolo) e biosfera- interagiscono tra loro, a livello globale, con continui scambi di energia e materia, non completamente noti, per assicurare l'equilibrio energetico del pianeta. Nell'atmosfera, dunque, avvengono complessi processi dinamici, a varie scale spaziali e temporali, che a volte scaturiscono in eclatanti e spesso drammatici eventi meteorologici avversi. La percezione che tali eventi si verificano con sempre maggiore frequenza ha fatto sì che in questi ultimi anni l'interesse del pubblico per i fenomeni meteorologici sia aumentato: si parla con sempre maggiore preoccupazione di cambiamento climatico, in particolare di riscaldamento globale, e del suo impatto sulla 'conservazione' e capacità di 'resilienza' degli ecosistemi naturali e delle conseguenze sullo sviluppo e sul benessere della società umana. Allo stesso modo cresce la percezione, forse ormai consapevolezza, che le modificazioni del clima non sono più eventualità remote, ma che, invece, già stanno determinando l'alterazione degli ecosistemi, con inevitabili conseguenze anche sullo sviluppo della società umana.

Il termine *cambiamento climatico* viene spesso intrinsecamente associato al termine *riscaldamento globale*. In questo senso, ci si aspetterebbe che il clima stia variando solo in termini di aumento globale delle temperature, mentre quello che si osserva, come già accennato, è la grande variabilità nell'intensità degli eventi atmosferici.

La questione è complessa ed è strettamente legata alle concentrazioni di gas serra liberati in atmosfera, che sono il risultato di processi naturali o di processi artificiali. Quando si parla di riscaldamento globale ci si riferisce soprattutto all'anidride carbonica; l'aumento della sua concentrazione nell'aria aumenta la capacità dell'atmosfera di trattenere il calore solare e quindi di accumulare energia. La maggiore energia presente in atmosfera ha come conseguenza un'accelerazione dei processi dinamici della massa aerea e l'aumento

⁴ IPCC, 2007. *Annual Report -AR4 Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>.

⁵ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) è un organismo internazionale istituito dall'ONU allo scopo di fornire ai governi di tutto il mondo una visione globale dello stato delle conoscenze sul cambiamento climatico e sui suoi potenziali impatti ambientali e socio-economici.

dell'evaporazione dagli oceani e dalle superfici idriche del pianeta e anche dalle piante (evapotraspirazione). La conseguenza di questa accelerazione è il rimescolamento sempre più turbolento e vivace dell'atmosfera, che innesca fenomeni meteorologici violenti e di considerevole intensità.

Gli studi dei climatologi sono finalizzati a comprendere l'entità del cambiamento climatico in atto, anche in relazione all'immissione dei gas serra in atmosfera. I fenomeni naturali, quali le eruzioni vulcaniche e gli incendi da autocombustione contribuiscono a modificare la concentrazione dei diversi gas; ma è ormai comprovato che l'attività antropica (non solo industriale, ma anche quella agricola intensiva, i disboscamenti e le azioni criminali) costituisce il principale fattore di immissione di anidride carbonica in atmosfera. La sua concentrazione è esponenzialmente aumentata con l'avvento dell'era industriale (Fig. 5), ma negli ultimi decenni se ne è osservato un ulteriore continuo e veloce incremento.

Nel grafico, le serie storiche dei dati di temperatura media permettono di ricostruire l'andamento dei valori nel passato e la modellistica consente di elaborare proiezioni future di scenari climatici. Tali proiezioni, rappresentate dalla fascia verde, variano a seconda del modello utilizzato e dei parametri di correzione adottati.

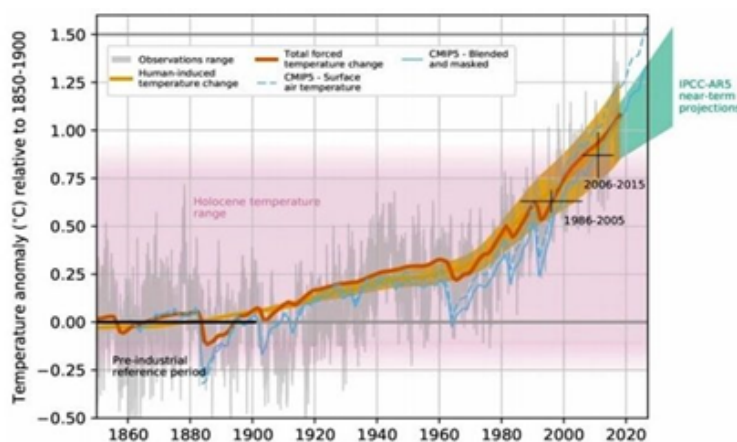


Figura 5 – Evoluzione della temperatura media superficiale nel periodo delle osservazioni strumentali.

Fonte: <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-1>

È difficile prevedere quali implicazioni sociali ed economiche potranno avere i cambiamenti climatici, poiché la pressione antropica sugli ecosistemi, che causa l'aumento dei gas serra, è anche finalizzata ad ottenere beni e servizi che hanno lo scopo di accrescere il benessere socio-economico della specie umana. Tutto ciò ha innescato un pericoloso meccanismo, le cui conseguenze negative si osservano soprattutto nelle aree socialmente più vulnerabili e in quegli ecosistemi che oggi garantiscono l'equilibrio e il rinnovo delle risorse naturali primarie, quali acqua e ossigeno. Il cambiamento climatico, sia nelle sue manifestazioni attuali, ma soprattutto per i possibili scenari futuri, è fonte di giustificata preoccupazione per le conseguenze negative che può comportare. Non basta più solo riflettere sulle conseguenze del cambiamento climatico: è necessario agire e intervenire per garantire il benessere ambientale alle future generazioni umane. L'accesso dibattito su queste tematiche implica risvolti politici, economici e sociali che non possono essere affrontati in questa sede.

Tornando al focus della presentazione, si è sottolineato come gli effetti indiretti dei cambiamenti climatici siano connessi principalmente alla variazione dei regimi pluviometrici e termici a livello globale. Non si deve, però, considerare il clima solamente come un fattore di rischio perché, con scelte oculate, esso può

costituire anche una potenziale risorsa. In questa ottica, per raggiungere lo scopo prioritario di migliorare lo stato e la resilienza dei sistemi socio-economici e degli ecosistemi, è necessario diffondere la cultura del territorio e attuare azioni in grado di ridurre gli impatti antropici sull'ambiente, ad esempio incrementando l'uso di fonti energetiche rinnovabili; è altresì prioritario sostenere lo sviluppo di competenze che possano incoraggiare la diffusione di sistemi di economia circolare e incrementare l'impiego di modalità di gestione del territorio ecosostenibili.

Gli studi sul cambiamento climatico si avvalgono anche dell'analisi di alcuni indici climatici, elaborati a partire dalle grandezze meteorologiche tradizionali. Essi sono in grado di sintetizzare le variazioni in intensità di alcuni eventi meteorologici estremi, quali le ondate di calore, le ondate di freddo, le notti tropicali, i giorni caldi, il numero di giorni secchi, ecc. Tali indicatori, definiti dal Team di esperti sul rilevamento e gli indici dei cambiamenti climatici⁶ (ETDDCI)⁷, permettono di standardizzare i risultati delle analisi climatiche. Nell'*Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici* sono stati elaborati alcuni indici climatici, e i risultati sono stati riportati in forma grafica, tramite diagrammi spazio-tempo di Hovmöller. In Fig. 6 è mostrata, a titolo di esempio, la durata complessiva, in giorni, delle ondate di calore in Italia, e la loro distribuzione alle diverse latitudini, da Sud a Nord, in ogni anno del periodo 1961-2010. Per ondata di calore si intende un arco di almeno sei giorni in cui il valore della temperatura massima è maggiore del 90° percentile (coda della curva gaussiana di distribuzione delle temperature della Fig. 1).

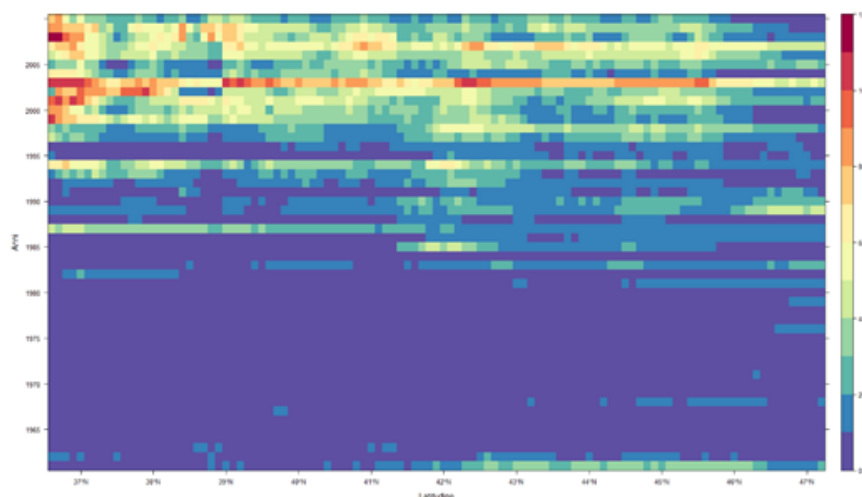


Figura 6 - Distribuzione spazio-temporale dell'indice climatico *Ondate di calore* elaborato per l'Italia dal 1961 al 2010. In ordinate gli anni; in ascisse la latitudine. I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in numero di giorni totali per anno

Gli anni del periodo sono riportati in ordinate, le caselle colorate esprimono il valore medio dell'indice climatico, in giorni, alla latitudine indicata in ascissa. A colpo d'occhio, si nota la prevalenza dei toni del blu-verde negli anni dal 1961 al 1997 e in tutto il periodo alle latitudini più a Nord, con l'eccezione degli anni 2003 e 2007. Dal 1998 prevalgono i toni dal verde al giallo; risaltano la netta riga rosso-arancione-gialla del 2003 e quella gialla arancione del 2007: esse indicano l'elevato numero di giorni con caldo anomalo registrati in tutto il Paese, dalla Sicilia alle Alpi.

⁶ Klein Tank, A.M.G., Zwiers F.W., 2009. *Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*. Climate Data and Monitoring WCDMP-No. 72, WMO-TD No. 1500. Geneve.

⁷ ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices), ha il mandato di rispondere alla necessità di una misurazione e caratterizzazione oggettiva della variabilità e del cambiamento climatico. Il team fornisce coordinamento e collaborazione internazionali sul rilevamento dei cambiamenti climatici e sugli indici rilevanti per il rilevamento dei cambiamenti climatici e incoraggia il confronto di dati e osservazioni modellati.

Elaborazione e diffusione di previsioni meteorologiche

La programmazione di tutte le attività umane trae beneficio dal conoscere in anticipo le condizioni meteorologiche delle prossime ore e dei prossimi giorni: una qualunque occupazione domestica, l'organizzazione e riuscita di un evento, la pianificazione di lavori e operazioni da condurre all'aperto, i servizi per l'agricoltura, l'industria, l'edilizia, il settore marittimo. La modellistica offre un indispensabile supporto nell'elaborazione delle *previsioni del tempo*.

Il processo che porta alla produzione di previsioni meteorologiche è articolato e prevede l'impiego di complesse e sofisticate apparecchiature e di competenze scientifiche elevate, determinanti nell'elaborazione di previsioni attendibili.

Il primo passo è l'acquisizione automatica e continua delle immagini dell'atmosfera, effettuata dai satelliti, che ruotano intorno alla Terra al di sopra dell'atmosfera. Le immagini vengono acquisite dai centri satellitari di raccolta dati. Le due principali agenzie che ricevono ed elaborano le immagini satellitari sono l'EUMETSAT, con sede a Darmstadt, in Germania, agenzia satellitare operativa europea per il monitoraggio del tempo, del clima e dell'ambiente, e il NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration (Amministrazione nazionale per l'osservazione oceanica ed atmosferica), agenzia federale statunitense che si interessa di oceanografia, meteorologia e climatologia.

Il secondo passo del processo si attua grazie al supporto di colossali centri di calcolo, dove le immagini satellitari e i dati acquisiti sono trasformati in sequenze numeriche e rielaborate grazie all'impiego di idonei modelli meteorologici, per ottenere mappe di previsione a diverse scale spaziali. Presso la sede del Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (European Center Medium Weather Forecast - ECMWF)⁸, opera uno dei maggiori complessi di super-computer in Europa, collegato ai sistemi informatici dei servizi meteorologici nazionali degli stati sostenitori.

Le mappe, così elaborate e disponibili, sono utilizzate infine dai servizi meteorologici nazionali e locali, presso i quali opera il meteorologo. Egli formula le previsioni avvalendosi delle proprie competenze scientifiche e della propria abilità interpretativa, che gli permette di tradurre le informazioni ricevute, adattandole alle caratteristiche geomorfologiche dell'area per la quale sta elaborando le previsioni. Il motivo per cui le previsioni proposte dai diversi media o siti internet differiscono tra loro deriva proprio dall'esperienza del previsore e dalla sua capacità di interpretare le carte del tempo prodotte dai sistemi informatici.

Il processo di produzione delle mappe di previsione si ripete ciclicamente durante l'arco della giornata: i dati delle diverse variabili meteorologiche arrivano dai satelliti, i modelli rielaborano i nuovi dati e producono carte del tempo aggiornate. Oggi le previsioni meteorologiche raggiungono un dettaglio territoriale che scende al di sotto dei 10 km e temporale compreso tra poche ore a diversi giorni. Tuttavia il sistema atmosferico è caotico ed è impossibile formulare previsioni attendibili che vadano al di là dei 3-5 giorni. Oltre questo limite temporale si parla di *tendenza meteorologica*.

La produzione di *previsioni stagionali*, invece, richiede l'uso di modelli specifici; per questa finalità le elaborazioni non restituiscono vere previsioni, ma, piuttosto, informazioni sulle anomalie attese nei mesi

⁸ Organizzazione intergovernativa sostenuta da 20 Stati membri europei e 14 Stati cooperativi, ha sede a Reading.

prossimi. In definitiva, a partire dai dati osservati, i modelli stimano quale sarà l'entità dello scostamento dei valori delle diverse grandezze, rispetto alla normale climatica attesa.

Conclusioni

Le previsioni del tempo e la climatologia sono solo le punte di diamante dell'uso dei dati meteorologici. Il supporto che la scienza meteorologia riesce a fornire alla comunità è immenso e i benefici che si possono trarre dalle informazioni meteorologiche riguardano ogni ambito. La comunità scientifica internazionale si adopera affinché le informazioni diffuse siano raccolte ed elaborate con criteri standardizzati, per consentirne lo scambio e il confronto. A livello internazionale, il WMO ha il compito del coordinamento internazionale riguardo allo stato e al comportamento dell'atmosfera terrestre e promuove la cooperazione internazionale su scala globale per lo sviluppo della meteorologia, della climatologia e dell'idrologia operativa, nonché per trarre beneficio dalla loro applicazione. Opera in collaborazione con i servizi meteorologici nazionali. In Italia, il Servizio meteorologico nazionale è sotto la direzione del Ministero della Difesa, ma è di attualità la notizia della nascita dell'Agenzia per la meteorologia e climatologia ItaliaMeteo, prevista dalla Legge n. 205/2017. Si tratta di una nuova Agenzia nazionale di servizio meteo civile che oltre ad avere il ruolo di servizio meteo nazionale rappresenta anche una struttura di coordinamento di tutti gli Enti Meteo esistenti in Italia. Creare sinergia tra i diversi Servizi e Centri di Ricerca che operano in Italia, ancora oggi frammentati, di certo porterà grandi benefici. Aspettiamo con ansia che ItaliaMeteo diventi operativo!

NOTA: Il seminario "[Meteorologia, clima e cambiamento climatico](#)" è stato proposto alla comunità scolastica il 20 maggio 2020.



Maria Carmen Beltrano

mariacarmen.beltrano55@gmail.com

Laureata in Scienze Naturali, ha sviluppato competenze tecnico-scientifiche in agrometeorologia e agroclimatologia e valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi agricoli, presso il CREA- Centro Agricoltura e Ambiente.

È stata responsabile di progetti finalizzati allo sviluppo di sinergie tra Sistema Agricolo Nazionale del Mipaaf e Servizi tecnici regionali per lo scambio di dati e prodotti finalizzati al supporto agrometeorologico per gli utenti agricoli.

È stata responsabile di diverse iniziative di divulgazione scientifica, ha organizzato numerose iniziative finalizzate alla valorizzazione del patrimonio scientifico culturale del Centro AA, alla diffusione della cultura scientifica e alla sensibilizzazione sui temi della meteorologia e della climatologia.