



Think before you print

Numero 11 Anno 2022



# Newsletter

---

## SOMMARIO

EDITORIALE.....	2
FLASH NEWS.....	3
IN LIBRERIA.....	6
IN PRIMO PIANO.....	7
ARTICOLO.....	10
NON SOLO ATMOSFERA.....	15
APPROFONDIMENTO.....	17
BULLETIN OF ATMOSPHERIC SCIENCE AND TECHNOLOGY.....	23
SEZIONE PROFESSIONISTI.....	24
LA PROCLAMO DOTTORE.....	25
IN RICORDO DI VITTORIO CANTÙ.....	33
QUATTRO CHIACCHIERE CON.....	35
I NOSTRI SOCI COLLETTIVI.....	39

## COMITATO EDITORIALE

**Brunetti Michele**  
Barbiero Roberto  
Davolio Silvio  
Farina Sofia  
Lussana Cristian  
Marsigli Chiara  
Salvati Marta Rosa  
Tomassetti Barbara

Contatto: [newsletter@aisam.eu](mailto:newsletter@aisam.eu)

---

## EVENTI AISAM

- 27 settembre 2022 – [Workshop Previsori Ricercatori](#): Tavola rotonda su eventi meteorologici ad alto impatto – presso sede RAI di via della Fiera, Bologna.
- 10-12 novembre 2022 – [FestivalMeteorologia](#) – Rovereto (TN).
- 23 marzo 2023 – **Giornata Meteorologica Mondiale** – Roma.
- 22-24 maggio 2023 – **International Conference on Meteorology and Climatology of the Mediterranean** – Genova.
- 5-11 febbraio 2024 – **5° Congresso Nazionale AISAM** – Sede da definire

---

## NUOVI SOCI

AISAM è lieta di dare un caloroso benvenuto ai **nuovi soci individuali**:

*Lucia Cisco, Giovanni Massaro, Rolando Rizzi, Francesco Luigi Rossi, Barbara Turato, Francesca Ventura, Antonio Vecoli*

e ai nuovi **soci collettivi**

*AmigoClimate Srl, Hypermeteo Srl*

Ad oggi l'Associazione conta **3** soci onorari, **293** soci individuali, **24** soci collettivi.

---

## QUOTE SOCIALI



Ricordiamo che è possibile rinnovare la quota sociale mediante **bonifico** (IBAN: IT23X0200801804000104607581), utilizzando in modo sicuro **paypal** o **carta di credito**.

Il servizio è disponibile sul sito di AISAM alla pagina:

<https://www.aisam.eu/pagamento-quota-sociale.php>

Le quote sociali e le istruzioni per il rinnovo sono disponibili alla pagina:

<https://www.aisam.eu/come-si-diventa-soci.html>

## EDITORIALE

Care Socie, cari Soci,

mi auguro che questa Newsletter vi trovi rinfrancati e rigenerati da una proficua pausa estiva!

Le particolari situazioni meteorologiche degli ultimi mesi hanno richiamato ancora più l'attenzione della collettività sull'importanza della meteorologia e della climatologia per la società: è compito della nostra Associazione contribuire a far crescere una consapevolezza diffusa dei fenomeni in atto, e delle potenzialità che le scienze dell'atmosfera e del clima, insieme alle tecnologie oggi disponibili, possono offrire per anticipare la ricorrenza di situazioni critiche, e consentire di adottare decisioni adeguate.

Da parte sua l'Associazione continua a promuovere la diffusione di tale consapevolezza, anche sostenendo varie iniziative di comunicazione.

Diversi appuntamenti ci attendono nei prossimi mesi, e se ne parla in questo numero: il 27 settembre a Bologna il primo *Workshop Previsori Ricercatori – Tavola rotonda su eventi meteorologici ad alto impatto*, organizzato dalla Sezione Professionisti su aspetti di meteorologia operativa, il 1° ottobre all'Aquila l'appuntamento con *OltreMet*, a cura di Cetemps, l'8 ottobre a Milano il *ventennale di MeteoNetwork*, il 10-12 novembre a Rovereto il *Festivalmeteorologia*.

È attesa a breve la prima circolare con l'invito ad inviare abstract alla *Conference on Meteorology and Climatology of the Mediterranean* che si terrà a Genova dal 22 al 24 maggio 2023.

In vista del *5°Congresso Nazionale*, previsto per la settimana 5-11 febbraio 2024, [sono aperte le candidature](#) per la sede: c'è tempo fino a 31 ottobre per presentare proposte.

Di questo e di molto altro, si parla in questo ricco numero della Newsletter.

Buona lettura, e arrivederci presto a questi appuntamenti!



(Il Presidente Dino Zardi)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dino Zardi'. The signature is fluid and cursive, with a large initial 'D'.

## FLASH NEWS

### Il socio AISAM Vincenzo Levizzani a Superquark



A *Superquark*, il programma del compianto Piero Angela, è andato in onda lo scorso 13 luglio su Rai 1 il servizio realizzato da Paolo Magliocco e Paola Toscano presso

l'Area della Ricerca del CNR di Bologna. Protagonista il socio AISAM *Vincenzo Levizzani* (CNR-ISAC) che ha parlato dell'importanza dello studio delle nubi e della pioggia, e degli strumenti attualmente utilizzati.

Per rivedere il servizio qui il link su [RaiPlay](#)

### Workshop Previsori Ricercatori – Tavola rotonda su eventi meteorologici ad alto impatto



Il 27 settembre la *Sezione Professionisti di AISAM e ItaliaMeteo* organizzano a Bologna, nella sede RAI di

Via della Fiera, un giorno di workshop tra previsori operativi e ricercatori/modellisti per la discussione di casi studio selezionati per il loro alto impatto o difficoltà previsionale.

L'obiettivo è di creare un'occasione di confronto e scambio di conoscenza tra due comunità professionali che spesso analizzano gli stessi fenomeni meteorologici o i singoli eventi con strumenti e tempistiche diverse.

Maggiori dettagli sono disponibili nello spazio della Newsletter dedicato alla *Sezione Professionisti* e alla seguente pagina web: <https://aisam.eu/workshop-previsori-ricercatori/>

### Buon compleanno Meteonetwork!



Dopo il primo simposio per il decennale nel 2012, l'Associazione Meteonetwork organizza un secondo simposio per festeggiare tutti insieme i 20 anni di attività.

Sabato 8 ottobre dalle ore 10 alle ore 13 presso il Politecnico di Milano (campus Leonardo), aula Castigliano, si svolgerà il simposio per il ventennale di Meteonetwork insieme a tanti amici, appassionati e persone che in questi anni hanno creduto fortemente in questa Associazione. Parteciperanno all'evento, Carlo Cacciamani (direttore di

Italia Meteo), Dino Zardi (presidente AISAM), Marco Mancini (Politecnico di Milano), Raffaele Salerno (Meteo Expert), Maurizio Maugeri (Università degli studi di Milano), Cristian Lussana (Norwegian Meteorological Institute), Cristina Lavecchia (Fondazione Osservatorio Meteo Duomo), Gabriele Franch (Fondazione Bruno Kessler) e tanti altri. All'esterno della sala verrà allestito un piccolo stand con la possibilità di acquistare i volumi di meteorologia della collana Ronca Editore. La tavola rotonda finale sarà moderata da Flavio Galbiati (Meteo Expert). Al termine dei lavori seguirà un pranzo a buffet offerto a tutti i partecipanti. La prenotazione all'evento è obbligatoria, mandando una mail a [ventennale@meteonetwork.it](mailto:ventennale@meteonetwork.it).

### 5° Congresso Nazionale AISAM



Il Consiglio Direttivo dell'Associazione Italiana per le Scienze dell'Atmosfera e Meteorologia (AISAM) ha deciso che il prossimo Congresso Nazionale si svolgerà nella settimana 5-11 febbraio 2024, articolato in tre giornate.

Sono aperte le candidature per la scelta della sede presso cui si svolgerà il Congresso: tutti gli interessati sono invitati a presentare la propria candidatura, seguendo le indicazioni fornite nel modulo di proposta.

La scadenza per la presentazione delle proposte è **Lunedì 31 ottobre 2022**.

Il form è disponibile al seguente link:

[https://docs.google.com/forms/d/1sPSltAPQsXfIAXSWypDpMqmKQMOkUX5s8DvIbBg0bpQ/viewform?edit\\_request=true](https://docs.google.com/forms/d/1sPSltAPQsXfIAXSWypDpMqmKQMOkUX5s8DvIbBg0bpQ/viewform?edit_request=true)

### Un voto per il clima: lettera aperta degli scienziati del clima alla politica italiana



In occasione della campagna elettorale e del futuro governo la comunità scientifica ha pubblicato un appello rivolto a tutte le forze politiche chiedendo che la lotta alla crisi climatica venga posta in cima all'agenda politica e offre il suo contributo per elaborare soluzioni e azioni concrete.

La lettera, promossa dalla Società Italiana per le Scienze del Clima, è stata sottoscritta da centinaia di scienziati e numerosi cittadini.

Firma la petizione:

[www.greenandblue.it/2022/08/03/news/crisi\\_climatica\\_lettera\\_aperta\\_scientiati\\_politica\\_italiana-360156752/](http://www.greenandblue.it/2022/08/03/news/crisi_climatica_lettera_aperta_scientiati_politica_italiana-360156752/)

### Conferenza annuale 2022 del CETEMPS



“Aqua, gutta cavat lapidem!” è il titolo della quarta Conferenza organizzata dal CETEMPS ‘Oltremet, Oltre la Meteorologia 2022 - Ricerca, responsabilità, passione e in-formazione’. L’evento si terrà sabato 1 ottobre 2022 presso il Parco del Castello a l’Aquila, nella sede dell’ Auditorium del Parco e sarà dedicato al ricordo del Professor Frank Silvio Marzano. Sarà un’occasione per celebrare il nuovo Rapporto ONU 2022 sulle acque, quest’anno dedicato alle acque sotterranee per rendere visibile l’invisibile.

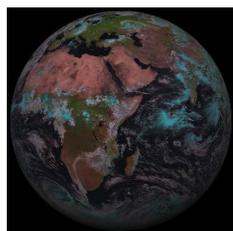
<http://cetemps.aquila.infn.it/oltremet/>

### International Mountain Conference



Si terrà a Innsbruck dall’11 al 15 settembre prossimi l’International Mountain Conference, un appuntamento multidisciplinare dedicato alla montagna. Sessioni plenarie, relazioni ad invito, discussioni e workshop si alterneranno in un fitto programma ospitato in diversi luoghi della città austriaca. Impossibile elencare tutte le sessioni previste che spaziano dall’agricoltura al turismo e allo sviluppo sostenibile, dall’atmosfera alla criosfera e alle foreste, dai cambiamenti climatici all’adattamento. Il ricco programma e le informazioni sul sito della conferenza: <https://www.imc2022.info/>

### Addio al METEOSAT-8



Dopo 20 anni di attività, il più longevo dei satelliti geostazionari verrà posizionato ad ottobre in una “orbita cimitero”, 247 km sopra all’attuale, per minimizzare il rischio di “space debris”. Ultimata la manovra EUMETSAT metterà in orbita il primo dei satelliti Meteosat Third Generation (MTG). L’ultima immagine del METEOSAT-8 è stata disseminata il 1° luglio.

Maggiori dettagli al seguente link:

<https://www.eumetsat.int/features/ageing-satellite-prepares-final-move-new-era-approaches>

### Conferenza annuale 2022 della S.I.S.C.



“SISC2022: Governing the Future” è il titolo della 10a Conferenza Annuale della Società Italiana per le Scienze del Clima, che si terrà a Roma dal 19 al 21 ottobre 2022. La conferenza è un’occasione per presentare i nuovi progressi e i risultati della ricerca nei campi della scienza del clima e della gestione dei cambiamenti climatici e per mettere in contatto scienziati, ricercatori, economisti, professionisti, aziende e responsabili politici, le cui attività sono incentrate su diversi aspetti del cambiamento climatico, sui suoi impatti e sulle relative politiche.

[www.sisclima.it/conferenza-annuale-2022/](http://www.sisclima.it/conferenza-annuale-2022/)

### 3 luglio 2022: crollo al ghiacciaio della Marmolada



Domenica 3 luglio 2022 una porzione del ghiacciaio della Marmolada - dal volume dell’ordine di oltre 65.000 m<sup>3</sup> - è improvvisamente collassata determinando una valanga di ghiaccio che ha ucciso 11 persone. Sul sito della Società Meteorologica Italiana una descrizione dell’evento e link a vari approfondimenti [http://www.nimbus.it/ghiacciai/2022/220711\\_CrolloGhiacciaioMarmolada.htm](http://www.nimbus.it/ghiacciai/2022/220711_CrolloGhiacciaioMarmolada.htm)

### È stato pubblicato l’ ICOS Handbook 2022



L’Handbook ICOS aiuta a capire come è organizzata ICOS, come opera, che cosa e come si misura e qual è il ruolo dei Centri Tematici e dei Networks Nazionali. L’Handbook descrive anche le specifiche tecniche delle stazioni e il processo che esse devono seguire per diventare membri ICOS.

L’Handbook è scaricabile al seguente link:

[https://www.icos-cp.eu/sites/default/files/2022-03/ICOS\\_Handbook\\_2022\\_web.pdf](https://www.icos-cp.eu/sites/default/files/2022-03/ICOS_Handbook_2022_web.pdf)

## *Intensa attività di incendi nell'Europa sudoccidentale tra ondate di caldo e condizioni di siccità*



Le ripetute ondate di caldo che hanno colpito l'Europa occidentale e le condizioni di siccità prolungata quest'anno stanno aumentando

l'attività degli incendi, soprattutto nella Francia occidentale e nella penisola iberica.

Gli ultimi dati del Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) mostrano che la Francia ha registrato le più alte emissioni di carbonio da giugno ad agosto dal 2003 nel dataset del Global Fire Assimilation System (GFAS).

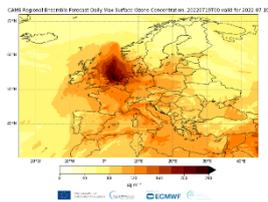
GFAS si basa sulle osservazioni satellitari degli incendi attivi e della potenza radiativa del fuoco (FRP), una misura dell'intensità degli incendi, per stimare le emissioni di inquinanti presenti nel fumo inclusi gas di carbonio, particolato e composti organici volatili.

Il confronto di diversi anni nel dataset ventennale di GFAS aiuta a valutare le attuali emissioni degli incendi in un contesto di lungo periodo. In particolare il FRP totale giornaliero dall'inizio di giugno 2022 mostra valori significativamente più elevati per Francia, Spagna e Portogallo durante le ondate di caldo di luglio e agosto.

Per maggiori dettagli si visiti il sito:

<https://atmosphere.copernicus.eu/intense-wildfire-activity-southwestern-europe-amid-heatwaves-and-dry-conditions>

## *L'ondata di caldo di luglio ha portato in Europa a livelli di ozono molto elevati*



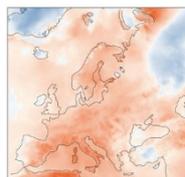
A metà luglio le previsioni del servizio di monitoraggio dell'atmosfera di Copernicus (CAMS) hanno mostrato come, durante l'intensa ondata di caldo che ha investito gran

parte dell'Europa occidentale, durante la quale il Regno Unito ha registrato per la prima volta temperature oltre 40°C, i valori massimi giornalieri di ozono superficiale, che raggiungono il picco a metà giornata, hanno raggiunto livelli critici per la salute in Portogallo, Spagna e Italia, con alcune località che hanno superato i 200 µg/m<sup>3</sup>.

Per approfondimenti:

<https://atmosphere.copernicus.eu/repeated-summer-heatwaves-trigger-new-ozone-level-peaks-throughout-europe>

## *Secondo giugno più caldo in Europa*



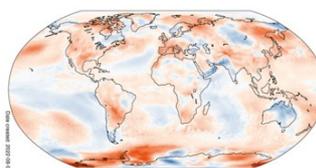
La temperatura media globale di giugno 2022 è stata di circa 0.31°C superiore alla media del trentennio di riferimento 1991-2020, il che lo rende il terzo giugno più caldo mai registrato.

L'Europa nel suo insieme ha registrato il secondo giugno più caldo mai registrato, con un'anomalia di circa 1.6°C sopra la media. Temperature estreme si sono verificate in Spagna, in Francia e in Italia, dove sono stati registrati lunghi periodi di temperature eccezionalmente elevate

Per approfondimenti:

<https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-june-2022>

## *Luglio 2022 tra i tre più caldo a livello globale*



A livello globale, luglio 2022 è stato uno dei tre più caldi mai registrati, quasi 0.4°C al di sopra del periodo di riferimento 1991-2020,

leggermente più freddo di luglio 2019 e leggermente più caldo di luglio 2016.

Durante l'ondata di caldo che ha colpito l'Europa da metà mese in poi, sono stati battuti numerosi record di temperatura in Portogallo, Francia occidentale e Irlanda. Per la prima volta in Inghilterra sono state registrate temperature di 40°C. Qui il precedente record nazionale di temperatura di 38,7°C è stato raggiunto o superato in oltre 40 stazioni, con un massimo di 40,3°C registrato nel Lincolnshire.

Per ulteriori dettagli si veda il seguente link:

<https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-july-2022>

## IN LIBRERIA.

### Carbon almanac - guida al cambiamento climatico. Non è ancora troppo tardi



A cura di e con prefazione di **Seth Godin**, ROI Edizioni.

(Traduzione in italiano a cura di **Isabella Riva** e **Stefano Viviani Stogl**)

**Fatti, connessioni, azioni:** il Carbon Almanac è un compendio di informazioni sul cambiamento climatico (definizioni, spiegazioni e informazioni su che cos'è, da che cosa è provocato e quali sono i numeri del fenomeno), sui suoi effetti (cosa fa, perché è un problema e su che cosa agisce) e sulle possibili soluzioni per affrontare le sfide poste dall'agenda dei protocolli internazionali. Al libro è collegato un sito in continua evoluzione, che raccoglie tutte le fonti delle informazioni date nel testo, e molto altro. In ogni pagina del libro si trova un'icona, che rimanda alla relativa pagina web.

Nell'ottobre 2021, Seth Godin, attraverso un post del suo blog, ha messo in piedi un team di volontari, e meno di un anno dopo è nata questa raccolta di fatti, dati, tabelle, mappe, infografiche, definizioni che raccontano il cambiamento climatico. Più di 300 volontari, tra cui scrittori, ricercatori, imprenditori, artisti e persone comuni, da 41 paesi del mondo, hanno contribuito alla stesura di questo volume. "Sapevo di poter creare un libro che avrebbe aiutato a risolvere il problema per come lo vedevo io, ovvero che **molte persone pensano di non essere informate abbastanza per poter parlare di questo argomento**", dice Godin. La missione più importante per il network, guidato da Godin, è **sensibilizzare**, in ogni campo e con ogni linguaggio possibile, sulla lotta al cambiamento climatico. Il libro è solo una parte del progetto: sono stati piantati più di 100.000 alberi per sostituire quelli usati per la stampa del Carbon Almanac; ogni giorno, una newsletter internazionale invita gli iscritti a compiere un gesto utile contro il cambiamento climatico. Ci sono una Guida per educatori e insegnanti, e una versione del libro per **bambini**, studiata per rendere tutte le informazioni contenute nel libro fruibili anche ai più piccoli. Ci sono inoltre un pdf scaricabile, con le immagini che mostrano gli effetti del cambiamento climatico nel mondo, e quattro podcast con più di 50 episodi.

"Non stiamo vendendo un libro," dice Godin. "**Stiamo vendendo un'idea.** Se questo libro vi ispirerà a sufficienza da dividerne una copia con un amico, ne sarà valsa la pena. Se spingerà voi e i vostri amici a organizzare un circolo di dieci persone, avrà fatto la differenza. E se voi dieci vi coordinerete insieme ad altri dieci gruppi per favorire un cambiamento organizzativo e culturale, sarà stato un successo. Abbiamo l'opportunità di concentrarci sulle cose che contano davvero, e di farlo con grazia e urgenza. Se non ora, quando?"

Uno strumento per conoscere.

### W la CO<sub>2</sub>. Possiamo trasformare il piombo in oro?



Autore **Gianfranco Pacchioni**, Edizioni *Il Mulino*.

Questo libro è stato un meraviglioso viaggio nel ciclo del carbonio in cui la molecola CO<sub>2</sub> interpreta il personaggio principale. L'autore sottolinea che se la CO<sub>2</sub> è il problema principale del clima di oggi, dovremmo sfruttare il suo comportamento redox unico per trasformare un problema in una risorsa. Così facendo, il libro torna all'inizio della Terra e si conclude con modi nuovi e puliti per produrre energia che coinvolgono CO<sub>2</sub>, il tutto collegato da vivaci aneddoti storici. Nel libro, l'autore fornisce prove solide e accessibili che la risposta alla nostra emergenza climatica risiede nella natura in cui il carbonio cambia continuamente il suo stato redox. Non dobbiamo reinventare la ruota, basta replicare la natura. Nonostante il libro sia relativamente breve – poco più di 200 pagine – è ricco di informazioni utili. L'autore è stato in grado di coprire la natura multiforme del ciclo del carbonio e di trasformare la sua complessità in fatti chiari. Consiglio vivamente questo libro a coloro che sono interessati al

ciclo del carbonio e ai futuri programmi energetici.

## IN PRIMO PIANO

### Sono aperte le candidature per la sede che ospiterà il 5° Congresso Nazionale AISAM nel 2024

Sulla base dei riscontri ricevuti dopo il 4° Congresso Nazionale, svoltosi con successo a Milano lo scorso febbraio, il Consiglio Direttivo ha valutato che il prossimo Congresso Nazionale si svolga nella settimana 5-11 febbraio 2024, articolato in non più di tre giornate, da definire.

Per la scelta della sede si è ritenuto utile procedere a una chiamata aperta: tutti gli interessati sono invitati a presentare la propria candidatura, seguendo le indicazioni fornite nel [modulo di proposta](#).

La **scadenza** per la presentazione delle proposte è Lunedì **31 ottobre 2022**.

#### 5° Congresso Nazionale AISAM

Modulo di presentazione delle candidature

[Accedi a Google](#) per salvare i risultati raggiunti. [Scopri di più](#)

\*Campo obbligatorio



### Ondate di calore e siccità, un 2022 che non dimenticheremo.

Tutti ricordiamo il 2003 per la caldissima estate che fece segnare temperature da record in gran parte d'Europa (Italia compresa). A poco meno di vent'anni di distanza un'altra estate da record si appresta alla sua conclusione.

sono disponibili osservazioni per Francia e Portogallo e il secondo più caldo per Spagna e Italia.

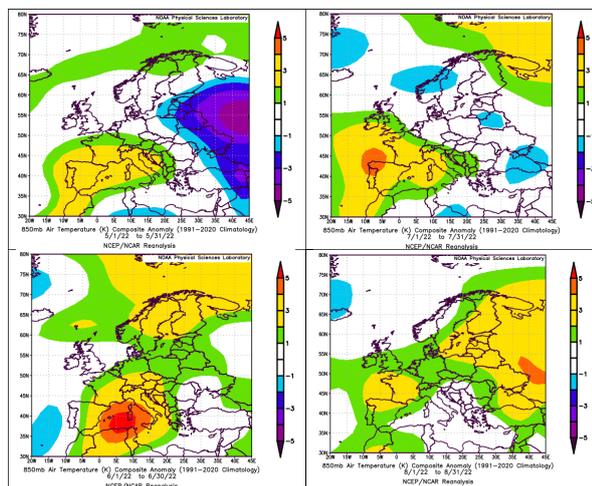


Figura 1. Anomalia di temperatura a 850hPa per i mesi di maggio, giugno, luglio e agosto 2022

Da maggio, l'Europa ha vissuto intense ondate di calore (figura 1): nel mese di maggio, aria molto calda proveniente dal Sahara occidentale si è spostata verso nord, spingendo le temperature verso valori molto al di sopra della media in diverse aree dell'Europa sud-occidentale (Portogallo, Spagna, Francia meridionale e Italia), facendo registrare il maggio più caldo da quando

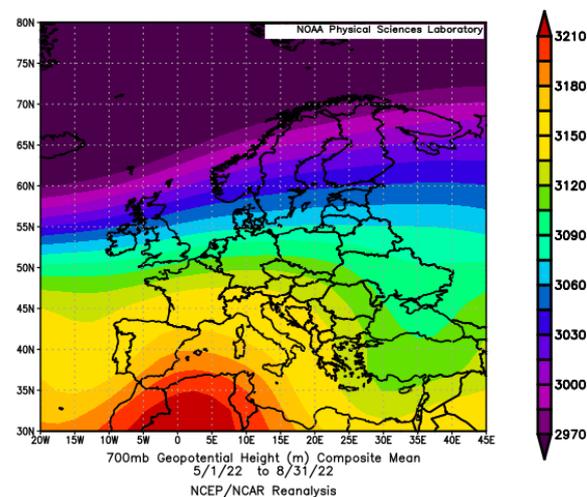


Figura 2. Mappa del geopotenziale a 700 hPa mediato sul periodo maggio-agosto

Lunghi periodi di temperature eccezionalmente elevate hanno continuato ad interessare le medesime aree sud-occidentali dell'Europa anche nel mese di giugno: dopo un breve periodo di temperature insolitamente calde che hanno raggiunto il picco il 21 maggio, si è infatti verificato un ben più lungo periodo di temperature eccezionali, con un picco intorno al 17 giugno. Le temperature massime giornaliere in Spagna, Francia e Italia hanno superato i

40°C, aggravando le condizioni di siccità che già da alcuni mesi stavano interessando il bacino del fiume Po. Nel mese di giugno numerosi record di temperatura sono stati battuti in Francia e Spagna.

L'intensa e persistente ondata di caldo iniziata in Spagna

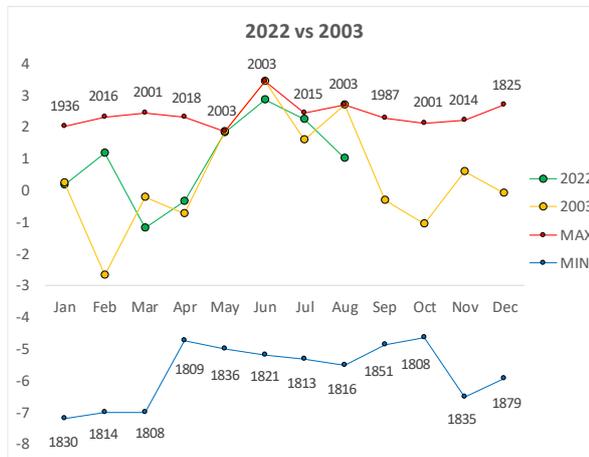


Figura 3. Confronto tra le anomalie termometriche del 2022 e del 2003 e relativi anni di minimi e massimi assoluti sul periodo 1800-2022.

e Portogallo non si è attenuata a luglio e si è diffusa più a nord, verso Francia, Regno Unito, Europa centrale e Scandinavia. Anche le condizioni di siccità sono continuate per tutto il mese di luglio. Di conseguenza, alcuni paesi hanno registrato temperature record anche in questo mese. Il picco intorno a metà luglio, quando un promontorio di alta pressione si è esteso verso nord su tutta l'Europa occidentale e, insieme all'azione di una depressione al largo del Portogallo, ha sospinto aria molto calda dal Nord Africa fino a lambire la penisola scandinava. Un'eccezionale ondata di caldo è stata registrata nella maggior parte dell'Europa occidentale. Un *tweet* del UK MetOffice del 19 luglio recita "almeno 29 stazioni in tutta l'Inghilterra hanno battuto il precedente record di 38.7 °C di temperature massime mai registrate nel Regno Unito", con oltre 40°C registrati in diverse stazioni di Londra e il record di 40.3 a Coningsby (nel Lincolnshire). Ad agosto le prime perturbazioni dopo mesi di siccità hanno portato le prime precipitazioni significative sull'Europa meridionale.

Come ben mostra la mappa di geopotenziale medio a 700 hPa di figura 2, da maggio ad agosto la circolazione su tutta l'Europa occidentale è stata decisamente dominata dall'espansione del promontorio di alta pressione dall'Africa.

Per quanto riguarda l'Italia il 2022 sta facendo segnare importanti anomalie, sia per quel che riguarda le temperature, sia dal punto di vista pluviometrico.

Come accadde nel 2003, anche per il 2022 si è presentata una persistente anomalia positiva delle temperature a partire dal mese di maggio fino al mese di agosto. Se a fine

estate il 2003 fece registrare i record assoluti di anomalie mensili per tutti e quattro i mesi da maggio ad agosto (poi superato, per il solo mese di luglio, dal 2015), il 2022 non è da meno, risultando il secondo più caldo dal 1800 ad oggi per maggio, giugno e luglio e con un mese di agosto che ha superato di circa 1°C la media di riferimento collocandosi tra i primi sei (fonte: dati [ISAC-CNR](#)).

Il confronto tra 2022 e 2003 è mostrato in Figura 3, dove sono riportati i dati delle anomalie (relative al trentennio 1991-2020) delle temperature medie italiane per il 2022 (in verde) il 2003 (arancio) e gli anni che hanno fatto registrare le anomalie massime (in rosso) e minime (in blu) assolute dal 1800 ad oggi. In sintesi, per questi quattro mesi eccezionali le anomalie delle due annate a confronto sono le seguenti:

Maggio: 2022 +1.83°C 2<sup>a</sup> più caldo – 2003 +1.87°C 1<sup>a</sup> più caldo

Giugno: 2022 +2.88°C 2<sup>a</sup> più caldo – 2003 +3.44°C 1<sup>a</sup> più caldo

Luglio: 2022 +2.26°C 2<sup>a</sup> più caldo – 2003 +1.59°C 3<sup>a</sup> più caldo (per luglio il più caldo fu il 2015 con +2.45°C)

Agosto: 2022 +1.03°C 6<sup>a</sup> più caldo – 2003 +2.71°C 1<sup>a</sup> più caldo.

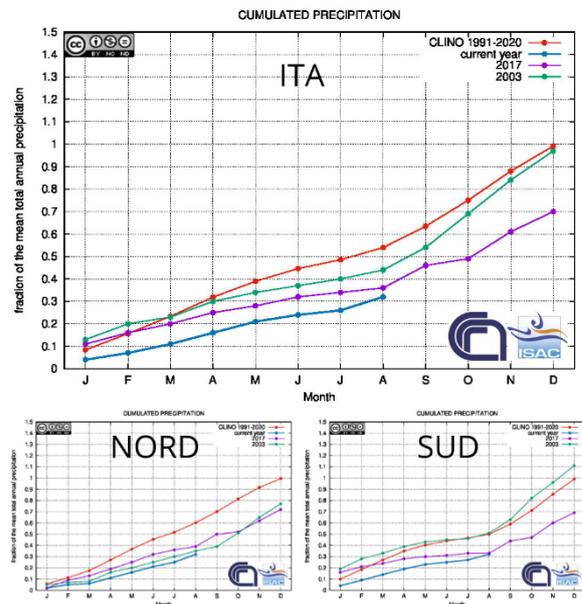


Figura 4. Confronto tra le precipitazioni cumulate progressive del 2022 con gli accumuli medi climatologici sul trentennio di riferimento (1991-2020) e due tra gli anni più siccitosi del passato (2003 e 2017).

Da segnalare che per il nord Italia, oltre al mese di luglio, anche il mese di maggio ha superato il 2003 diventando il più caldo di sempre, per questa zona del Paese, con una anomalia di +2.26°C rispetto alla media del trentennio 1991-2020 (il 2003 risulta infatti al terzo posto, dopo il 2022 e il 2009, con una anomalia di +1.180°C).

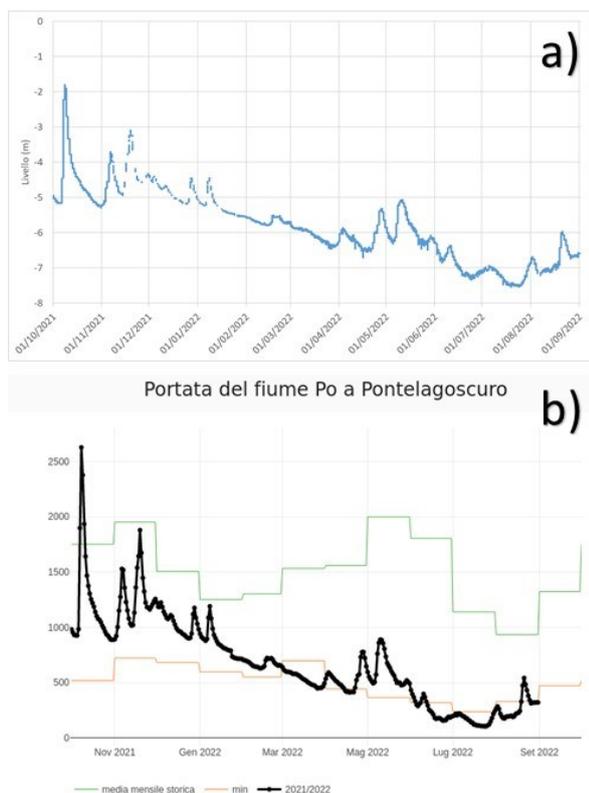


Figura 5. Livelli idrometrici (a) e portate (b) del fiume Po da inizio anno idrologico a fine agosto (fonte a) <https://www.agenziapo.it>; b) [ARPAE Monitoraggio siccità](#))

Il trimestre estivo chiude, per il 2022, al secondo posto con una anomalia di +2.06°C, alle spalle del 2003 (+2.58°C).

Sul fronte precipitazioni il 2022 è stato caratterizzato dalle stagioni invernale e primaverile con scarsi apporti pluviometrici, che hanno gettato le basi per un'estate estremamente siccitosa. Gli apporti pluviometrici cumulati da inizio anno fanno registrare un -41% di deficit

a fine agosto per l'Italia (-47% al nord e -36% al centro-sud) rispetto agli accumuli medi sul trentennio 1991-2020 (figura 4): per il momento il 2022 resta l'anno più siccitoso dal 1800 ad oggi.

Le scarse nevicate invernali e le elevate temperature che hanno spostato lo zero termico a quote eccezionali fin dal mese di maggio, hanno compromesso pesantemente i bilanci di massa dei ghiacciai alpini, molti dei quali a fine giugno presentavano livelli di fusione tipici di fine luglio (si vedano i risultati dei [rilevamenti del ghiacciaio del Ciardoney](#) per esempio).

Tutto ciò (scarse precipitazioni invernali e primaverili, elevate temperature e la mancanza di riserve sotto forma di accumuli di precipitazioni solide) chiude un quadro climatico che ha portato ad una crisi idrica senza precedenti, caratterizzata da livelli idrometrici confrontabili con i minimi storici: si vedano i valori relativi al fiume Po in figura 5, con un livello idrometrico pari a -7.54m e una portata di 134m<sup>3</sup>/s il 24 luglio alla stazione di Pontelagoscuro, con osservazioni disponibili da inizio '800.

*Autori:*



*Michele Brunetti e Silvio Davolio*

*(ISAC-CNR)*

### La memoria del ghiaccio



La Capanna regina Margherita (4554m), vero e proprio nido d'aquila alla Punta Gnifetti; in basso a sinistra i ricercatori sono al lavoro nella tenda di perforazione sul Colle Gnifetti (4450m).

Carotare un ghiacciaio è un'attività tanto noiosa quanto imprevedibile. Pochi i parametri presenti sul display della macchina carotatrice, la cui combinazione solo raramente dà i risultati teoricamente previsti. Il resto è questione di sensazioni, una sorta di feeling tra te, il carotiere e il ghiaccio. Un'empatia con il ghiacciaio che si crea lentamente. Azioni ripetitive, in attesa che il prossimo imprevisto ti faccia capire come nulla, qui, sia mai scontato. Minuti silenziosi di lavoro, che poi diventano ore e giorni, con il solo ronzio del motore del verricello a fare da sottofondo.

*“Dopo molti mesi di ferventi preparativi ed estenuanti attese, finalmente eccoci qui, sul Colle Gnifetti, uno dei siti più importanti per le ricerche paleoclimatiche sull'arco alpino. Il rombo dell'elicottero, unico mezzo utilizzabile per trasportare in quota i materiali necessari, scomparso ormai alla vista, si fa via via più distante e sul ghiacciaio torna il silenzio. Una calma che dura appena pochi minuti, poi ciascuno si dedicherà alle proprie attività: prima che arrivi la sera c'è da preparare il campo e montare la grande tenda a cupola all'interno della quale installare poi la macchina carotatrice. A fianco di questa, sarà scavata una lunga e profonda trincea nella neve, la quale custodirà le sezioni di ghiaccio, man mano che queste saranno prelevate.*

*Fino ad un paio di decenni fa, raccontano i glaciologi con qualche anno d'esperienza più di noi, questo scavo non era necessario: le temperature a fine maggio erano infatti ancora piuttosto rigide e il pericolo che i preziosi campioni potessero fondere nelle casse isolanti era fuori discussione.*

*Ora non è più così. In questa tersa mattina di fine maggio, qui a 4450 m la temperatura è di appena -4°C, ma già nei prossimi giorni è previsto l'arrivo di un'alta pressione di origine africana, la prima della stagione. Purtroppo, questa situazione non è più un'anomalia o una novità che faccia in qualche modo notizia. Di lì a poche settimane avremmo scoperto, scorrendo l'analisi climatica mensile di ISAC-CNR, come questo giugno 2021 sia stato il quarto più caldo della storia delle registrazioni, con un'anomalia positiva di 2.18°C rispetto alla media del periodo 1981-2010.*

*Nonostante il buon acclimatemento, i primi giorni di lavoro a queste quote sono sempre faticosi. Sfiancato da una serie di badilate, forse un po' troppo rapide ed impetuose, mi siedo su di una cassa d'alluminio a riprendere fiato e guardo in su, verso la Capanna Margherita, il rifugio più alto d'Europa.*



Ricercatori al lavoro mentre estraggono una sezione appena prelevata dal sistema di perforazione (a). carotiere al lavoro alla profondità di 16m (b).

*Nell'imponenza dell'edificio odierno, intravedo la prima spartana capanna di legno, meraviglioso nido d'aquila ai 4553m della Punta Gnifetti, inaugurata nel lontano 1893 alla presenza della Regina Margherita di Savoia. Le imprecazioni di Theo, il simpatico collega svizzero che con le mani nude tasta la neve alla ricerca della chiave a brugola appena persa, mi distolgono per un attimo dai miei pensieri. Sorrido e mi volto verso Nord-Ovest e li altre visioni si fanno via via più nitide, all'orizzonte. Uomini che faticosamente risalgono il Colle del Lys, ben più imponente di oggi, portando a spalla tavole, travi, chiodi ed utensili. I più forti, in fondo, arrancano con la stufa di ghisa. Venivano pagati a chili i portatori, 78kg si narra fosse stato il record. Scarponi pesanti, piccozze e ramponi rudimentali forgiati nelle officine in valle, abbigliamento povero, grosse corde in canapa. Lì vicino la "Roccia della Scoperta", salita pochi anni prima dai valligiani di Gressoney. Nessuna motivazione reale, solo l'ambizione di scoprire cosa ci fosse più in alto, più in là. Alcuni di loro, ne sono sicuro, devono essere passati di qui, 150 anni fa, calpestando il ghiaccio sottostante i miei piedi. Un brivido mi scorre lungo la schiena mentre, grattando con fare indifferente la neve ghiacciata con le punte dei ramponi, rimetto gli occhiali da sole per celare la commozione. È ora di tornare al lavoro.*

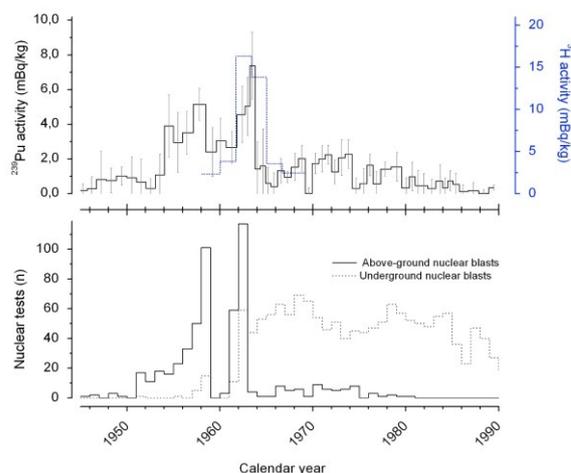
*Per i primi metri il carotiere avanza rapido, rallentando poi sempre più, man mano che scava a profondità maggiori.*

*Sezione dopo sezione, strato dopo strato, è il nostro passato che riemerge dalla profondità del ghiaccio. Mentre con il guanto pulisco la carota dagli sfridi del carotiere, accarezzo la storia di questi luoghi, ascoltandone i racconti.*



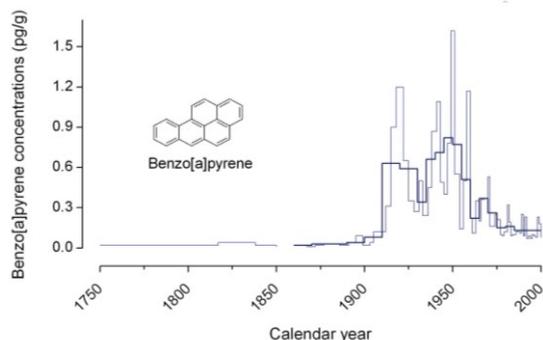
Strato di polveri sahariane conservate nelle profondità del ghiacciaio.

*Bastano alcune ore di lavoro per arrivare ai 20m che, sulla base della datazione preliminare, corrispondono a del ghiaccio di metà degli anni ottanta. Le tracce di un isotopo radioattivo, il Cesio radioattivo ( $^{137}\text{Cs}$ ), ci ricordano della catastrofe di Chernobyl che sconvolse l'Europa nel 1986. Un po' più in profondità, a circa 27m, è la presenza di un altro elemento radioattivo, il Plutonio ( $^{239}\text{Pu}$ ), a testimoniare la follia umana degli esperimenti nucleari in atmosfera condotti tra gli anni cinquanta e sessanta da Russi ed Americani, rispettivamente in Siberia ed Arizona. Evidenza di un pianeta globalizzato, il nostro, e non solo dal punto di vista economico e commerciale.*



Nel grafico in alto le concentrazioni di due elementi radioattivi il Plutonio ( $^{239}\text{Pu}$ ) e il Trizio ( $^3\text{H}$ ) nel periodo compreso tra il 1945 e il 1990. Nel grafico in basso il numero degli esperimenti nucleari effettuati negli anni nel sottosuolo (linea tratteggiata) e in atmosfera (linea continua).

*Ormai è buio, si accendono le luci nella tenda. Anche a queste quote sono tragicamente evidenti gli effetti del riscaldamento climatico e così, con temperature prossime*



Concentrazioni di Benzo[a]pirene, un idrocarburo policiclico aromatico considerato, nel corso degli ultimi 250 anni, un inquinante prioritario dall'European Environment Agency (EEA). Le deposizioni di questo composto sui ghiacciai alpini iniziano a divenire significanti ad inizio '900, con l'aumento delle emissioni derivanti dalle attività industriali per raggiungere il massimo negli anni 50 del secolo scorso. L'implementazione di sistemi di abbattimento delle emissioni ha portato ad una drastica diminuzione nelle deposizioni nel corso degli ultimi decenni. Da notare l'impatto della grande crisi economica globale del 1929.

*allo zero, da giorni dobbiamo sospendere le attività durante le ore più calde, per riprenderle poi all'imbrunire.*

*La testa di perforazione scende e con essa aumenta la profondità. 45m, le prime evidenze dell'impatto derivante dalle emissioni antropiche della seconda rivoluzione industriale di fine '800, testimoniate da un repentino aumento delle concentrazioni di metalli pesanti e idrocarburi aromatici. Un aumento inarrestabile fino agli anni '50-60 quando per molti composti si è arrivati a livelli di concentrazione anche 1.000 volte superiori a quelli caratterizzanti l'epoca preindustriale. L'umanità intera intenta nei primi chilometri di una corsa sfrenata, senza limiti, interrotta solo dalla grande crisi economica, iniziata con quel famoso "black Tuesday" del 1929, con il crollo della borsa di New York. Una brusca frenata della produzione industriale e una conseguente contrazione di deposizione d'inquinanti sui ghiacciai alpini d'alta quota.*

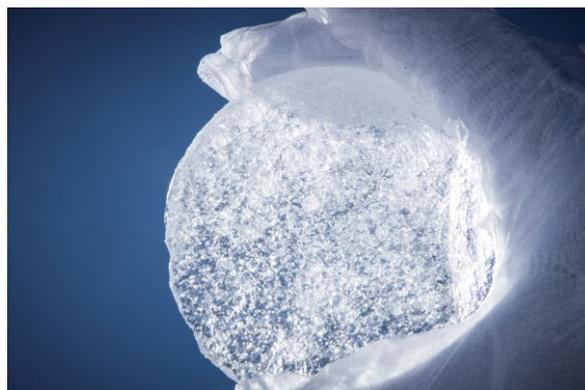


Detriti rocciosi presenti nella parte basale del ghiacciaio; il bedrock (substrato roccioso alla base del ghiacciaio) è ormai vicino!

*Più in basso la Piccola Età Glaciale, a 54m, quel breve periodo freddo Olocenico nel corso del quale, per l'ultima volta, vi è stata un'espansione dei ghiacciai alpini*

*culminata alla fine del '700, raccontata dai profili degli isotopi stabili di Ossigeno ed Idrogeno, formidabili proxy di temperatura.*

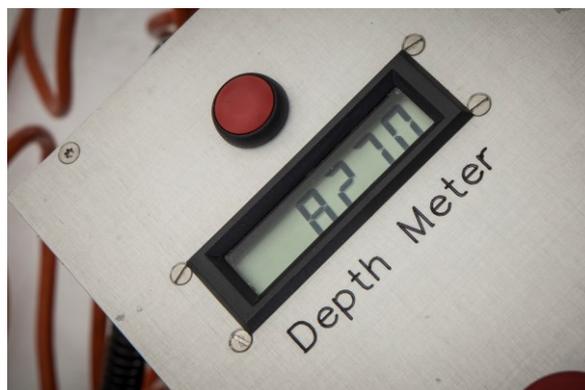
*67m, il Rinascimento e la scoperta dell'America. 71m l'Alto Medioevo. 76m l'Impero Romano con il suo optimum climatico, con temperature comunque inferiori a quelle odierne. I primi segnali di un significativo impatto dell'uomo sull'ambiente circostante, testimoniato da un aumento nelle deposizioni di Piombo e Cadmio derivante dall'attività mineraria in Valsesia e nelle valli d'Anzasca.*



lente di ghiaccio profondo. Le bollicine presenti nel ghiaccio contengono l'aria intrappolata al momento della nevicata. Un'incredibile opportunità per studiarne la composizione dell'atmosfera del passato.

*Il polline incapsulato nel ghiaccio registra l'arrivo delle colture di mais in Europa, così come la diffusione della coltivazione del castagno da parte dei romani, uno dei primi esempi di silvicoltura estensiva.*

*E poi giù, gli uomini dell'età del ferro e del bronzo, i primi agricoltori neolitici e gli ultimi cacciatori mesolitici. Fino a quel ghiaccio giallognolo dell'ultima glaciazione, terminata all'incirca 14.000 anni fa.*



Bedrock raggiunto! In questi 82.70m di ghiaccio è conservata la storia climatica ed ambientale d'Europa nel corso degli ultimi 10000 anni.

*Solo lo stridore dell'acciaio sulla roccia, 82m più in basso, mi ridesta dai miei pensieri. Poche manovre e il verricello inizia a cigolare: il cavo di acciaio si tende e poi si arrotola ordinatamente, recuperando l'ultima sezione di ghiaccio.*



Le temperature diurne troppo miti costringono i ricercatori a sospendere le attività per riprendere la perforazione con il fresco della notte.

*Guardo Theo. Il suo viso è stanco, tirato, ma gli occhi sono luminosi e finalmente un sorriso stempera la tensione delle ultime ore. Nessuno parla in quei minuti interminabili. Poi dal buco di perforazione si intravede il carotiere: eccolo finalmente il ghiaccio più antico delle nostre Alpi! 82 m di ghiaccio, più di 10.000 anni di storia, luoghi, avvenimenti e uomini. La storia delle nostre Alpi, delle nostre montagne e delle nostre genti racchiusa nel ghiaccio, come se i suoi cristalli costituissero le pagine un unico antico manoscritto conservato in una biblioteca ghiacciata. E così, proprio come per una biblioteca in fiamme, anche la scomparsa di un ghiacciaio è una perdita incalcolabile del nostro patrimonio culturale e delle nostre conoscenze”.*

Capire come è cambiato il clima e l'ambiente in passato è fondamentale per fare previsioni per il futuro, per raccontare come la crisi climatica avrà un impatto su di noi. Come riportato negli ultimi rapporti dell'IPCC, (International Panel of Climate Change), nell'ultimo secolo la temperatura media globale è aumentata di circa un grado centigrado e, alle altitudini più elevate, questo valore è quasi il doppio. Le aree montane del nostro pianeta sono infatti particolarmente sensibili ai cambiamenti climatici, tanto da essere considerate delle vere sentinelle dell'attuale riscaldamento globale. A partire dalla seconda metà del XIX secolo, i ghiacciai alpini hanno subito un generale ritiro, quasi continuo, perdendo in media il 60% della loro massa. Entro le fine del secolo, secondo le più recenti simulazioni, si stima un'ulteriore

riduzione delle superfici glaciali compresa tra il 45% e il 90% dell'attuale superficie glaciale. Oltre alle ben note conseguenze in termini di risorsa idrica, ambiente ed ecosistemi alpini, la fusione di un ghiacciaio comporta inoltre la perdita di preziose informazioni sul clima e sull'ambiente del passato. Un passato lungo secoli o millenni, a seconda del ghiacciaio.



precipitazioni liquide a 4450m. Un evento raro, in passato ritenuto pressoché impossibile, ma, purtroppo, sempre più frequente...

Il progetto internazionale **Ice Memory** ([www.icememory.it](http://www.icememory.it)) ha come obiettivo la perforazione dei più significativi ghiacciai montani a livello mondiale attualmente in pericolo di scomparsa, al fine di preservare le informazioni in essi contenute, rendendole disponibili per le generazioni future. In ciascun sito, verranno

estratte almeno due carote di ghiaccio. Di queste, la prima verrà immediatamente analizzata in laboratori specializzati, mentre la seconda verrà trasferita a DomeC, sul plateau Antartico, uno dei luoghi più freddi del pianeta. E lì, come in un santuario, conservata. Un progetto che è una vera e propria missione. Una corsa contro il tempo la cui importanza è stata riconosciuta dall'UNESCO che ha voluto concedere il patrocinio. Quando i nostri ghiacciai saranno compromessi o, addirittura, ormai scomparsi, le informazioni in essi contenute potranno ancora essere decifrate dai futuri ricercatori.

L'Italia, capofila del progetto Ice Memory, assieme ai colleghi francesi (CNRS) e svizzeri (PSI), è impegnata nel reperimento, analisi e trasferimento in Antartide di carote di ghiaccio provenienti sia da ambienti alpini che subpolari. Quella sul Monte Rosa è, dopo quella sul Grand Combin e Calderone (Gran Sasso d'Italia), la terza di una serie di spedizioni finanziate dal MIUR che proseguiranno nei prossimi mesi con i ghiacciai del Kilimanjaro (Tanzania), ultimo scampolo di ghiaccio del continente africano, Holtedhalfonna, alle Isole Svalbard e Marmolada, sulle Dolomiti.

Ma Ice Memory, oltre ad essere un progetto scientifico e di conservazione, è anche un grande laboratorio divulgativo. Un contenitore ideale dentro il quale, parlando di memoria dei ghiacci, si può e si deve poter discutere di tantissimi altri temi quali l'attuale crisi climatica, con le sue cause e i suoi effetti, la sostenibilità ambientale, il rapporto tra uomo ed ambiente, soprattutto in territori tanto eccezionali quanto fragili quanto sono le nostre montagne.

*Autore:*



*Jacopo Gabrieli*

*(Istituto di Scienze Polari – Consiglio Nazionale delle Ricerche)*

## iCOLT: strumento di adattamento per la risorsa idrica in agricoltura

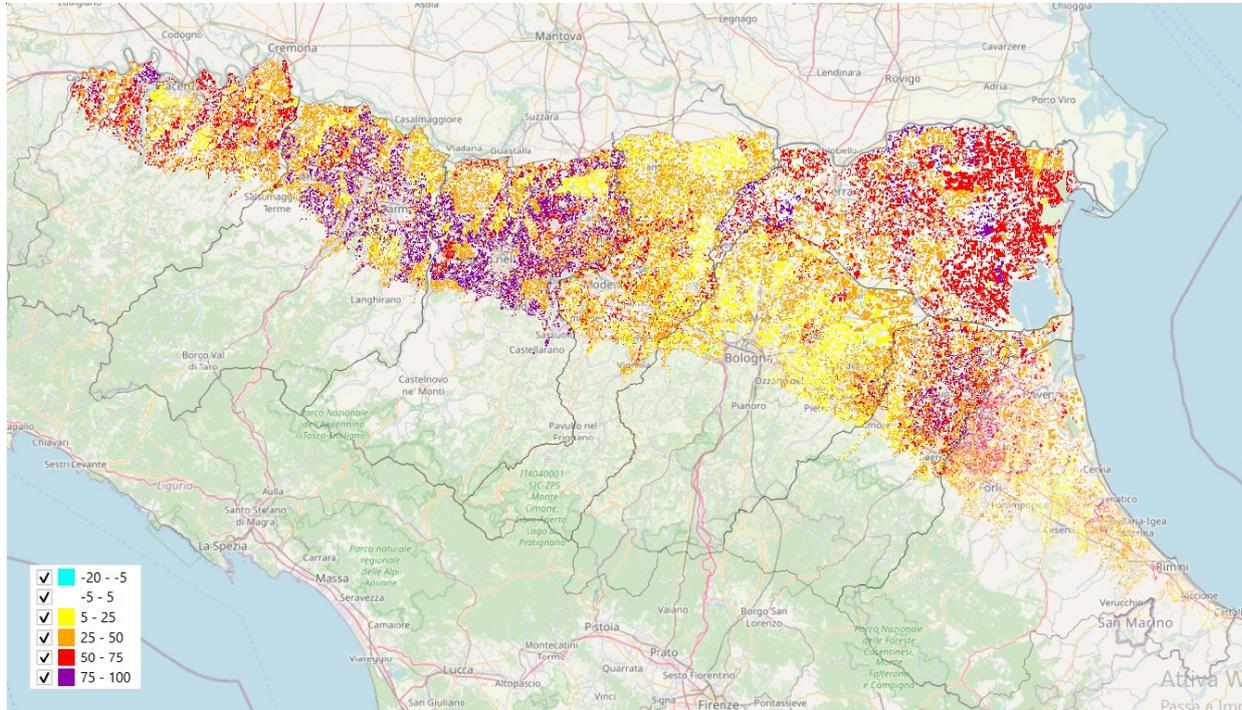


Figura 1: Emilia-Romagna, trimestre giugno-luglio-agosto 2022, anomalia prevista nella richiesta irrigua (mm). L'anomalia è calcolata come la differenza tra il 50° percentile della previsione irrigua stagionale e il 50° percentile delle richieste irrigue nel periodo di riferimento 1991-2020. Unità di misura: millimetri (equivalente a litri su metro quadro).

Il cambiamento climatico in atto, che in generale si manifesta con un innalzamento delle temperature, una modifica del regime delle precipitazioni e con un aumento nella frequenza degli eventi estremi, sta già manifestando effetti negativi sul settore agricolo in Europa.

Inoltre, le modificate condizioni meteo-climatiche hanno un impatto sulla disponibilità di acqua, risorsa cruciale per il settore agricolo soprattutto per una regione come l'Emilia-Romagna che basa molte delle sue produzioni agricole su colture irrigue.

Va infine ricordato che in Emilia Romagna queste condizioni si innescano in un quadro climatico osservato caratterizzato da frequenti condizioni di siccità estiva e da valori climatici negativi di bilancio idroclimatico primaverile ed estivo, stagioni nelle quali si concentrano la maggior parte delle produzioni agrarie.

Ne è prova l'eccezionale siccità 2022, che ha mostrato quanto una corretta gestione della risorsa irrigua sia strategica per affrontare periodi di crisi idrica, che potranno manifestarsi con maggiore frequenza nei prossimi anni.

Tale quadro pone al centro del dibattito l'adattamento al cambiamento climatico, che per essere affrontato in

modo appropriato impone l'introduzione di strumenti che possano fornire informazioni scientificamente robuste per guidare le decisioni in differenti ambiti. Proprio i servizi climatici possono essere uno strumento che può contribuire ad aumentare la resilienza della società ai cambiamenti climatici, in quanto forniscono supporto per migliorare la capacità di adattamento attraverso decisioni informate (Commissione Europea, 2015).

In ARPAE è operativo il servizio climatico operativo **iCOLT** (*Classificazione delle colture in atto tramite Telerilevamento e previsione stagionale dei fabbisogni irrigui*) per la previsione stagionale estiva dei fabbisogni irrigui delle colture, dedicato ai consorzi di bonifica e agli enti regionali al fine di ottimizzare l'uso della risorsa irrigua (Villani et al, 2021).

Tale servizio viene prodotto a partire dalla mappa precoce delle colture in atto, realizzata ogni anno mediante analisi di dati telerilevati Copernicus e dai dati meteorologici previsti, ottenuti disaggregando giornalmente le previsioni stagionali probabilistiche calibrate di alcuni indici climatici, ottenuti mediante la regionalizzazione delle previsioni stagionali di multi-model ensemble Copernicus.

Il flusso di lavoro è così organizzato: nel corso dell'inverno e della primavera le immagini satellitari vengono elaborate per produrre la mappa precoce delle colture in campo, validata con rilievi a terra. Le previsioni di irrigazione vengono elaborate mediante il modello agro-idrologico CRITERIA-1D che viene alimentato con la mappa delle colture, le previsioni stagionali sopra descritte e la mappa dei suoli della regione. Inoltre, il modello viene inizializzato utilizzando serie di dati meteorologici osservati dall'inizio dell'anno fino a fine maggio. La produzione delle previsioni probabilistiche di irrigazione è ottenuta forzando il modello CRITERIA-1D per i successivi 3 mesi estivi con l'ensemble di previsioni meteorologiche stagionali Copernicus.

A fine stagione il modello viene alimentato con i dati meteorologici osservati durante l'estate al fine di ottenere una stima della richiesta irrigua estiva, da utilizzare ai fini della validazione delle previsioni stagionali.

Un esempio di applicazione operativa del servizio è la previsione prodotta a fine maggio per l'estate 2022: è stata elaborata una mappa di previsioni irrigue (Figura 1) che evidenziava fabbisogni irrigui al di sopra della media climatologica per tutti i consorzi e anomalia media regionale di circa +35%.

Questo servizio climatico è stato recentemente affiancato da ulteriori tipologie di previsione irrigua a breve e a medio termine, che hanno diverse finalità a seconda

dell'orizzonte temporale nella gestione della risorsa idrica. In particolare all'interno del progetto Highlander (INEA/CEF/ICT/A2018/1815462), è stata inserita una nuova catena modellistica per la produzione di previsioni irrigue mensili probabilistiche a partire dalle previsioni probabilistiche mensili ECMWF, calibrate utilizzando il metodo EcPoint, che permette di aggiornare la previsione di richiesta irrigua sulle successive quattro settimane nel corso della stagione stessa. L'aggiornamento di questi prodotti è fatto a cadenza settimanale. I prodotti di lungo periodo sono infine affiancati dalle previsioni deterministiche di irrigazione su breve e medio periodo, prodotte giornalmente con orizzonte predittivo settimanale, utilizzando una combinazione di dati previsionali meteo operativi COSMO e ECMWF.

#### Riferimenti bibliografici

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. (2015) A European research and innovation roadmap for climate services.

Villani, G., Tomei, F., Pavan, V., Pirola, A., Spisni, A., & Marletto, V. (2021). The iCOLT climate service: Seasonal predictions of irrigation for Emilia-Romagna, Italy. *Meteorological Applications*, 28(4), e2007.

*Autori:*

*Fausto Tomei, Valentina Pavan, Alessandro Pirola,  
Efthymia Chatzidaki, Giulia Villani*

*(Osservatorio Clima - ARPAE SIMC)*

---

## APPROFONDIMENTO

### Costruire una stazione meteorologica: Parte IV – Archiviamo i dati, e, parliamo un attimo di loro

#### 1. Introduzione

Finalmente! E, grazie ancora a tutte e tutti. Siamo proprio all'ultima puntata.

Nella scorsa puntata abbiamo visto come si può, partendo dai dati "grezzi", calcolare le loro "medie" (in senso esteso) e ad includere altre statistiche utili come ad esempio la deviazione standard.

Calcolare e basta, però, lo ammetterete, non dà una gran soddisfazione: sarebbe molto interessante potere archiviare i dati in modo permanente, in modo da poterli poi studiare.

#### 2. Archiviare, dunque

Nella puntata precedente abbiamo veduto il programma della stazione completo delle funzioni per il calcolo delle medie e delle deviazioni standard. In questa, lo completeremo con le funzioni di scrittura.

Prima, però, dobbiamo decidere *dove* scrivere.

Le macchine della serie Arduino e compatibili ci danno diverse possibilità. Ad esempio, volendo, potremmo spedire i dati su *cloud*, oppure verso una qualche destinazione della rete WiFi di casa, se ce l'abbiamo: possibilità molto "moderne", tecnologicamente avanzate, e come spesso accade dipendenti dall'esistenza e dal buon funzionamento di una qualche infrastruttura, nel caso specifico un collegamento a Internet.

In questa sede adotteremo un approccio forse meno "stiloso", un po' più antico, ma non troppo affamato di risorse, almeno in apparenza: registreremo i dati elaborati su una MicroSD.

Ho detto "in apparenza", e non me ne pento. ☺ Le MicroSD, che siamo abituate e abituati ad incontrare per archiviare musica, filmati e video nei nostri telefoni cellulari, ci vengono vendute come "memorie", caratterizzate solo dalla taglia e dalla velocità. Ed in effetti quello sono...anche. Nella realtà sono a loro volta minuscoli computer, dotati di un loro microscopico sistema operativo: è quello che, interfacciato in modo

opportuno ad un elaboratore più grande, si incarica di eseguire la lettura o la scrittura delle informazioni.

Il "*nanocomputer*" a bordo delle MicroSD, quindi, parla con una memoria. Sì, ma di quale tipo? Deve essere permanente, e cioè anche in assenza di alimentazione. Le tecnologie di memorie permanenti oggi in uso sono piuttosto varie, ma una in particolare si distingue per bassi costi e, volendo, alti volumi di dati: la *flash*.

Come tutte le memorie permanenti, le *flash* hanno un difetto: possono essere scritte solo un numero limitato di volte. Decine, centinaia di migliaia, e quindi dov'è il problema, visto che noi le registreremo al massimo qualche decina, qualche centinaio di volte?

Il problema è che il computerino a bordo della MicroSD fa cose in parte sconosciute con i nostri dati: li suddivide in blocchi, sceglie i blocchi di *flash* da scrivere, tenta di scrivere, se non ci riesce sceglie un altro blocco e riprova, eccetera. Il tutto in modo velocissimo, inavvertibile. Ma nondimeno presente. E così possiamo dare per scontato che quella che a noi sembra una singola scrittura in realtà possa comportare molte scritture fisiche.

Con le MicroSD c'è un altro aspetto da considerare. Il loro caso d'uso di progetto, cioè l'applicazione per la quale sono state concepite e realizzate, è quello di operare entro una macchina fotografica od un cellulare: in questo tipo di oggetti è possibile aggiungere o togliere la MicroSD soltanto a sistema spento. Nel caso della nostra stazione, in linea teorica, potremmo togliere la MicroSD in qualunque momento e, per esempio, proprio mentre la stazione ci sta scrivendo dei dati.

Se ciò dovesse accadere...

Be': povera MicroSD. Se tutto va bene (cosa non garantita), la MicroSD incasserà un piccolo guasto che il suo computerino riuscirà a mascherare.

Ma sappiamo che, nella tecnica, appena diamo la possibilità a qualcosa di andare storto, questa lo farà, con pervicace determinazione. E può benissimo accadere che la MicroSD si corrompa al punto da non essere più scrivibile. O, addirittura, leggibile<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Nel caso, non tutte le speranze sono perdute. Si può sempre tentare una ri-formattazione della MicroSD con il programma "SD Card Formatter" che, se il sistema operativo del computerino della MicroSD è stato realizzato in conformità alle specifiche delle SD Card (cosa auspicabile, ma non garantita a priori – questo Mondo in effetti è una giungla), e se il guasto non è troppo grave, riesce spesso

Per questa ragione è utile prevedere un qualche modo che ci impedisca di sfilare la MicroSD durante un atto di scrittura: un *pulsante di fine acquisizione*. Con un bel LED che, accendendosi, possa dirci “OK, sfila pure la MicroSD”.

Naturalmente un sistema di questo tipo è molto vulnerabile agli errori umani: nulla vieta che l’utente, al giusto momento, *non* prema il pulsante. A questo punto ci sarebbe moltissimo da aggiungere nella direzione delle applicazioni *fail-safe*, ma, per quanto il mio cuore batta lì<sup>1</sup>, eviterò (per questa volta 😊) di farlo: insieme, immagineremo il nostro utente (cioè, *noi*) roboticamente attento.

Ultimissimo suggerimento: le MicroSD sono disponibili in molte taglie, ma quelle che Arduino apprezza di più sono le piccole. State, quindi, al di sotto dei 32 GByte (già con 4 GByte avreste spazio per una vita di esperimenti).

A questo punto possiamo vedere il programma in versione finale.

```
#include <BufferedPrint.h>
#include <FreeStack.h>
#include <MinimumSerial.h>
#include <RingBuf.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>

// Basic code for reading Humidity and Temperature
// from HTS221, tested on an
// Arduino MKR ZERO
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_HTS221.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>

// For SPI mode, we need a CS pin
#define HTS_CS_OBS 6
#define HTS_CS_MOD 7
// For software-SPI mode we need SCK/MOSI/MISO pins
#define HTS_SCK 9
#define HTS_MISO 10
#define HTS_MOSI 8

// MicroSD reader
const int chipSelect = SDCARD_SS_PIN;
File logfile;

// Buttons and LEDs
const int sdCardButton = 6;
const int led = LED_BUILTIN;
int sdReleaseState = -1;

unsigned long int time_ms;

Adafruit_HTS221 hts_0;
Adafruit_HTS221 hts_1;

// Application data
float rAvgRh1;
float rAvgT1;
float rAvgRh2;
float rAvgT2;
```

```
float rStdRh1;
float rStdT1;
float rStdRh2;
float rStdT2;

// Scheduling-related
long int deltaTime;
long int oneSecond = 1000L;
long int fiveSeconds = 5000L;
long int currentTime;
unsigned long int previousMillis = 0L;

unsigned long int numIteration = 0L;

// Try max SPI clock for an SD. Reduce SPI_CLOCK if
// errors occur.
#define SPI_CLOCK SD_SCK_MHZ(50)

#define dbgAssert(e) ((e) ? (void)0 : error("assert
" #e))

// *****
// * Auxiliary functions *
// *****

// Communicate an error through blink
void error(uint8_t errno) {
    while(1) {
        uint8_t i;
        for(i=0; i<errno; i++) {
            digitalWrite(led, HIGH);
            delay(100);
            digitalWrite(led, LOW);
            delay(50);
        }
        for(i=errno; i<10; i++) {
            delay(200);
        }
    }
}

// Communicate the wait status before SD card start
void waitBeforeSD(void) {
    for(int i=0; i<5; i++) {
        digitalWrite(led, HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(led, LOW);
        delay(100);
    }
}

// Communicate the completion of a write
void dataWritten(void) {
    digitalWrite(led, HIGH);
    delay(200);
    digitalWrite(led, LOW);
}

void readData(const int iNumData, const long int
iWait = 200L) {

    // Initialize data
    sensors_event_t temp_0;
    sensors_event_t humidity_0;
    sensors_event_t temp_1;
    sensors_event_t humidity_1;
    float rAvgRh1_pre;
    float rAvgRh2_pre;
    float rStdRh1_pre;
```

a recuperare la situazione. Comunque, già che ci siete, incrociate le dita: a stretto rigore non serve a nulla, ma almeno fa stare meglio 😊.

<sup>1</sup> Da piccola ho lavorato qualche anno in un centro di ricerca dell’ENEL, e lì, intorno al 1992, ho avuto la fortuna di partecipare alla costruzione e dirigere per qualche tempo, sino al 1993, il primo servizio di prove di “sistemi elettronici programmabili per applicazioni *safety-critical*”. Credo che Lina Wertmüller avrebbe apprezzato tantissimo questo titolone. Poi la Ditta ha deciso che forse non era il caso di proiettare nel duro mondo delle applicazioni pericolose un’energia a detta della direzione troppo “materna”, ed ha pensato bene di affidare la patata bollente (anche un bel po’ radioattiva) ad un collega-lui decisamente meno “materno” ma, povera stella, del tutto ignaro del guaio megagalattico che gli era toccato. *Sic transit gloria Mundi.* 🌪

```

float rStdRh2_pre;
float rAvgRh1_post;
float rAvgRh2_post;
float rStdRh1_post;
float rStdRh2_post;
float rAvgT1_pre;
float rAvgT2_pre;
float rStdT1_pre;
float rStdT2_pre;
float rAvgT1_post;
float rAvgT2_post;
float rStdT1_post;
float rStdT2_post;

// Start accumulation of mean and standard
deviations
hts_0.getEvent(&humidity_0, &temp_0);
rAvgRh1_pre = humidity_0.relative_humidity;
rAvgT1_pre = temp_0.temperature;
hts_1.getEvent(&humidity_1, &temp_1);
rAvgRh2_pre = humidity_1.relative_humidity;
rAvgT2_pre = temp_1.temperature;
rStdRh1_pre = 0.f;
rStdT1_pre = 0.f;
rStdRh2_pre = 0.f;
rStdT2_pre = 0.f;

// Accumulate the remaining samples
for(int i = 2; i <= iNumData; i++) {

    // Force interdata delay
    delay(iWait);

    // Gather elementary data
    hts_0.getEvent(&humidity_0, &temp_0);
    float RelH_0 = humidity_0.relative_humidity;
    float Temp_0 = temp_0.temperature;
    hts_1.getEvent(&humidity_1, &temp_1);
    float RelH_1 = humidity_1.relative_humidity;
    float Temp_1 = temp_1.temperature;

    // Update counters (using the mean and stddev
    recurrences in D.E. Knuth,
    // "The Art of Computer Programming", vol.2,
    "Seminumerical algorithms",
    // page 216)
    rAvgRh1_post = rAvgRh1_pre + (RelH_0 -
rAvgRh1_pre) / (float)i;
    rAvgT1_post = rAvgT1_pre + (Temp_0 -
rAvgT1_pre) / (float)i;
    rAvgRh2_post = rAvgRh2_pre + (RelH_1 -
rAvgRh2_pre) / (float)i;
    rAvgT2_post = rAvgT2_pre + (Temp_1 -
rAvgT2_pre) / (float)i;
    rStdRh1_post = rStdRh1_pre + (RelH_0 -
rAvgRh1_pre) * (RelH_0 - rAvgRh1_post);
    rStdT1_post = rStdT1_pre + (Temp_0 -
rAvgT1_pre) * (Temp_0 - rAvgT1_post);
    rStdRh2_post = rStdRh2_pre + (RelH_1 -
rAvgRh2_pre) * (RelH_1 - rAvgRh2_post);
    rStdT2_post = rStdT2_pre + (Temp_1 -
rAvgT2_pre) * (Temp_1 - rAvgT2_post);
    rAvgRh1_pre = rAvgRh1_post;
    rAvgT1_pre = rAvgT1_post;
    rAvgRh2_pre = rAvgRh2_post;
    rAvgT2_pre = rAvgT2_post;
    rStdRh1_pre = rStdRh1_post;
    rStdT1_pre = rStdT1_post;
    rStdRh2_pre = rStdRh2_post;
    rStdT2_pre = rStdT2_post;

}

// Render final results
rAvgRh1 = rAvgRh1_pre;
rAvgT1 = rAvgT1_pre;
rAvgRh2 = rAvgRh2_pre;
rAvgT2 = rAvgT2_pre;
rStdRh1 = sqrt(rStdRh1_pre / (iNumData - 1));
rStdT1 = sqrt(rStdT1_pre / (iNumData - 1));
rStdRh2 = sqrt(rStdRh2_pre / (iNumData - 1));
rStdT2 = sqrt(rStdT2_pre / (iNumData - 1));
};

void setup(void) {

    Serial.begin(115200);

    delay(2000);

    // Try to initialize!
    if (!hts_0.begin_SPI(HTS_CS_OBS, HTS_SCK,
HTS_MISO, HTS_MOSI)) {
        Serial.println("Failed to find base HTS221 '0'
chip");
        while (1) { delay(10); }
    }
    if (!hts_1.begin_SPI(HTS_CS_MOD, HTS_SCK,
HTS_MISO, HTS_MOSI)) {
        Serial.println("Failed to find derived HTS221
'1' chip");
        while (1) { delay(10); }
    }

    // Give the HTS221s some time to settle
    delay(1000);

    // Print header (useful when processing data)
    Serial.println("");
    Serial.println("Time, Avg.RH.A, Avg.RH.B,
Std.RH.1, Std.RH.2");

    // Initialize the SD.
    waitBeforeSD();
    if (!SD.begin(SDCARD_SS_PIN)) {
        Serial.println("MicroSD initialization
failed!");
        error(1);
    }

    // Find next campaign file
    char filename[15];
    for (int i = 0; i < 32767; i++) {
        sprintf(filename, "%8.8d.CSV", i);
        // create if does not exist, do not open
existing, write, sync after write
        if (!SD.exists(filename)) {
            Serial.print("New data file: ");
            Serial.println(filename);
            break;
        }
    }
    logfile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
    if(!logfile) {
        Serial.println("file open failed");
        error(2);
    }
    logfile.println("Time_Stamp, RelH1, RelH2,
Sd_RelH1, Sd_RelH2, Temp1, Temp2, Sd_Temp1,
Sd_Temp2");
    Serial.print("MicroSD card connected, and new
mission file ");
    Serial.print(filename);
    Serial.println(" created: starting normal data
acquisition");

    // Time-related variables
    currentTime = 0L;
}

void loop() {

    // Check card can be removed
    if(digitalRead(sdCardButton) == 0) {
        Serial.println("Ready to remove SD card");
        logfile.close();
        digitalWrite(led, HIGH);
        while(true);
    }

    unsigned long currentMillis = millis();
    if(currentMillis - previousMillis >= fiveSeconds)
    {

        numIteration++;
    }
}

```

```

previousMillis = currentMillis;

// Gather data from the two sensors
readData(10, 200L);

// Write data
time_ms = millis();
Serial.print(numIteration); Serial.print(",
Rh1=");
Serial.print(rAvgRh1); Serial.print(", Rh2=");
Serial.print(rAvgRh2); Serial.print(",
StdRh1=");
Serial.print(rStdRh1); Serial.print(",
StdRh2=");
Serial.println(rStdRh2);

logfile.print(currentMillis / 1000L);
logfile.print(",");
logfile.print(rAvgRh1);
logfile.print(",");
logfile.print(rAvgRh2);
logfile.print(",");
logfile.print(rStdRh1);
logfile.print(",");
logfile.print(rStdRh2);
logfile.print(",");
logfile.print(rAvgT1);
logfile.print(",");
logfile.print(rAvgT2);
logfile.print(",");
logfile.print(rStdT1);
logfile.print(",");
logfile.print(rStdT2);
logfile.flush();
dataWritten();

}

delay(5000);
}

```

### 3. Dati, Dati, Dati!

Ora, tutto bene, abbiamo visto nelle puntate precedenti ed attuale l'*hardware* ed il *software* della stazione. E con questo, spero di avervi trasmesso qualcosa, per quanto piccolo, della mia attività di progettista di sistemi *embedded*.

Ma la cosa che ci interessa, in realtà, sono i dati.

E qui, faccio una piccolissima digressione delle mie. La stazione che abbiamo messo a punto insieme è a tutti gli effetti un sistema *embedded*. Che, tradotto, vorrebbe significare qualcosa come "incorporato".

Incorporato, in che? Di solito, in un sistema che "fa cose" anche importantissime, o magari banali, come per esempio decidere se avviare automaticamente il condizionatore.

Nel nostro caso, il sistema si limita a raccogliere dati: è un registratore, e non è collegato a nessun "attuatore" che possa essere pilotato a sproposito. Bene. Tanto meglio per noi.

Ma come tutti i sistemi *embedded*, anche il nostro ha una prerogativa che, se ci pensiamo, è un po' inquietante: opera, senza (quasi) intervento umano. E meglio funziona,

meno si fa notare. Idealmente, una volta avviato sparisce dal nostro radar, ma non smetterà per questo di condizionare (si spera in bene) le nostre vite.

Ho detto che la nostra stazione "si limita a raccogliere dati". Ma ho fatto apposta ad omettere un dettaglio critico: i dati li raccoglie sì, ma quelli *elaborati*!

Per arrivarci fa cose che sono scritte nel programma che ho incluso. Ma nel caso di una vera stazione meteorologica, di quelle che si comprano, il *software* è un segreto industriale, e dunque a stretto rigore noi *non sappiamo nulla* di come siano calcolate le letture "medie".

Chi costruisce stazioni-che-si-vendono di regola sa il fatto suo, quindi possiamo scegliere di fidarci, e non sbagliaremo (troppo).

Ma se i dati servissero, che so, per una valutazione d'impatto ambientale o per un paper accademico, be', allora avremmo ogni diritto di capire e sapere che cosa c'è dietro. In casi come questo, personalmente ritengo il carattere open source dell'*hardware* e del *software* davvero importanti ed utili, sia sul piano etico che su quello pratico.

I sistemi *embedded*, nella loro invisibilità, portano con sé un aspetto interessante, cui la nostra stazione non si sottrae: portano con sé sia l'agenda di chi li ha progettati (la Patrizia Favaron, nel caso), che *di chi ha realizzato le componenti*.

Alla prima potete chiedere. Ai secondi... Qui è utile conoscere un dettaglio importante su come funziona l'ingegneria dei sistemi elettronici "moderni". Anni fa, non tantissimi, i mestieri dei progettisti *hardware* e *software* erano distinti e *molto* specialistici. I circuiti integrati c'erano già, ma di tipo per così dire stupido, da interfacciare con complessi bus paralleli e un mare di circuiteria analogica. Oggi, chip come le HTS221 (o le stesse MicroSD) hanno una propria intelligenza, cioè un micro-controllore che qualcuno ha programmato. Sono divenuti davvero comodissimi da interfacciare. Ma adesso la Patrizia Favaron di turno tenderà ad occuparsi sia dell'*hardware* che del *software*, con però una visibilità – soprattutto sull'*hardware* – limitata a ciò che il suo costruttore ha scelto di rendere pubblico.

Se vogliamo, oggi, la differenza maggiore tra un progettista di professione (per esempio me) ed un amatore è che il primo ha accesso a informazioni normalmente nascoste al pubblico, ed il secondo no. Per avere accesso a quelle informazioni dovrà sottoscrivere accordi di *non-disclosure*, legalmente impegnativi, e che di regola sono concessi solo a chi dia un minimo di garanzie tecniche<sup>1</sup> (io l'ho fatto). Ma chi non abbia questo livello di

<sup>1</sup> Per esempio che si impegni a usare i chip in questione nei suoi progetti...

accesso, diciamo noi in veste di amatori, non ha alcuna speranza di conoscere il reale funzionamento dei dispositivi.

Se non *facendo prove*.

Che è ciò che faremo adesso, limitatamente alle misure di temperatura e umidità della HTS221, ed all'aspetto (almeno quello! 😊) del "rumore".

Quelli che vediamo nella Figura 1 sono i grafici degli andamenti delle temperature e umidità grezze raccolte dalle due HTS221 del sistema nell'arco di alcune ore di acquisizione, in ambiente *indoor*.

Santa peppola. Un bel guazzabuglio?!

E però possiamo distinguere andamenti che si copiano da un sensore all'altro: non esattamente identici (buon segno!), ma con eguale aspetto generale.

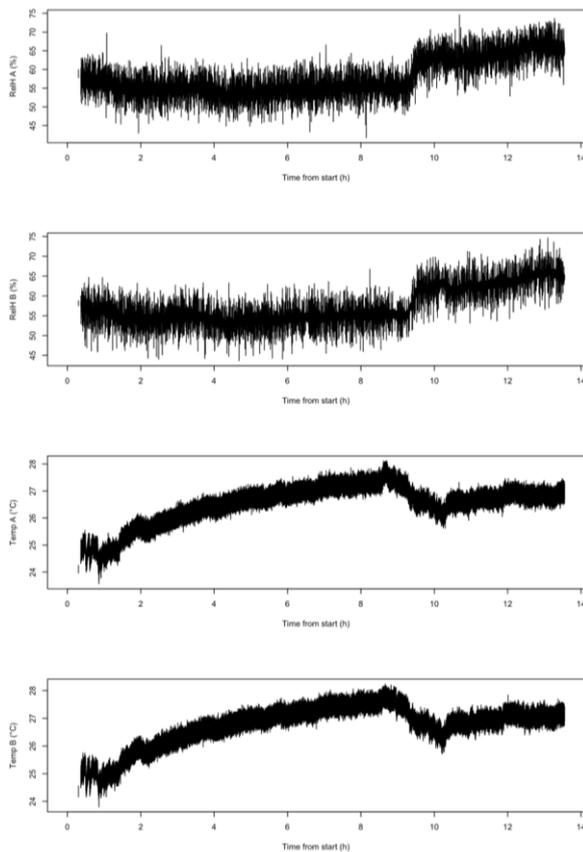


Figura 1. Andamento delle temperature e umidità relative dalle due HTS221

Notiamo, anche, un'altra cosa. Tutte le acquisizioni, ottenute programmando le HTS221 in modo da adottare la minima mediazione possibile per i dati grezzi, mostrano una banda di variazione di ampiezza diversa (differente per umidità e temperatura).

Stiamo vedendo casi di "serie temporali stazionarie in senso debole di ordine 1"<sup>1</sup>?

Prima di cercare di dimostrarlo o smentirlo, provo a dire una cosa spero interessante. Fluttuazioni di breve periodo simili a quelle che vediamo in Figura 1 sono dovute alla turbolenza. Nel caso, però, gli scostamenti dalla "media" sono ben poco uniformi, ed il segnale (che si desidererebbe stazionario) stazionario non è. Fluttuazioni, invece, stazionarie suggeriscono un'altra origine: il *rumore elettrico*.

Il rumore elettrico è una delle manifestazioni visibili dell'incertezza di misura, e può benissimo, per un dato sensore, dipendere dalle condizioni esterne di misura. In particolare, dalla temperatura e dal quantitativo di vapore acqueo – le stesse grandezze che vogliamo misurare. Ma per fortuna i cambiamenti osservati sono piccoli, così tanto da non indurre cambi troppo grandi nella dispersione dei dati.

Come valutare la "media" di un segnale rumoroso come quelli che abbiamo veduto? Un approccio è senz'altro quello che abbiamo adottato nella terza puntata, usando medie a blocchi.

Ma abbiamo anche un'altra possibilità: far passare i valori misurati attraverso un "filtro".

Un filtro digitale molto popolare, e operante nel dominio del tempo, è l'operatore auto-regressivo di ordine 1. Che detto così parrebbe una parolaccia, ma che nasconde in realtà un concetto molto semplice.

In pratica: supponiamo di disporre di un segnale campionato a tempo discreto,

$$\{x_i\}_{i=1}^n$$

e consideriamo la successione

$$\{y_i = \beta x_i + (1 - \beta)y_{i-1}\}_{i=1}^n$$

Dove

$$0 < \beta < 1$$

e

$$y_1 = x_1$$

I valori  $y_i$  rappresentano una versione "liscia" di  $x_i$ , tanto più liscia quanto maggiore è il valore di  $\beta$ , e rappresentano una specie di "media istantanea". Una volta che l'abbiamo calcolata, possiamo sottrarla al segnale originario ottenendo così il residuo,

$$x'_i = x_i - y_i$$

<sup>1</sup> In un segnale stazionario di ordine  $n$  i momenti sino all'ordine  $n$  di mantengono uguali traslando il segnale di  $n$  campioni, avanti o indietro.

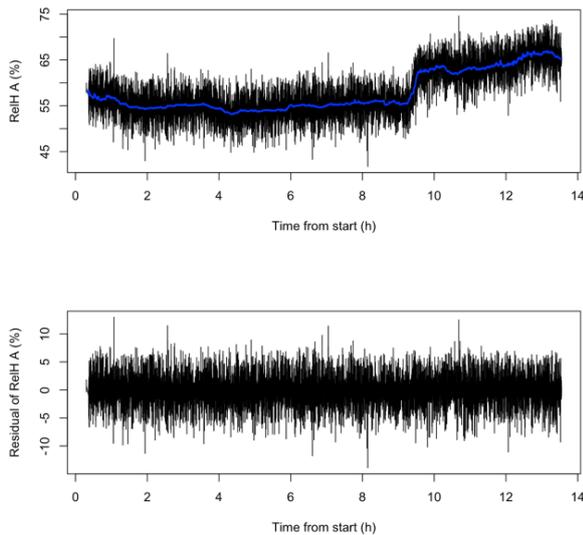


Figura 2. "Media" del segnale originale (in alto in blu) e residuo (in basso) dell'umidità relativa rilevata dal sensore A

In Figura 2 vediamo media e residuo dell'umidità relativa del sensore A.

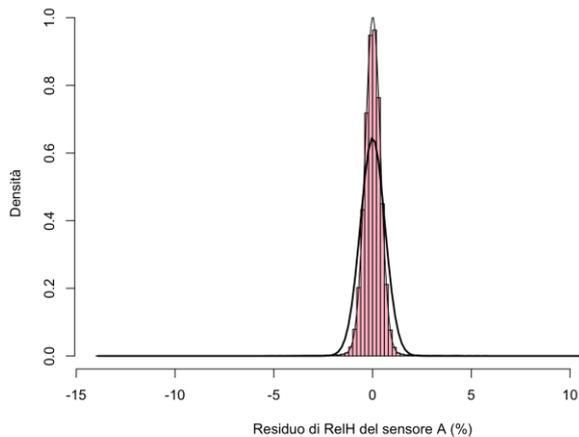


Figura 3. Istogramma dei residui dell'umidità relativa del sensore A (Linea sottile: stima della funzione densità empirica; linea spessa: densità normale di egual media e deviazione standard del residuo.

Ad occhio il residuo sembra assomigliare ad una serie temporale stazionaria di ordine 1 (e di più non diremo, per non cacciarci in inutili guai numerici). Ma anche senza fare test particolarmente sofisticati possiamo dire qualcosa

guardando anche solo la distribuzione dei residui. Che vediamo in Figura 3.

Interessante: l'istogramma è simmetrico rispetto all'origine (e la media dei residui, 0.0018, è infatti praticamente nulla). La forma della funzione densità, però, è più appuntita di una vera densità normale.

Ad esperienza posso dirvi (e fareste bene a *non* fidarvi) che le fluttuazioni che vediamo nei residui non hanno nulla a vedere con la turbolenza (nel qual caso asimmetrie e piuttosto che densità molto "piatte" sono la regola). Il che, per esclusione, lascia pensare al rumore.

#### 4. Conclusioni, e commiato (per il momento)

Eccoci, finalmente, con un po' di dati raccolti in mano (un interessante inizio), e una conferma: la cosa interessante non sono le letture istantanee dei sensori, ma le loro medie. Che a priori potremmo calcolare in molti modi, e che nel caso del nostro programma abbiamo scelto di valutare "a blocchi".

Volendo, potremmo andare oltre. Aggiungere, chissà, dei sensori. Oppure, lanciarsi in un trattamento dati a bordo stazione ancora più sofisticato: il limite, è solo la fantasia.

Spero che questi nostri incontri per interposti racconti tecnici vi siano stati graditi e (soprattutto?!) di stimolo. Sarò felicissima di risentirvi, magari come concorrenti. Nel caso, mi trovate a questo indirizzo: [patti.favaron@gmail.com](mailto:patti.favaron@gmail.com).

Buona vita, pace, prosperità, e felici esplorazioni!



Autore: Patrizia Favaron

## BULLETIN OF ATMOSPHERIC SCIENCE AND TECHNOLOGY



Si segnala che sul *Bulletin of Atmospheric Science and Technology*, rivista ufficiale AISAM, è stata aperta una **Topical Collection** dal titolo “**AISAM Conferences and Workshops**” che raccoglierà i contributi scientifici provenienti da conferenze e attività dell’associazione:

“*In this collection, BAST regularly and continuously publishes content that has been presented at one of the official conferences or workshops held by the Italian Association of Atmospheric Sciences and Meteorology (AISAM). The society herewith aims at providing a broad platform of excellent science originating from or presented to the AISAM community*”.

Gli autori degli abstract sottomessi al 4° Congresso Nazionale AISAM, se lo desiderano, possono già sottomettere i loro contributi seguendo le istruzioni al seguente link:

<https://link.springer.com/collections/jbhgibicai>.

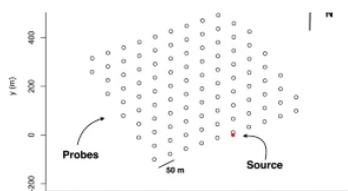
I soci *Michele Brunetti, Valentina Colaiuda, Silvio Davolio* e *Giacomo Gerosa* saranno gli Editor che cureranno questa importante collezione

Si segnalano i seguenti articoli, recentemente pubblicati ed accessibili dal sito del *Bulletin of Atmospheric Science and Technology*:



Vasileios D. Sakalis: *Observing temperature reliably using passively ventilated radiation shields and a regression-based method to improve accuracy.*

<https://link.springer.com/article/10.1007/s42865-022-00046-z>



E. Ferrero, S. Alessandrini, S. Meech, C. Rozoff: *A 3D Lagrangian stochastic particle model for the concentration variance dispersion.* OPEN ACCESS.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s42865-022-00045-0>

Per chi volesse rimanere sempre aggiornato, ricordiamo infine che al seguente link

<https://www.springer.com/alerts-frontend/subscribe?journalNo=42865>

è possibile attivare un servizio di *alert*, che avvisi sulle nuove pubblicazioni del *Bulletin of Atmospheric Science and Technology*.

## SEZIONE PROFESSIONISTI

### Workshop PREVISORI RICERCATORI Tavola rotonda su eventi meteorologici ad alto impatto

Il 27 settembre la **Sezione Professionisti di AISAM** e **ItaliaMeteo** organizzano a Bologna, nella sede RAI di Via della Fiera, un giorno di workshop tra previsori operativi e ricercatori/modellisti per la discussione di casi studio selezionati per il loro alto impatto o difficoltà previsionale.

Il workshop proposto ha l'obiettivo di creare un'occasione di **confronto e scambio di conoscenza tra due comunità professionali** che spesso analizzano gli stessi fenomeni meteorologici o i singoli eventi con strumenti e tempistiche diverse. Da un lato, la comunità dei meteorologi operativi ha una casistica ampia ma tempi di analisi e verifica spesso molto ristretti, con rare occasioni di approfondimento sulla dinamica atmosferica che può avere determinato l'evoluzione fenomenologica nei singoli casi. Dall'altro, la comunità di ricerca può meglio sopperire a tale mancanza, avendo le conoscenze, l'interesse e gli strumenti (tempi più lunghi e analisi su modelli e dati non disponibili in sala operativa) per fornire un quadro più completo dei fattori determinanti per l'evoluzione atmosferica dei singoli episodi. A ciò si aggiunge il fatto che rare sono le occasioni di confronto tra personale appartenente a differenti enti operativi, che spesso si trovano ad affrontare previsioni di eventi simili senza poter beneficiare dell'esperienza e del know-how conoscitivo e strumentale maturato da colleghi in strutture diverse.

Per raggiungere questo obiettivo la giornata è strutturata con **pochi interventi ad invito** che vadano a delineare un caso studio, una tipologia di fenomeni atmosferici, o specifici strumenti modellistici. A seguito della descrizione del caso/casi è lasciato **ampio spazio a interventi di approfondimento e discussione**: uno scambio di esperienze per i previsori su quali predittori sono utilizzati operativamente e con quanto profitto, un confronto e scambio di conoscenze con gli enti ed i gruppi di ricerca che hanno studiato o che si renderanno disponibili ad approfondire i temi proposti.

Il programma del workshop è strutturato come segue:

ORA	TEMA	CONDIRETTORE
10:00 - Apertura	Apertura	AISAM, ItaliaMeteo, Dino Zardi, Carlo Cacciamani
10:15 - Introduzione	Introduzione	Barbara Turato, Marcello Miglietta
10:30 - Over(shooting) the top? Supercelle et al., attese e disattese	Over(shooting) the top? Supercelle et al., attese e disattese	Arturo Pucillo, ARPA FVG
11:30 - Simulazioni di casi di tromba marina sulla costa toscana.	Simulazioni di casi di tromba marina sulla costa toscana.	Valerio Capecci, LAMMA Toscana
12:30 - 14:00	Pausa Pranzo	
14:00 - Le precipitazioni eccezionali che hanno caratterizzato l'evento del 4 ottobre 2021: quali cause?	Le precipitazioni eccezionali che hanno caratterizzato l'evento del 4 ottobre 2021: quali cause?	Barbara Turato, ARPA Liguria
15:00 - 15:30	Coffee Break	
15:30 - Ruolo dei prodotti di Ensemble ad alta risoluzione nella previsione degli eventi di precipitazione intensa.	Ruolo dei prodotti di Ensemble ad alta risoluzione nella previsione degli eventi di precipitazione intensa.	Pier Paolo Alberoni, ARPA Emilia Romagna
16:30 - Utilizzo dei modelli numerici ad altissima risoluzione per la previsione di eventi meteorologici.	Utilizzo dei modelli numerici ad altissima risoluzione per la previsione di eventi meteorologici.	Magg. Francesco Sudati, Servizio Meteorologico Aeronautica Militare
17:30 - Conclusioni e chiusura	Conclusioni e chiusura	

Questo il **programma**:

10:00 – 10:30 Apertura: AISAM, Italia Meteo (Carlo Cacciamani, Dino Zardi);  
Introduzione: Barbara Turato, Marcello Miglietta

10:30 – 11:30 Arturo Pucillo ARPA FVG: Over(shooting) the top? Supercelle et al., attese e disattese

11.30 – 12:30 Valerio Capecci, LAMMA: Simulazioni di casi di tromba marina sulla costa toscana.

12:30 – 14:00 Pausa pranzo

14:00 – 15:00 Barbara Turato, ARPA Liguria: Le precipitazioni eccezionali che hanno caratterizzato l'evento del 4 ottobre 2021: quali cause?

15:00 - 15:30 – Coffee break

15:30 – 16:30 Pier Paolo Alberoni, ARPA Emilia Romagna: Ruolo dei prodotti di Ensemble ad alta risoluzione nella previsione degli eventi di precipitazione intensa.

16:30 – 17:30Magg. Francesco Sudati, Servizio Meteorologico Aeronautica militare: Utilizzo dei modelli numerici ad altissima risoluzione per la previsione di eventi meteorologici ad elevato impatto sull'Italia: casi di studio e sviluppi futuri.

17:30 - Conclusioni e chiusura

La giornata di discussione potrà anche essere seguita online al link <https://meet.goto.com/658249789>.

Per maggiori informazioni si veda il link: <http://workshop.aisam.eu/index.html>.

Il Comitato di Ammissione e Controllo

## LA PROCLAMO DOTTORE...

*AISAM si congratula con i neo-laureati/dottorati....e che una nuova avventura abbia inizio!*

### Analisi ad alta risoluzione spazio-temporale di eventi grandinigeni nel bacino del Mediterraneo mediante una nuova tecnica satellitare ibrida multisensore



Dott. Federico Verni

*Alma Mater Studiorum - Università degli studi di Bologna*

*Laurea Magistrale in Fisica del Sistema Terra*

Relatore: *Prof. Vincenzo Levizzani*

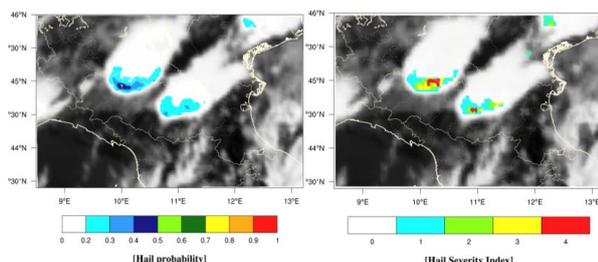
Co-Relatori: *Dott. Sante Laviola; Dott. Giulio Monte; Dott. Massimo Guarascio*

Anno Accademico 2021/2022

#### Abstract

Negli ultimi anni stanno aumentando osservazioni e testimonianze relative a manifestazioni temporalesche molto violente, spesso caratterizzate da grandine di notevole dimensione che rappresenta la causa principale di pericolo per le persone e di danni anche ingenti al comparto agricolo, infrastrutturale e alle automobili. Tutti questi aspetti si traducono successivamente in una serie di effetti e ricadute importanti che si verificano a livello sociale ed economico.

In questo lavoro di tesi viene presentata una nuova tecnica meteorologica denominata “*Multi-sensor Approach for Satellite Hail Advection*” (MASHA) che si basa sulla combinazione di diverse sorgenti di dati e in particolare sfrutta le misure fornite dai satelliti geostazionari per trasportare l’informazione (avvezione) e da quelli in orbita polare per riconoscere le nubi grandinogene. Tutta la suite di sensori sfrutta la radiazione infrarossa e nelle microonde per raccogliere informazioni sulla struttura verticale e microfisica che caratterizza le nubi osservate. I risultati della tecnica MASHA applicata in modalità pseudo-operativa, forniscono ogni cinque minuti su tutto il bacino del Mediterraneo la probabilità che la nube osservata abbia formato della grandine in un intervallo compreso tra 0 e 1.



Esempio di temporali grandinigeni in sviluppo per il giorno 26 luglio 2021 sull’Emilia-Romagna. Sulla sinistra: mappa di hail probability compresa tra 0 e 1 risultante dall’applicazione del metodo MASHA. Sulla destra: corrispondente mappa di Hail Severity Index con indice di severità compreso tra 0 e 4.

Ciascun valore di probabilità definisce un range di diametri dei chicchi così da poter valutare la severità associata all’evento investigato. Le potenzialità del metodo MASHA riguardano soprattutto l’elevata risoluzione spaziale e temporale con la quale vengono riprodotti i sistemi grandinigeni, la capacità del modello di ricostruire i campi di grandine e l’evoluzione del sistema anche dopo diverse ore dall’ultimo passaggio satellitare nelle microonde che, di fatto, produce la stima della probabilità di grandine. La discontinuità dei passaggi satellitari nelle microonde porta, talvolta, a sottostimare la ricostruzione della probabilità di grandine effettuata dal metodo MASHA rispetto a quanto viene osservato da

strumentazione al suolo. Per migliorare le performance della tecnica, è stato sviluppato un nuovo indice di severità chiamato *Hail Severity Index* (HSI) in grado di migliorare la localizzazione e la stima dell’intensità dei sistemi grandinigeni attraverso l’integrazione di nuove variabili: l’overshooting index, i fulmini e i dati radar.

Le performance della tecnica MASHA e le potenzialità dell’indice HSI mostrate in questo lavoro di tesi suggeriscono implementazioni operative a supporto di sistemi per il nowcasting di eventi temporaleschi particolarmente severi. Questo approccio, potrebbe essere molto efficace per fornire informazioni in tempo reale ai servizi meteorologici e nel contesto della protezione civile.

## Analisi climatologica dei fulmini e sviluppo del temporale (Climatological analysis of lightning and thunderstorm development)



Dott. Francesco Giannotti

Università degli Studi di Roma Tor Vergata

Laurea Triennale in Fisica

Relatore: Dr Stefano Federico

Co-Relatori: Prof. Roberto Benzi

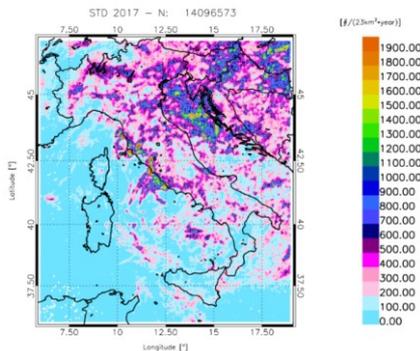
Anno Accademico 2020/2021

### Abstract

L'importanza primaria del fenomeno del fulmine è legata alla sicurezza umana poiché rappresenta una vera e propria minaccia per la vita. I fulmini sono i principali indicatori di maltempo, perché sempre accompagnati da forti precipitazioni e convezione profonda, e potrebbero essere la causa naturale di numerosi incendi boschivi in tutto il mondo. Essi costituiscono un problema anche per l'aviazione, dal momento che gli aerei sono costruiti per resistere alle scariche elettriche, ma potrebbero comunque subire danni strutturali da esse. Per i motivi citati, lo studio, la previsione e il monitoraggio dei fulmini sono essenziali per la sicurezza della vita.

Lo scopo della tesi, suddivisa in cinque capitoli, è quindi duplice: da un lato, si vuole dare una descrizione qualitativa e quantitativa del fenomeno temporalesco, con particolare rilevanza per l'instabilità atmosferica e per i fulmini; dall'altro, si vuole effettuare un'analisi climatologica dei fulmini sul territorio italiano, per individuare le zone più colpite e pericolose. Il rilevamento dei fulmini viene effettuato attraverso la rete terrestre tedesca *LINET*, che fornisce i dati con

la massima precisione. Questi dati vengono poi implementati in un modello numerico (tramite il linguaggio *Interactive Data Language*) e utilizzati per ottenere dei grafici da analizzare.



STD per l'intero anno 2017. STD è l'acronimo di "Stroke Total Density", che è il numero di scariche elettriche avvenute in un certo periodo (in questo caso l'anno 2017) su un'area di circa 23 km<sup>2</sup>.

Il filo conduttore della tesi è la convezione naturale, poiché è il processo fisico che sta alla base dello sviluppo dei temporali e della formazione dei fulmini. Un modello fisico di convezione naturale è dato nel Capitolo 1.

Nel capitolo 2, ho focalizzato l'attenzione sull'instabilità atmosferica e sui criteri di instabilità, ovvero le condizioni necessarie per lo sviluppo del temporale. Viene anche discusso il processo di formazione delle nubi cumuliformi, dovuto essenzialmente alla condensazione del vapore acqueo al di sopra del cosiddetto *Lifting Condensation Level*.

Dal cap. 3 in poi, il tema del fulmine è trattato da diversi punti di vista. Lo stesso Capitolo 3 spiega i meccanismi microfisici di separazione della carica all'interno di una nube, collegati alle collisioni tra cristalli di ghiaccio e rimers (graupel e grandine) in un ambiente saturo in presenza di acqua super raffreddata. Si descrive anche il processo di formazione dei fulmini (stepped leader, return stroke, dart leader, ecc.) e il fenomeno di induzione per il quale il terreno trasporta una carica netta positiva.

Il capitolo 4 spiega in dettaglio la strumentazione utilizzata per l'analisi climatologica (*LINET*) e l'altro metodo (futuro) per il rilevamento dei fulmini, basato sull'analisi satellitare. Alla fine del 2023, infatti, avremo a disposizione nuovi dati forniti dal Lightning Imager, uno strumento a bordo di *Meteosat Third Generation*. L'uso congiunto e simultaneo di dati registrati da due fonti distinte migliorerà il rilevamento dei fulmini e gli studi risultanti.

Infine, nel capitolo 5, si riporta l'analisi climatologica dei fulmini su tutto il territorio italiano negli ultimi cinque anni (dal 2017 al 2021). I grafici annuali, stagionali e giornalieri sono stati analizzati con l'obiettivo di localizzare le aree più colpite e pericolose. Si è scoperto che, al di là della variabilità annuale, queste risultano sempre essere le regioni tirreniche centro-settentrionali e il mare Adriatico settentrionale.

## Regimi circolatori, tipi di tempo e loro relazione con i fenomeni a scala locale



Dott.ssa Laura Legnani

Università degli studi di Milano

Laurea Magistrale in Fisica

Relatore: Prof. Maurizio Maugeri

Co-Relatori: Prof. Gian Paolo Minardi

Anno Accademico 2020/2021

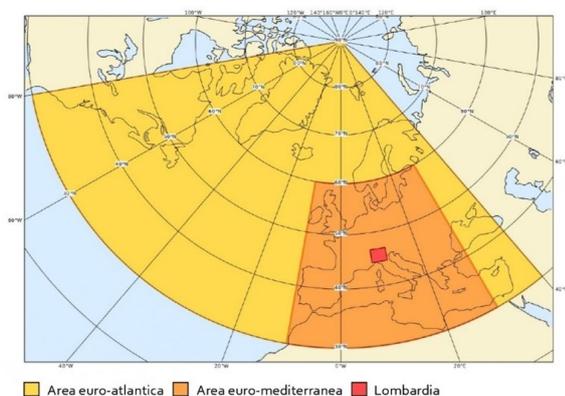
### Abstract

Le condizioni meteorologiche hanno un impatto significativo sulla società e l'ambiente in cui viviamo. Osservarle e prevederle è dunque cruciale per poter gestire al meglio le risorse e far fronte ai rischi che ne possono derivare, soprattutto sullo sfondo del cambiamento climatico che caratterizza la nostra epoca.

Un modo per studiare la circolazione atmosferica a scala sinottica consiste nell'individuare un numero finito di pattern che siano in grado di rappresentare la gran parte delle configurazioni che si possono verificare. Questo approccio consente di dare una descrizione sintetica della situazione atmosferica sull'area di studio, fornendo una cornice nella quale inserire l'analisi dei fenomeni a scala locale. Lo scopo di questa tesi è individuare delle relazioni fra i pattern che si osservano a scala sinottica e i fenomeni a scala locale che hanno un interesse dal punto di vista operativo.

La prima parte del lavoro di ricerca è dedicata allo studio dei pattern del campo barico più stabili e frequenti sull'area euro-atlantica, ovvero delle configurazioni che consentono di descrivere le oscillazioni del flusso a bassa frequenza (periodi di 5-10 giorni). A tal fine sono stati analizzati i regimi circolatori definiti ed utilizzati operativamente dall'ECMWF: NAO+, NAO-, BLO, AR. Una volta individuati i pattern in termini di anomalie di geopotenziale, è stata costruita la serie temporale giornaliera dei regimi verificatisi nel periodo 1950-2019 (inclusa la categoria no regime nelle fasi di

transizione). L'analisi della serie ha permesso di valutare la persistenza dei regimi e la variabilità nella loro frequenza di occorrenza, contribuendo a caratterizzare la circolazione atmosferica su larga scala.



Scale spaziali prese in considerazione: area euro-atlantica (giallo), dominio euro-mediterraneo (arancione), Lombardia (rosso).

Dalla scala euro-atlantica si è poi passati allo studio della circolazione sull'area Euro-Mediterranea. Applicando il metodo proposto da Jenkinson e Collison, il flusso atmosferico medio giornaliero nel periodo 1950-2019 è stato classificato secondo lo schema dei 27 tipi di tempo di Lamb, che descrivono la circolazione in termini di curvatura e di direzione del flusso. Questa analisi, che coglie le variazioni del flusso a frequenza giornaliera, ha permesso di far emergere alcune caratteristiche della circolazione non evidenziabili dall'indagine in termini di regimi. Il confronto fra i due schemi di classificazione ha poi permesso di mettere in luce le

interconnessioni presenti tra processi che avvengono a scale diverse.

Nell'ultima fase del lavoro alcuni fenomeni a scala locale sono stati analizzati in termini di regimi circolatori e tipi di tempo. I casi di studio presentati, accomunati dall'aver una forte matrice meteorologica, sono stati scelti per l'impatto che hanno avuto sul territorio e sulle attività umane in Lombardia. In alcuni contesti i regimi circolatori si sono rivelati più efficaci nel descrivere il fenomeno osservato, mentre in altri casi è stato più immediato trovare una relazione con i tipi di tempo. Complessivamente, tuttavia, si è avvalorata l'ipotesi per cui sia la combinazione dei due livelli, unita a fattori prettamente locali, a fornire il quadro più completo in grado di descrivere gli eventi ed individuarne gli elementi predisponenti e caratteristici a livello di forzante atmosferica. Quest'ultimo aspetto connota lo schema sviluppato come metodologia utile e promettente nell'ambito della previsione meteorologica a medio e lungo termine.

## Assimilazione dati adattiva tramite metodo di breeding: esperimenti numerici su modelli caotici di bassa dimensionalità.



Dott. Alberto Baldi

Università degli studi di Firenze

Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche

Relatore: Dr. Andrea Orlandi (Consorzio LaMMA, Firenze)

Co-Relatori: Prof. Franco Bagnoli (Dip. di Fisica ed Astronomia, Università di Firenze)

Anno Accademico 2020/2021

### Abstract

I sistemi dinamici descritti da equazioni non lineari sono caratterizzati da forte dipendenza dalle condizioni iniziali e presentano comportamenti caotici, nonostante siano regolati da leggi deterministiche. Esempi rilevanti si ritrovano nelle dinamiche geofisiche, con l'ulteriore complessità dovuta all'elevatissimo numero di gradi di libertà e la conseguente presenza di un vasto spettro di scale dinamiche interagenti secondo meccanismi non lineari di feedback. Nello sviluppo della modellistica per la previsione operativa meteorologica ed oceanografica, un ruolo rilevante è stato svolto dai cosiddetti Low Order Models (LOMs), cioè sistemi dinamici di bassa dimensionalità ottenuti semplificando i modelli matematici in modo tale da mantenere le rilevanti non linearità in studio. In questo quadro e prendendo spunto da lavori in letteratura, quali quelli di Carrasi, Trevisan, Uboldi, nel presente lavoro di tesi si sono studiate tecniche di assimilazione dati adattiva, analizzandone gli effetti su due rilevanti LOMs.

Il lavoro si è svolto mediante esperimenti numerici nel contesto del Twin Experiment Framework, in Perfect Model Approximation, per sviluppare strategie di assimilazione adattiva delle osservazioni effettuate sulla realtà, con l'obiettivo di ottimizzare nel tempo e nello spazio il flusso di informazione che esse portano all'interno delle run di previsione. A tale scopo si è applicato il metodo di breeding alla simulazione numerica del modello di previsione, estraendo dai Bred Vectors (BVs) informazioni sulla crescita delle perturbazioni, per valutare quando e dove meglio attivare l'assimilazione dati.

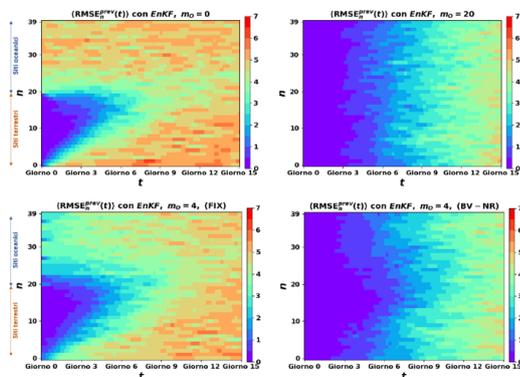


Figura 1. Diagrammi di Hovmöller dell'andamento dell'errore quadratico medio (su 100 cicli di assimilazione-previsione) per tutti i 40 siti del modello Lorenz'96 in funzione del tempo, a partire dallo stato iniziale di previsione (Lunghezza di previsione: 15 giorni). Si riportano i risultati ottenuti con EnKF assimilando i dati osservati su tutti i siti di terra e su un numero variabile  $m_0$  di siti oceanici, con diverse strategie di scelta dei siti oceanici da assimilare.

Nella prima parte abbiamo definito l'apparato numerico-sperimentale, implementando una struttura analoga a quella dei sistemi di previsione meteo operativa, con cicli di assimilazione-previsione tali da mantenere la run previsionale vicina alla realtà ("sintetica"). Si sono definite metriche per caratterizzare la "bontà" delle previsioni, per poi implementare e testare una strategia di assimilazione adattiva nel dominio temporale lavorando sul LOM Lorenz '63.

Successivamente, si è sviluppato e testato un approccio di assimilazione adattiva nel dominio spaziale lavorando sul LOM Lorenz '96, modello spazialmente esteso, ambientato su anello con  $N$  siti, che presenta aspetti analoghi all'evoluzione delle onde di Rossby su una fascia a latitudine fissata.

In Fig. 1 si riportano dati ottenuti (per  $N=40$ ) con Ensemble Kalman Filter (EnKF). Analoghi risultati sono emersi con Extended KF e 3D-Var. Come nel lavoro di Lorenz-Emanuel, abbiamo simulato la presenza di regioni continentali "densamente osservate" (assimilando su tutti i 20 "siti terrestri") e di regioni oceaniche "scarsamente osservate". Dalla sperimentazione numerica è emerso che l'aggiunta di dati assimilati su pochi (e.g.  $m_0=4$ ) siti fissati (FIX) nella regione sotto osservata, non porta rilevanti incrementi previsionali rispetto ad assimilare le sole osservazioni terrestri ( $m_0=0$ ). Invece con strategia adattiva (BV-NR), pur assimilando su pochi (e.g.  $m_0=4$ ) siti oceanici, rivalutati ad ogni timestep in corrispondenza delle componenti dei BVs con rate di crescita maggiore, si ottengono prestazioni molto simili a quelle ottenute assimilando su tutti i siti oceanici ( $m_0=20$ ).

## Analisi delle relazioni tra il Multivariate Enso Index e le anomalie di circolazione atmosferica nel continente europeo



Dott. Alberto Fucci

Università degli studi di Napoli Parthenope

Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie della Navigazione - indirizzo Scienze del Clima

Relatore: Prof. Vincenzo Capozzi

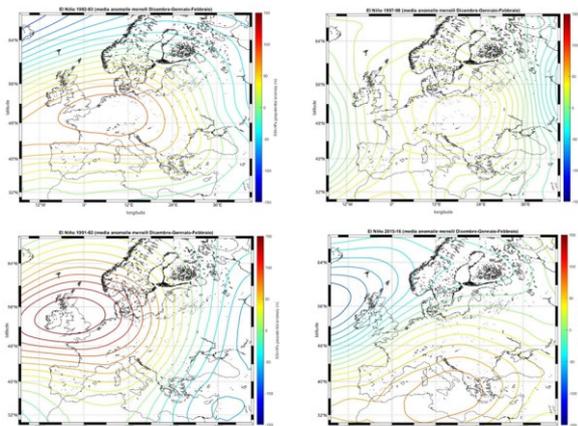
Co-Relatori: Prof. Giorgio Budillon

Anno Accademico 2020/2021

### Abstract

Lo studio portato avanti in questo lavoro di tesi fornisce un contributo scientifico alla comprensione ed analisi della teleconnessione ENSO (*El Niño Southern Oscillation*), ed in particolare sulle modalità con cui essa si relaziona, attraverso i relativi fenomeni climatici periodici El Niño/La Niña, alla circolazione atmosferica europea della stagione invernale. Nello specifico, l'obiettivo è quello di ricercare correlazioni, attraverso l'analisi sinottica, tra le oscillazioni dell'ENSO espresse dal MEI (*Multivariate Enso Index*) e le anomalie della circolazione atmosferica nel continente europeo, in termini di altezza del geopotenziale a 500 hPa e temperatura a 850 hPa, rispetto alle medie climatiche 1981/2010. Per comprendere al meglio tali correlazioni in termini di analisi sinottica, si è deciso di introdurre anche gli indici AO (*Arctic Oscillation*) e NAM (*North Annular Mode*), ovvero i cosiddetti indicatori di intensità del Vortice Polare ad altezze troposferiche e stratosferiche. Il suddetto studio nella parte sperimentale è condotto per le stagioni invernali contraddistinte da eventi El Niño/La Niña (periodo 1979-2021), in quanto è l'inverno la stagione in cui il Vortice Polare

esprime il massimo della sua estensione e intensità e anche perché da letteratura e dai relativi lavori scientifici, soprattutto in tale stagione, emergono evidenze in parte ambigue che non hanno ancora chiarito del tutto quali siano le relazioni tra ENSO e anomalie della circolazione atmosferica invernale in Europa.



Anomalie positive di altezza di geopotenziale a 500 hPa (rispetto alla media 1981/2010) tra Europa centro-occidentale e Mediterraneo nei 4 inverni contraddistinti da El Niño Strong, di cui 1 con indice AO mediamente positivo (1991-92), 2 con AO mediamente neutro (1982-83 e 2015-16) e 1 con AO mediamente negativo (1997-98).

Analizzando gli 8 episodi di El Niño e i 12 de La Niña, relativi al periodo 1979/2021, emergono aspetti in comune, dettati da una certa variabilità in termini di configurazione sinottica media registrata su scala europea nel trimestre invernale, una variabilità condizionata dall'intensità del Vortice Polare ad altezze stratosferiche e troposferiche e descritta dalle variazioni degli indici NAM e AO. Nonostante ciò, emergono comunque alcune importanti relazioni:

**i)** El Niño condiziona la circolazione atmosferica in misura maggiore rispetto a La Niña, in particolare con eventi di intensità "Strong"; **ii)** El Niño "Strong" favorisce maggiormente l'espansione di campi anticlonici sub-tropicali tra Mediterraneo ed Europa centro-occidentale, non solo in caso di AO+, ma anche nei casi di stagioni invernali caratterizzate da AO mediamente neutro o negativo e dunque anche da un Vortice Polare mediamente più debole e destrutturato; **iii)** El Niño favorisce mediamente la presenza di anomalie termiche negative sull'Europa nord-orientale e sud-orientale; **iv)** La Niña, al contrario, favorisce mediamente la presenza di anomalie positive di altezza di geopotenziale e di temperatura su Europa nord-orientale e sud-orientale; **v)** La Niña favorisce mediamente anomalie negative dell'altezza di geopotenziale e di temperatura sull'Europa sud-occidentale e Mediterraneo, nonché configurazioni sinottiche depressionarie su tali aree, in quanto nel 60% degli inverni caratterizzati da AO+ si è constatato un posizionamento più occidentale dei campi anticlonici, soprattutto tra Atlantico e i settori occidentali europei; **vi)** El Niño, al contrario, favorisce mediamente anomalie positive di geopotenziale e di temperatura sull'Europa occidentale e sul Mediterraneo.

## Serie termopluviometrica di Milano-Brera: integrazione delle osservazioni storiche con le recenti osservazioni di ARPA Lombardia.



Dott.ssa Vittoria Viglione

Università degli studi di Milano

Laurea Triennale in Fisica

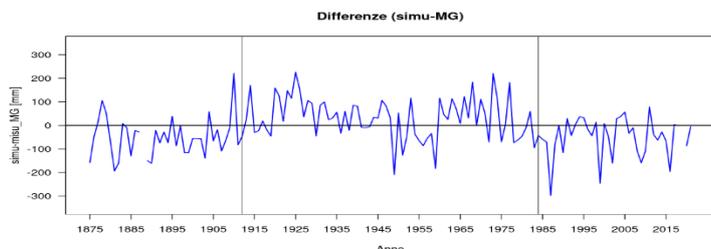
Relatore: Prof. Maurizio Maugeri

Co-Relatori: Prof.ssa Veronica Manara

Anno Accademico 2020/2021

### Abstract

L'Osservatorio di Milano-Brera ha condotto misure di parametri meteorologici sin dal XVIII secolo, tra cui vi sono le serie termometrica e pluviometrica: la prima comprende misure delle temperature massime e minime giornaliere dal 1763 al 2005, la seconda invece le precipitazioni giornaliere dal 1858 al 2005. Queste serie, preziose per lo studio dell'evoluzione delle condizioni climatiche nella zona di Milano nel corso dei secoli, presentano tuttavia lacune e disomogeneità causate dal cambiamento delle condizioni di misura quali, tipicamente, cambi di strumentazione e trasformazione dell'ambiente circostante l'Osservatorio. Di conseguenza, prima di analizzare i dati, è necessario



omogeneizzarli. A queste serie storiche si aggiungono le recenti osservazioni di ARPA Lombardia che ha collocato una stazione meteorologica proprio presso Palazzo Brera.

L'obiettivo di questo lavoro è dunque completare, integrare ed omogeneizzare la serie termopluviometrica dell'Osservatorio di Brera.

In particolare, la serie pluviometrica presentava una lacuna nell'acquisizione dati dal gennaio 2006 al luglio 2016, dovuta al periodo intercorso tra la fine dell'attività della stazione gestita dall'Osservatorio e l'inizio di quella di ARPA Lombardia. Confrontando le misure di Brera-ARPA con quelle delle altre stazioni milanesi altamente correlate, ho elaborato un modello per stimare le misure mancanti. La consistenza del modello è stata da me verificata su scala mensile ed annuale confrontando le cumulate di Brera con una serie simulata a partire dai dati delle stazioni lombarde circostanti e non sono stati riscontrati bias introdotti sul lungo periodo. Inoltre la serie storica e la serie recente sono risultate sufficientemente omogenee da non richiedere una correzione per essere integrate tra loro: l'errore relativo tra le cumulate annuali della serie simulata e della serie di misure da me completata è del 5% (vedi grafico) ed è confrontabile con la propagazione dell'errore sulle misure giornaliere.

Ho così ottenuto la serie pluviometrica giornaliera di Brera completa ed omogenea dal 1858 al 2021.

La serie termometrica presentava diverse problematiche, infatti la serie storica dell'Osservatorio e quella recente di ARPA Lombardia includevano misure di parametri differenti: nel primo caso le temperature massime e minime assolute giornaliere, nel secondo le massime e le minime delle 24 medie orarie. Dopo aver ricondotto anche i dati di ARPA alle temperature massime e minime assolute giornaliere, la serie giornaliera di Brera disponibile dal 1763 al 2021 presentava numerose disomogeneità perché composta da misure effettuate con strumenti differenti. Ho quindi eseguito una omogeneizzazione delle temperature massime e minime dal 1838 in poi a scala mensile mediante test di Craddock. I metadati della stazione hanno supportato la procedura, infatti tutte le disomogeneità individuate si trovavano in corrispondenza di anni in cui la stazione di Brera ha subito dei cambiamenti, come la sostituzione della vecchia stazione meccanica con quella automatica.

Con questo lavoro ho prodotto la serie giornaliera delle temperature massime e minime di Brera completa ed omogenea dal 1838 al 2021. Il periodo precedente, dal 1763 al 1837, presenta delle complicazioni a causa delle misure effettuate in quel periodo, due sole al giorno, e della scarsità di dati da usare come riferimento.

# Elevation Dependent Warming: i cambiamenti climatici dipendono dalla quota in Italia?

(Elevation Dependent Warming: does climate change depend on the altitude in Italy?)



Dott. Gilberto Nardi

Università degli Studi di Milano

Laurea Triennale in Fisica

Relatore: Prof. Maurizio Maugeri

Co-Relatori: Dr Veronica Manara, Dr Michele Brunetti

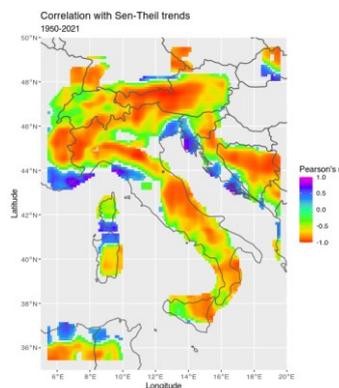
Anno Accademico 2020/2021

## Abstract

L'Elevation Dependent Warming (EDW) è un'interessante ipotesi in corso di studio nell'ambito della ricerca climatologica. Nello specifico, l'obiettivo della ricerca è capire in che termini le zone ad alta quota del pianeta (catene montuose e altipiani) rispondano al segnale di riscaldamento globale, e se i trend di temperatura possano dipendere in maniera consistente dalla quota. Determinare se pattern di questo tipo si verificano è di fondamentale importanza per una serie di problematiche tra cui, ad esempio, la gestione delle risorse idriche: i ghiacciai montani costituiscono infatti la maggiore riserva di acqua dolce del pianeta al di fuori dei poli.

La prima sezione della mia Tesi consiste in un'analisi bibliografica dello stato dell'arte della ricerca sul tema. Vengono presentate alcune questioni importanti per la ricerca sull'EDW (quale ad esempio la difficoltà di approvvigionamento di dati affidabili in regioni remote e ad alta quota) e diversi feedback del sistema climatico che potrebbero incrementare o smorzare i trend di temperatura ad alta quota (legati alla variazione della copertura nevosa al suolo, all'umidità atmosferica, ai livelli di aerosol, ...). Sono poi presentati alcuni articoli, suddivisi per regione di studio. Generalmente,

sono stati osservati aumenti nei trend di temperatura con la quota in Himalaya (almeno fino ad una certa soglia) e in alcune sezioni delle Montagne Rocciose, mentre sulle Alpi si ritrovano spesso pattern opposti.



Mapa di correlazione tra quote e trend 1950-2021 sulla regione di studio (sono mostrate solo le correlazioni statisticamente significative).

Nella seconda parte presento i risultati di un'analisi svolta sul territorio italiano utilizzando il dataset di rianalisi ERA5-Land. Ho calcolato i trends di temperature medie annuali e stagionali su diversi periodi (1950-2021, 1950-1980, 1981-2021) per valutare se i pattern di EDW osservati potessero essere messi in relazione con l'andamento dei livelli di aerosol nella regione. In seguito, ho condotto un'analisi di correlazione tra quote e trends.

I risultati più consistenti e interessanti si ottengono studiando il fenomeno su scala locale. Nello specifico, ho prodotto delle mappe di correlazione, su cui viene rappresentato per ogni punto della mappa il valore del coefficiente di correlazione tra le quote e i trends in un intorno del punto. Successivamente, ho analizzato gli scatterplot quote-trends per una serie di gruppi montuosi selezionati con un filtro

basato sulla deviazione standard delle quote dei punti della regione.

In tutti i gruppi montuosi si ritrova che i pattern di EDW non sono particolarmente consistenti per il periodo 1950-1980 (spesso i trends non sono nemmeno statisticamente significativi). Il periodo 1981-2021 presenta ancora una discreta variabilità nei pattern, mentre il periodo 1950-2021 offre i risultati più omogenei e consistenti. In generale, gli Appennini mostrano in diversi casi trends di riscaldamento minori alle alte quote, coerentemente con gli effetti aspettati relativi all'andamento degli aerosol nella zona. Per quanto riguarda le Alpi, la situazione è più complicata, e varia anche su scala stagionale. In alcuni casi, i trends diminuiscono con la quota, mentre in altri si osserva un picco a quote intermedie ( $z \sim 1000$  m, soprattutto in inverno e primavera) che potrebbe essere legato a un feedback neve-albedo.

In conclusione, l'entità di questi effetti è relativamente importante: in alcuni casi i trends variano con la quota fino a  $0.1^\circ\text{C}/\text{km}$  decennio, in una regione in cui i trends di temperatura sul relativo periodo spaziano  $0.2-0.6^\circ\text{C}/\text{decennio}$ .

# Sull'utilizzo delle osservazioni regionali e della rianalisi globale ERA5 per la valutazione del clima in Centro Italia e lo sviluppo di un servizio meteo-climatico regionale

(Regional Observations and Global ERA5 Reanalysis as tools to assess climate in Central Italy and to develop a regional meteo-climate service)



Dr. Lorenzo Silvestri

Università degli Studi di Perugia - CIRIAF-CRC Centro di ricerca sul clima e cambiamenti climatici

Dottorato di ricerca in Energia e Sviluppo Sostenibile

Relatore: Prof. Paolina Bongioanni Cerlini

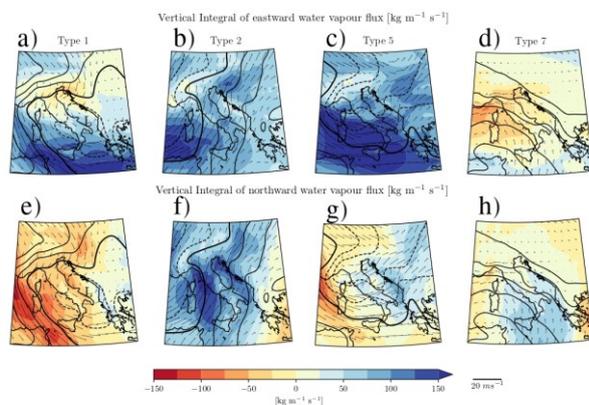
Ciclo XXXIV

## Abstract

L'obiettivo di questa tesi è l'utilizzo di osservazioni regionali e rianalisi globali per lo sviluppo di un servizio meteo-climatico regionale e lo studio del clima dell'Italia centrale.

La prima parte della tesi identifica una procedura generale per progettare una efficiente rete meteorologica alla mesoscala e garantire la coerenza fisica delle sue osservazioni. Un complesso controllo di qualità è stato applicato sia ai dati delle stazioni sia ai metadati ed è stato utilizzato come base per l'ottimizzazione della rete. I dati di temperatura oraria mancanti o errati sono stati ricostruiti utilizzando un metodo spazio-temporale basato su funzioni ortogonali empiriche. L'introduzione della rianalisi globale ERA5 nel processo di riempimento dei dati mancanti ha permesso la loro ricostruzione con coerenza statistica e fisica. L'intera procedura è stata testata in Umbria, dove la sua futura implementazione porterà ad un notevole progresso in termini di servizi meteorologici e climatici regionali.

La seconda parte della tesi esamina il legame tra i tipi di circolazione atmosferica, la precipitazione e l'orografia nell'Italia centrale. Utilizzando le rianalisi ERA5 e i dati pluviometrici dal 1951 al 2019, sono stati identificati quattro tipi di circolazione come quelli più responsabili della variabilità spaziale delle precipitazioni in Italia centrale. Essi sono associati a circolazioni cicloniche caratterizzate da un elevato trasporto di vapore acqueo proveniente da ovest (Tipo 5), sud-ovest (Tipo 2), sud-est (Tipo 7) e nord-est (Tipo 1). Le precipitazioni associate ai flussi nord-orientali e occidentali mostrano la più forte modulazione da parte dell'orografia. Tuttavia, la componente orografica delle precipitazioni non è ben catturata dalla rianalisi ERA5 quando i flussi ciclonici nord-orientali e occidentali impattano sull'Appennino centro-settentrionale. Date le recenti tendenze climatiche osservate in Italia centrale, con una riduzione della precipitazione cumulata annuale, gli studi futuri dovrebbero impiegare modelli ad alta risoluzione per indagare come il riscaldamento globale influisca sull'interazione tra flussi ciclonici e orografia.



Integrale verticale del flusso di vapore (IVT) zonale (figure a, b, c e d) e del flusso di vapore acqueo meridionale (figure e, f, g, h) per i 4 tipi di circolazione ciclonica. I flussi positivi vanno da ovest a est e da sud a nord. La palette indica l'entità di ciascuna componente dell'IVT. Le frecce indicano i vettori del vento a 850 hPa. La linea nera spessa è la linea di riferimento di pressione sul livello del mare a 1013 hPa. Le linee solide indicano i valori di m.s.l.p. al di sopra della linea di riferimento, mentre le linee tratteggiate indicano i valori di m.s.l.p. al di sotto della linea di riferimento.

Questa applicazione si basa su misure locali di livelli di falda e su serie temporali di umidità del suolo estratte dalla rianalisi ERA5. I flussi d'acqua verso l'acquifero sono calcolati con un approccio basato sull'equazione di Richard. La relazione trovata tra i flussi simulati e le osservazioni locali include un termine logaritmico e uno lineare. La predominanza di un termine rispetto all'altro indica il possibile diverso meccanismo di ricarica degli acquiferi considerati.

Tesi disponibile online: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.35490.71368>

Essi sono associati a circolazioni cicloniche caratterizzate da un elevato trasporto di vapore acqueo proveniente da ovest (Tipo 5), sud-ovest (Tipo 2), sud-est (Tipo 7) e nord-est (Tipo 1). Le precipitazioni associate ai flussi nord-orientali e occidentali mostrano la più forte modulazione da parte dell'orografia. Tuttavia, la componente orografica delle precipitazioni non è ben catturata dalla rianalisi ERA5 quando i flussi ciclonici nord-orientali e occidentali impattano sull'Appennino centro-settentrionale. Date le recenti tendenze climatiche osservate in Italia centrale, con una riduzione della precipitazione cumulata annuale, gli studi futuri dovrebbero impiegare modelli ad alta risoluzione per indagare come il riscaldamento globale influisca sull'interazione tra flussi ciclonici e orografia.

L'ultima parte della tesi sviluppa un'applicazione climatica a supporto della gestione delle risorse idriche, stimando la ricarica delle acque sotterranee nella regione Umbria.

## IN RICORDO DI VITTORIO CANTÙ

### VITTORIO CANTÙ: LA "MEMORIA STORICA" DELLA METEOROLOGIA ITALIANA



Il 3 giugno 2022, per colpa di un male inesorabile, il socio onorario AISAM Vittorio Cantù, alla veneranda età di quasi 92 anni, ci ha serenamente lasciato. La morte lo ha rapito all'affetto dei suoi familiari più cari, la figlia Magda, il genero Michele, i nipoti Francesca e Leonardo e il fratello Giulio, e dell'intera comunità meteorologica nazionale, lasciando un vuoto profondo e incolmabile. Meteorologo di formazione geografica e climatologo storico, Vittorio Cantù era il più grande esperto di storia della meteorologia in Italia e uno dei massimi specialisti del settore al livello internazionale. A latere del suo lavoro di meteorologo presso l'Aeronautica Militare (ufficiale di carriera, collocato a riposo con il grado di colonnello), egli è stato anche docente di meteorologia all'Università di Bari, membro della

Commissione di Idrometeorologia dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale, componente della Commissione Internazionale di Storia della Meteorologia (ICHM) dell'Unione Internazionale di Storia e Filosofia della Scienza e della Tecnologia (IUHPST) e, dal 2017, socio onorario dell'Associazione Italiana di Scienze dell'Atmosfera e Meteorologia.

Sembra ieri, eppure sono trascorsi più di trentacinque anni da quando ho avuto la fortuna di conoscerlo. Il ricordo di quell'incontro è sempre vivo in me e, mentre scrivo, la mia mente, come per consolarmi della sua dipartita, torna felicemente a ripropormelo! Ad indirizzarmi a lui fu il mio professore di meteorologia della Sapienza Università di Roma, il compianto Sabino Palmieri, che ricordo con profonda stima e simpatia, dacché il colonnello Cantù era l'unico in Italia in grado di orientare i miei studi di meteorologia verso un approccio più consona alla mia formazione umanistica.

Profondo conoscitore del variegato e complesso ambito della meteorologia, egli riuscì, fin da subito, a trasfondermi la sua entusiasmante passione per i moderni e ramificati sviluppi storici e geografici della disciplina, al punto da suscitare in me un tale interesse per questi aspetti sovente trascurati che la Storia delle Scienze dell'Atmosfera divenne ben presto il mio ideale di ricerca e di lavoro.

Intellettuale poliedrico ed enciclopedico, egli mi colpì per due singolari tratti distintivi: la sua vasta e solida cultura, sia scientifica che umanistica e artistica, e la sua elevata nobiltà d'animo, un particolare fuori del comune che lo rendeva un ammirevole "signore di altri tempi".

Queste mie note non hanno la pretesa di essere una biografia vera e propria ma, semplicemente, una serie di brevi ricordi della sua personalità scientifica e umana, che sono il frutto e delle nostre frequentazioni di studio e di lavoro e degli amichevoli momenti di svago trascorsi insieme.

Il mio desiderio di conoscenza mi spingeva, con irrefrenabile entusiasmo, ad "intervistarlo" continuamente, mi si passi il verbo, sia sulla sua interessante carriera professionale che sulla sua avvincente avventura umana. E così egli amava a lungo raccontarsi! Mi affiora, or ora, il ricordo della sua colorita descrizione del paesaggio naturale e antropico della sua città natale, Genova, e della Liguria: "una regione in cui hanno origine venti e brezze generate dal dolce ma deciso incontro tra il mare e l'alta catena appenninica". Una caratterizzazione



Vittorio Cantù (in basso a destra) con un gruppo di amici e colleghi.



Il suo matrimonio con la professoressa Antonella Stretti



Vittorio Cantù con la figlia Magda, archeologa.

meteorologica del territorio ligure, la sua, metodologicamente degna dell'impostazione naturalistica propria della sua amata meteorologia geografica: "il filone perdente" della meteorologia che egli si è alacremente sforzato, ma senza, ahimè, i risultati sperati, di imporre all'attenzione della comunità meteorologica italiana, in quanto l'unico, secondo lui, capace di offrire una sintesi descrittiva (propria della geografia) del clima locale più aderente alla meteorologia direttamente vissuta dagli abitanti del luogo e, dunque, il più adatto a rappresentare e gestire la complessa e multiforme realtà climatica di un territorio circoscritto.

Ad apprezzabili risultati positivi dovevano invece condurre i suoi studi e ricerche di storia della meteorologia e del clima, a partire dall'analisi storica delle lunghe serie di osservazioni meteorologiche.

Il suo interesse per quest'indirizzo trascurato delle scienze dell'atmosfera era già in embrione, come egli stesso mi raccontava, nel corso della sua esperienza di bibliotecario presso l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (inizio anni '60 del secolo scorso), prima ancora, quindi, di entrare nel vivo della sua carriera di ufficiale meteorologo dell'Aeronautica Militare. Ma fu nell'ambito del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica che egli, sin dalla metà degli anni Sessanta, incominciò ad occuparsi professionalmente dell'argomento, attraverso la raccolta, lo studio e la catalogazione di ogni riferimento bibliografico ed elaborato inedito pertinente alla climatologia della Penisola, tanto d'interesse storico che dell'epoca. A coadiuvarlo era il sottufficiale Pierino Narducci (anch'egli passato a miglior vita), che ricordo con stima e affetto sinceri. Si trattava di un lavoro molto accurato, coronato, nel 1973, con la pubblicazione della prima edizione della Bibliografia Climatologica Italiana, opera che continuerà ad essere sistematicamente aggiornata fino al 2019, quando uscì, online, la sua quinta e, per ora, ultima edizione. Attraverso quest'opera ponderosa e altri suoi lavori sulla nascita e lo sviluppo della meteorologia moderna, Vittorio Cantù ha fornito alla comunità scientifica nazionale spunti di riflessione tali da imporre autorevolmente alla sua attenzione l'importanza scientifica della Storia della Meteorologia.



Pur essendo in pensione da anni, egli non ha mai smesso di svolgere studi e ricerche in questo settore, come testimoniano le sue interessanti pubblicazioni. L'ultima, in cui mi ha voluto come coautore, è stata data alle stampe nel 2021: "Luigi De Marchi: per mezzo secolo figura centrale della meteorologia italiana" (in Quaderni di Storia della Fisica, pp. 41-65). È riuscito a mantenere incessantemente viva la sua passione per la storia della meteorologia sino alla fine dei suoi giorni.

Consentitemi, ora, di ricordare il professor Cantù non più da suo allievo prediletto e collaboratore, bensì da amico di lunga data:

"Carissimo Vittorio, con il cuore pieno di mestizia e con fatica, sto accettando l'idea che non sei più tra noi! Eppure continuo a sentirti assai vicino, come quell'amico paterno che continua a volermi bene dal cielo, esattamente come hai sempre fatto da quando ci siamo conosciuti. Ti ringrazio di vero cuore per essere stato presente nella mia vita!

*(Luigi lafrate per AISAM)*

*Si ringrazia sentitamente Magda Cantù per aver messo a disposizione e autorizzato la riproduzione delle foto.*

## QUATTRO CHIACCHIERE CON...

### Intervista a Claudia Adamo

In questo numero della Newsletter abbiamo chiesto a Claudia Adamo, responsabile Rai Meteo, di raccontarci la sua esperienza e il suo percorso.



**Buongiorno Claudia, raccontaci chi sei, da dove vieni e come sei arrivato a fare questo mestiere.**

Ciao sono Claudia Adamo, fisica dell'atmosfera e mamma di due bambini, punto fermo del mio mondo che gira velocissimo e che è pieno di impegni, di viaggi e di amici e di un mestiere che a me piace tantissimo e che da studentessa non avrei mai immaginato di fare. Lavoro in tv, nella tv nazionale e sono responsabile di *Rai Meteo*! Mi occupo quindi di tutti i contenuti meteo che vanno in onda nei canali tv e radio nazionali, ultimamente anche sui social e sul web. Sono tantissimi, cambiano con le stagioni, si intensificano a dismisura in certe giornate e vengono eliminati dalla scaletta in altre, quindi bisogna stare sempre concentrati e pronti.

**Da dove sei partita?**

Da tanta curiosità per la scienza, ispirata da grandi personaggi, in particolare per me (e per tanti della mia età) sono stati Margherita Hack e Piero Angela.

Ascoltarli mi interessava tantissimo e pensavo che capire e studiare e approfondire quelle cose, sarebbe stato magnifico... la loro influenza su di me è stata forte. Mi piacevano non solo per quello che dicevano ma, per come erano: la loro gentilezza, la potenza del messaggio e la loro umiltà e semplicità. E poi forse per osmosi ho sempre respirato "l'atmosfera", mio padre è un meteorologo, un ufficiale della Aeronautica Militare che ama tantissimo questa scienza e me la spiegava semplicemente e chiaramente e lasciava sempre quel "mistero" che in effetti poi ho capito cosa è... l'incertezza associata a...

All'Università ho pensato di fare fisica, mi affascinava capire profondamente le leggi del nostro Pianeta, e un po' mi spaventava perché mi sembrava la materia più difficile e quella una sfida molto dura. Le cose difficili hanno un

grande fascino, sono super attraenti perché devi cercare la forza per farle. E la fisica non mi ha deluso, è stata anche più difficile di quanto immaginassi e gli ostacoli non sono mancati. I tempi si sono spesso diluiti, e per una impaziente come me non è stato semplice. Ma ho imparato la pazienza e con un percorso un po' tortuoso, con sorprese e opportunità, ho trovato una strada. Ero una fisica un po' insolita e alla fine faccio il lavoro insolito che faccio, rappresenta quello che ero già da studentessa.

**Perché tortuoso?**

Dopo l'università e una lunga quanto stupenda tesi di Laurea sui fulmini, mia passione fin da piccola, condotta nel gruppo di ricerca dell'allora IFA Istituto di Fisica dell'Atmosfera del CNR del Dr. Mugnai, con il Dott. Stefano Dietrich mi sono specializzata sempre di più su questo argomento. I fatti di allora già facevano prevedere un aumento degli eventi estremi. Ricordo ancora con una ansia assurda la mia prima intervista al Tg1 era il 2001 ero dottoranda, 26 anni e il CNR mandò me come esperta. Ci furono delle vittime, ahimè, proprio come in questi giorni e feci queste interviste con il cuore in gola a Saxa Rubra dove adesso è il mio ufficio.

Comunque in quel periodo cominciai a lavorare nel gruppo GNDCI (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche).



I fulmini erano un argomento poco studiato in Italia, pochissimi dati e non usati per ricerca. Questo divenne il centro del mio lavoro. Incrociai i dati di fulmini con quelli da satellite allora disponibili, studiai le correlazioni con i

prodotti radar, conoscendo man mano questo genere di dati e questi strumenti sempre meglio, iniziando a capire di algoritmi di retrieval, di modelli di nube. Ho potuto lavorare con la Prof Marcia Baker all'Università di Washington a Seattle, insieme con Jim Weinman. Fu proprio lui, dall'alto del suo sapere, che, davanti ad un mio orrido poster ad una conferenza a Siena, mi invitò a Seattle. Ricordo quel periodo con questi due guru della scienza dell'atmosfera con i quali potevo lavorare direttamente. La Prof Baker, prima professoressa donna di quella facoltà, una pioniera della fisica dei fulmini, parlava sette lingue e mentre conversava con me in perfetto italiano, mostrandomi formule su libri in russo, rispondeva in giapponese al telefono del suo studio. La ammiravo in tutto, specie per la sua incredibile umiltà e dolcezza. Nel frattempo ero dottoranda all'Università di Ferrara in fisica dell'atmosfera e facevo la mia tesi in US. Le persone che ho conosciuto in quegli anni sono state molto importanti per me. Steve Goodman che mi invitò poi a lavorare successivamente al Marshall Space Flight Center della Nasa di Huntsville (Alabama) dove si stava progettando e poi costruendo il primo sensore di fulmini al mondo da geostazionario, il LMS, di cui poi anni dopo vidi anche il meraviglioso lancio nello spazio da Cape Canaveral. Una delle cose più emozionanti del mondo.



Dopo questo periodo bellissimo, tornai in Italia e lavorai duramente per trovare una posizione al CNR. Nonostante la rete di contatti e la rete fisica di fulminazioni che avevo contribuito a costruire io stessa, installando diversi strumenti sul Mediterraneo, capii che sarebbe stata una "cosa lunga" ... la famosa pazienza che la fisica mi aveva insegnato è venuta a mancare e decisi, con enorme dispiacere, di cercare un lavoro compatibile con una vita indipendente che credevo ormai di meritare, cosa che in quel momento non mi sembrava poter essere la ricerca per me.

### Come mai la televisione?

Attraverso un collega, Lorenzo Tedici, seppi che cercavano meteorologi a Sky per un nuovo canale meteo. La cosa del canale meteo era interessante in particolare pensando al Weather Channel americano. Feci un tremendo provino, e poi altri, tutti tremendi. Il direttore Emilio Carelli mi offrì



un posto di lavoro, vedendo molto oltre quei primi provini! Accettai con moltissima curiosità e timore, in egual misura; timore di non riuscire a fare quel lavoro. Trovai un ambiente stimolante e divertente, tutto era nuovo per me, avevo 32 anni. Studiai dizione e presentazione e mi impegnai in sedute di "trucco e parrucco" lunghissime, che per me erano una assoluta novità. La mia immagine e la voce mi sembravano così lontane da come le pensavo...

Piano piano ho iniziato a fare i conti con la timidezza e con la paura della diretta. La forza l'ho sempre trovata nel prodotto, ero sicura di quello che dicevo, delle mappe e delle spiegazioni che mostravo in onda e questo mi dava soddisfazione, perché potevo dire cose difficili in modo semplice, cercavo parole "scientificamente appropriate" ma semplici, affinché tutti capissero subito.

### In che cosa consisteva il tuo lavoro?

A Sky facevo ogni giorno le previsioni nel canale meteo e nel telegiornale ad ogni edizione, e poi piano ho iniziato a fare spazi legati agli eventi sportivi, agli eventi di costume,



poi inviata per alluvioni e per le ondate di calore...per raccontare cosa stava succedendo, sempre più spesso purtroppo in caso di eventi estremi e con danni e vittime.

Ricordo che ero incinta del mio secondo bambino, sarei dovuta andare in maternità il giorno dopo, ma quella notte ci fu la terribile alluvione di Genova e restai in onda per lo speciale monografico. Facevo approfondimenti all'interno dei programmi per il clima e l'ambiente, con programmi come "Emergenza clima" già nel 2006 condotto dal Dir. Emilio Carelli fino agli ultimi anni 2017 con un programma che conducevo interamente "È troppo tardi?", partecipavo alle campagne sugli oceani "Un mare da salvare" come "Ocean hero" testimonial e facevo la Academy per i bambini delle scuole, cosa che mi è piaciuta tantissimo.

### E adesso in Rai?

Sky è stata una bellissima avventura ma ora sono in Rai dal 2018 e qui sono responsabile del settore del meteo, nella direzione di *Pubblica Utilità*, con il direttore Giuseppe



Sangiovanni. Forniamo servizio meteo a tutti i canali Rai sia televisivi che radiofonici e si lavora tantissimo. La squadra di colleghi è composta da meteorologi della Aeronautica Militare -che storicamente è partner della Rai- e da meteorologi dei Servizi Regionali, sparsi su tutto il territorio nazionale, ognuno con competenze e specifiche particolari. Un grande onore lavorare per la tv pubblica, specie nel momento storico che stiamo vivendo. Nel momento della crisi climatica e degli eventi estremi, la responsabilità dell'informazione meteo climatica è



davvero grandissima. La Rai è la voce istituzionale e deve essere presente con professionalità, precisione e puntualità, siamo anche la voce della Protezione Civile per quanto riguarda la diffusione delle allerte emesse dal

Dipartimento, ci auguriamo di poterlo essere anche con Italia Meteo.

### In cosa consiste il tuo lavoro?

È un lavoro che comprende molti aspetti e che varia tantissimo. Ci occupiamo degli spazi nei palinsesti dei



canali Rai, che variano con le stagioni sia perché abbiamo prodotti diversi in inverno e in estate, sia perché cambiano gli orari con la stagione, diciamo "scolastica"; ci occupiamo di scegliere le sigle degli spazi meteo, le musiche e i sottofondi, le inquadrature, i colori, vedere la regia, i tempi e il montaggio e il confezionamento del prodotto. C'è ovviamente tutto "il prima", cioè: i dati da visualizzare, i modelli, la risoluzione, la scelta delle visualizzazioni grafiche delle uscite, la colorazione delle soglie dei vari parametri fisici, l'utilizzo dei dati da satellite, dei dati da terra, e anche gli accordi e le policy con gli Enti che li rilasciano... insomma tanto lavoro dietro anche solo ad una bella immagine meteo in onda. Ovviamente questo per tutti i prodotti già in palinsesto, più tutti gli spazi che riguardano la meteorologia e il clima che vengono richiesti nei programmi e nei telegiornali che, quindi, cambiano a seconda dell'attualità e della situazione meteorologica.



Siamo in tanti meteorologi come ho anticipato, e ci alterniamo per coprire tutto al meglio, talvolta sono io stessa in onda. Parte del mio lavoro è proporre spazi televisivi nei quali si tratti la Meteorologia, il Clima e l'Ambiente, nei contenitori. Una delle cose più belle per me è poter pensare e scrivere format sul meteo e sul clima o sullo spazio e poi, quando vengono approvati, poter produrre questi programmi. In modo particolare mi riferisco alla collaborazione della Direzione alla quale appartengo, *Pubblica Utilità*, con *Rai Ragazzi*. Così abbiamo realizzato due programmi su queste tematiche dedicate al pubblico più giovane. Uno *Green Meteo*, dove ci sono previsioni meteo per il weekend per i ragazzi e una pillola su uno dei principi di sostenibilità spiegata da giovani studenti, dottorandi, ricercatori. Un modo per avvicinare i bambini alla Meteorologia. L'altro, *Meteo Spazio*, dedicato allo Space Weather, con una astronave che viaggia nel Sistema Solare, immagini reali da satellite del sole e spiegazioni di tempeste magnetiche, vento solare, brillamenti, le macchie solari ecc. Entrambi i programmi sono realizzati con dati accurati, forniti da Aeronautica Militare, quindi il linguaggio è ad hoc per bambini ma il contenuto è assolutamente serio e autorevole.

### **Tati gli impegni lavorativi...e la famiglia?**

La famiglia è una grande ispirazione per me: l'attenzione ai più piccoli, la voglia di trasferire loro la meraviglia e l'importanza della meteorologia, del clima e dell'ambiente sono grandi forse perché, come mamma di Giulio e Fabio e come fisica, sento che dobbiamo fare molto di più per prepararli al futuro con un Pianeta +1.1°C. Sono convinta che la famiglia aumenti la produttività, acceleri e amplifichi la creatività. Certo con due bambini da crescere, seguire ed ascoltare, è anche tutto più difficile, e le cose difficili.....!!!!

*A cura di  
Cristian Lussana e Silvio Davolio*



## I NOSTRI SOCI COLLETTIVI

### ASSOCIAZIONI



Estremi Meteo4



Meteonetwork  
meteonetwork

Meteotrentinoaltoadige



### PRIVATI



CODIPRA



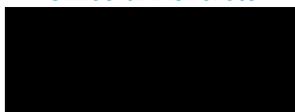
Eurelettronica ICAS



Fondazione CIMA



Fondazione Museo  
Civico di Rovereto



HIMET



Meteo Expert



### ENTI PUBBLICI



A LORO LA PAROLA...

## Buon compleanno Meteonetw<sup>ork</sup>!



Sono passati esattamente 20 anni da quando un gruppo di amici e meteo appassionati si riunì il 6 aprile del 2002 a Seregno (MB), fondando l'attuale Associazione Meteonetw<sup>ork</sup>, registrata ufficialmente l'anno dopo presso il tribunale di Erba (CO). Meteonetw<sup>ork</sup> è un'organizzazione di volontariato (Odv) con il compito di diffondere la conoscenza nel campo della meteorologia e della climatologia. È composta da un Consiglio Direttivo di cinque persone, eletto dall'Assemblea dei Soci che resteranno in carica per un triennio. I componenti attuali del Consiglio Direttivo (2020-2023) sono: Marco Giazzi (Presidente), Marco Tadini (Vicepresidente), Francesco Marasco (Consigliere), Matteo Milocco (Consigliere), Isabella Riva (Consigliere); a questi si aggiungono: Luca Garbolino (Segretario) e Fabrizio de Grandi (Tesoriere).



Il primo staff di Meteonetw<sup>ork</sup> il 21 aprile 2002.

A fianco del Consiglio Direttivo, vi è un Consiglio Scientifico, costituito da eminenti personalità operanti nei diversi settori della meteorologia italiana. Il Consiglio Scientifico svolge una funzione consultiva in relazione alle attività pubbliche di Meteonetw<sup>ork</sup>, a garanzia che il prodotto offerto sia sempre caratterizzato da contenuti di elevato spessore scientifico, mantenendo inoltre un collegamento privilegiato con il Comitato Tecnico Scientifico, già da tempo operante all'interno dell'Associazione. Sono membri dell'attuale Consiglio Scientifico di Meteonetw<sup>ork</sup>: Raffaele Salerno (Responsabile), Flavio Galbiati e Serena Giacomini (Meteo Expert), Maurizio Maugeri (Università degli Studi di Milano), Serena Proietti e Isabella Riva (ENAV) e Gianni Tartari (CNR-IRSA).

A 20 anni dalla sua fondazione, Meteonetw<sup>ork</sup> ha festeggiato nel migliore modo possibile il suo "compleanno", pubblicando il suo primo articolo scientifico su rivista internazionale: [Meteonetw<sup>ork</sup>: An Open Crowdsourced Weather Data System](#) by Giazzi et al. 2022.

Un ambizioso progetto partito lo scorso 19 aprile 2021 grazie al nostro socio fondatore Alessandro Ceppi che ha sapientemente costruito e coordinato una formidabile squadra che ha reso reale quanto oltre un anno fa era "solo" un'idea.

L'inarrestabile gruppo che in tutti questi mesi ha lavorato sodo per arrivare a questo prestigioso risultato, è composto da Amici che Meteonetw<sup>ork</sup> ha incontrato durante il suo cammino e ai quali va il nostro più sincero ringraziamento per tutta l'attività svolta; un gruppo eterogeneo che va dai professionisti appartenenti al settore meteo/clima fino agli appassionati che si sono specializzati nel corso degli anni nella gestione e rappresentazione dei dati provenienti dalle stazioni che compongono la nostra rete.

"Manca ancora una componente fondamentale – spiega Marco Giazzi (presidente Meteonetw<sup>ork</sup>) - senza la quale nulla poteva essere fatto: si tratta di tutti quei citizen scientists (meteo amatori) che liberamente hanno voluto condividere i propri dati online mettendoli a disposizione della comunità attraverso l'adesione alla nostra rete <https://www.meteonetw<sup>ork</sup>.it/rete/livemap/>; a loro va il nostro più grande riconoscimento per avere dato fiducia



Lo staff di Meteonetwork ritratto in alcuni momenti della *Fiera dell'Astronomia Amatoriale* di Forlì (6-8 dicembre 2002), dove era presente anche uno spazio espositivo dedicato alla meteorologia.

al nostro operato e che speriamo oggi di avere ripagato con questo incredibile e prestigioso risultato. Siamo veramente orgogliosi di questo avvenimento – prosegue Giazzi: si tratta della prova tangibile che la collaborazione tra diversi ambiti funziona e che la Citizen Science quando pensata bene è utile e indispensabile”.

Ma i festeggiamenti non finisco qui! Dopo il primo simposio per il decennale nel 2012, l'Associazione

Meteonetwork organizza un secondo simposio per festeggiare tutti insieme i 20 anni di attività.

“Vi aspettiamo quindi sabato 8 ottobre dalle ore 10 alle ore 13 presso il Politecnico di Milano (campus Leonardo), aula Castigliano insieme a tanti amici, appassionati e persone che in questi anni hanno creduto fortemente nella nostra Associazione – spiega Alessandro Ceppi, organizzatore dell’evento.” Parteciperanno infatti all’evento, Carlo Cacciamani (direttore di Italia Meteo), Dino Zardi (presidente AISAM), Marco Mancini (Politecnico di Milano), Raffaele Salerno (Meteo Expert), Maurizio Maugeri (Università degli studi di Milano), Cristian Lussana (Norwegian Meteorological Institute), Cristina Lavecchia (Fondazione Osservatorio Meteo Duomo), Gabriele Franch (Fondazione Bruno Kessler) e tanti altri. All’esterno della sala verrà allestito un piccolo stand con la possibilità di acquistare i volumi di meteorologia della collana Ronca Editore. La tavola rotonda finale sarà moderata da Flavio Galbiati (Meteo Expert). Al termine dei lavori seguirà un pranzo a buffet offerto a tutti i partecipanti. La prenotazione all’evento è obbligatoria, mandando una mail a [ventennale@meteonetwork.it](mailto:ventennale@meteonetwork.it).

Che dire...vi aspettiamo numerosi, sabato 8 ottobre a Milano. Grazie a tutti voi e buon compleanno Meteonetwork, tanti, tanti auguri di cuore e... “always looking at the sky”.

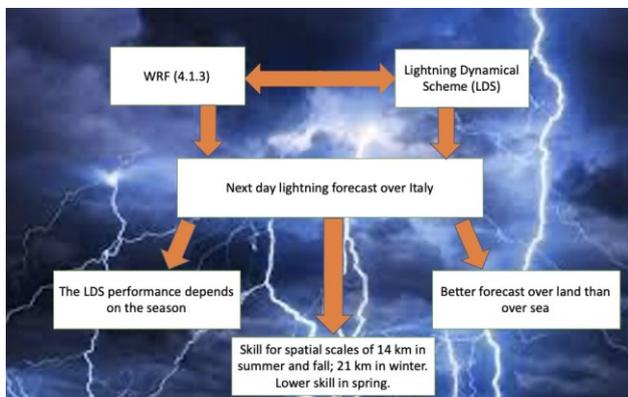
Associazione Meteonetwork

[www.meteonetwork.it](http://www.meteonetwork.it)

## Prevedere i fulmini

I fulmini rappresentano un rischio concreto sia per la vita delle persone (secondo alcuni studi, negli USA, in alcuni anni, possono essere mortali quanto i tornado) sia per i beni, senza contare che possono causare incendi, danneggiare la rete elettrica e gli aeroplani. Studiare la fulminazione e cercare di prevedere quanti fulmini vi saranno e dove si verificheranno è quindi importante per le attività umane; in più, momenti di fulminazione intensa sono un indicatore affidabile per l'intensità dei temporali.

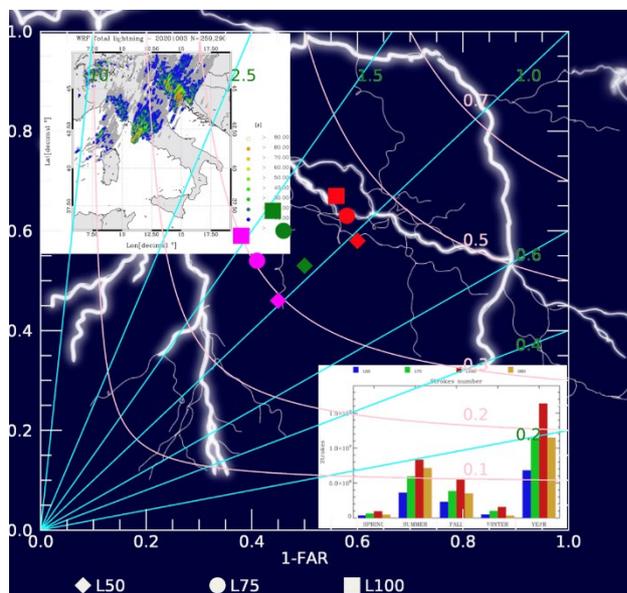
Uno [studio](#), frutto della collaborazione tra Fondazione CIMA, ricercatori CNR-ISAC e il meteorologo Barry H. Lynn, pubblicato su *Remote Sensing*, testa un particolare schema per la previsione della fulminazione su 162 casi di studio (selezionati tra il 2020 e il 2021) in Italia. Lo schema, denominato *dynamic lightning scheme*, e sviluppato nel 2012 dal meteorologo Lynn, è stato usato in combinazione con il modello previsionale WRF, e consente di prevedere il numero di fulmini che cadranno in una data area ad una certa ora.



Lo schema è stato utilizzato su una griglia a 3 km di risoluzione spaziale orizzontale su tutto il territorio italiano e sul Mar Mediterraneo Centrale e i risultati sono stati confrontati con quanto registrato dalla rete osservativa a terra. I livelli verticali si estendono fino a 50 hPa e sono 50.

Lo schema di Lynn è uno schema intermedio tra schemi più sofisticati che calcolano il campo elettrico all'interno della nuvola e che richiedono più risorse computazionali e schemi più semplici che si basano sui campi di uscita del modello ed utilizzano formulazioni empiriche per il calcolo delle fulminazioni. Nello schema di Lynn si introducono tre nuove variabili nel modello (energia elettrica delle scariche intra cloud, energia elettrica delle scariche cloud

to ground positive, energia elettrica delle scariche cloud to ground negative) che vengono avvettate, sono soggette ai processi di diffusione turbolenta e hanno termini di sorgente e di pozzo. I termini di sorgente sono i processi di elettrificazione all'interno delle nuvole, parametrizzati tramite il Lightning Potential Index, mentre i termini di pozzo sono le scariche elettriche. Ovvero, ogni volta che l'energia di un tipo di scarica supera un valore di soglia, si ha il fulmine, e l'energia della scarica è sottratta al valore complessivo dell'energia del tipo di scarica.



I risultati hanno mostrato una buona capacità del metodo proposto per la previsione delle scariche elettriche per il giorno dopo. La previsione deve essere comunque scalata su dimensioni maggiori di quelle della griglia del modello per avere prestazioni con skill. La qualità della previsione dipende dalla stagione, con prestazioni migliori per l'autunno e l'estate e con prestazioni peggiori per la primavera.

I risultati, inoltre, mostrano una dipendenza delle prestazioni dal tipo di superficie: sono migliori su terra e peggiori su mare. Questo risultato è atteso in quanto i fulmini sono una chiara manifestazione della convezione. L'orografia consente di innescare/focalizzare la convezione su regioni specifiche che sono, almeno in parte, rappresentate dal modello. Il risultato conferma, d'altro canto, la minore capacità che abbiamo di prevedere la convezione su mare rispetto a quella su terra.

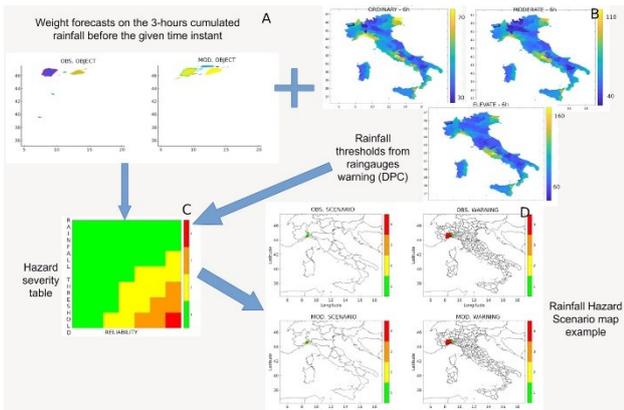
I risultati, quindi, mostrano una buona capacità di previsione per il *dynamic lightning scheme* ed il modello WRF, ma le prestazioni complessive devono essere

ulteriormente validate e perfezionate per ottenere risultati migliori.

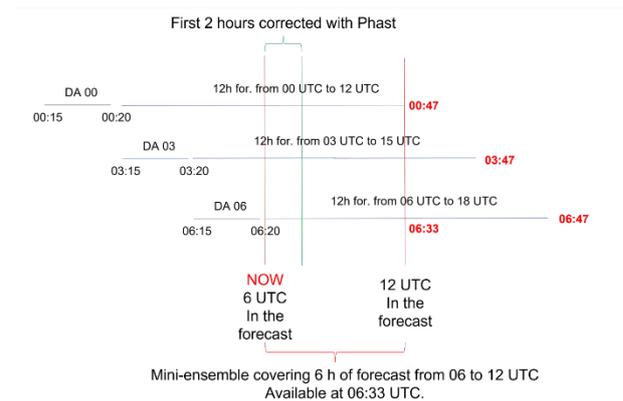
### Piogge intense: le previsioni con l'algoritmo SWING

La possibilità di prevedere in modo tempestivo e corretto quando e dove si possa verificare un fenomeno di pioggia intensa è oggi più importante che mai, soprattutto considerando che questi eventi diventeranno, in alcune aree, più frequenti a causa del cambiamento climatico. Tuttavia, le strategie per la loro previsione risentono ancora di alcuni limiti: i modelli previsionali numerici, in particolare, tendono a commettere errori nell'individuare in modo preciso l'area interessata, il timing e l'intensità della precipitazione, specialmente in caso di eventi convettivi localizzati. Mentre l'accuratezza dei sistemi di previsione nowcasting (cioè nel breve arco di tempo) basati sui radar, in grado di seguire l'evoluzione del fenomeno anche a piccola scala spaziale, diminuisce rapidamente per previsioni oltre i 20-120 minuti.

quando il primo inizia ad avere meno accuratezza del modello. In aggiunta, hanno sviluppato un algoritmo innovativo per la fase di post-processamento dei dati, denominato SWING e sviluppato per tenere conto dell'incertezza spaziale e temporale che caratterizza i modelli nonostante i miglioramenti dati dall'assimilazione dei dati. Il sistema utilizza 3 previsioni modellistiche disponibili sulla stessa finestra temporale, pesandone l'accuratezza rispetto all'andamento nelle 3 ore precedenti, ognuna delle previsioni viene poi corretta nelle prime 2 ore con PhaSt e infine si ricava una previsione di pioggia unica pesata rispetto all'accuratezza ottenuta dalla pesatura delle previsioni.



Autori e autrici di uno [studio](#) apparso su Water e guidato da Fondazione CIMA, hanno messo a punto un sistema previsionale nel quale si combina il modello meteorologico WRF (con assimilazione dei dati radar ogni 3 ore) con un sistema di nowcasting basato su radar, PhaSt, attraverso una procedura di *blending*. Questo permette di utilizzare il sistema di nowcasting basato su radar, quindi più affidabile, per l'inizio della previsione, passando al nowcasting con modellistica numerica



SWING è stato testato su una serie di casi di studio (le precipitazioni verificatesi nell'arco di 22 giorni dell'autunno 2019): i risultati suggeriscono che l'algoritmo potrebbe migliorare la capacità predittiva di un sistema nowcasting deterministico tradizionale, mantenendo una tempistica di previsione utile e integrando così le procedure previsionali attualmente disponibili. Inoltre, il principale vantaggio di SWING è la sua elevata versatilità, perché potrebbe essere utilizzato con qualsiasi modello meteorologico, e anche in un approccio di previsione multi-modello per migliorarne la capacità predittiva.

## Il sistema previsionale pluviometrico RainCast®

### Introduzione

Il coordinamento fra i dati meteorologici di diversa origine, raccolti dall'insieme osservativo formato dalle reti radar, dalle stazioni in situ, dai satelliti, ecc., organizzati in un data base unitario e coordinato, elaborati digitalmente mediante le tecnologie di rianalisi, è in grado di portare un valore aggiunto informativo a molti settori operativi, garantendo un livello di rappresentatività e di capillarità adeguato alle specifiche esigenze. Tra queste, un ruolo essenziale viene svolto dal settore della viabilità e dei trasporti, la cui rete strutturale è soggetta agli eventi meteorologici severi, con ripercussioni dirette sull'economia e sulla sicurezza. Oltre alla situazione di emergenza diretta, che può essere causata dalla neve o da piogge intense o dal vento, la meteorologia determina anche fenomeni conseguenti, come frane, dissesti, crolli, valanghe. Queste problematiche possono essere in parte mitigate mediante l'utilizzo di un sistema di allerta meteorologica tempestivo e adattabile alle peculiarità geografiche della zona di interesse.

RainCast® è un sistema previsionale pluviometrico automatico che produce previsioni di accumulo precipitativo a brevissimo-breve termine, con l'obiettivo di notificare tutti quei fenomeni che possono impattare negativamente sulla viabilità.

### Metodi

Il sistema integra ed elabora tre tipologie diverse di dati precipitativi.

- le misure in situ, da pluviometri, garantiscono al sistema un'adeguata conoscenza dell'accumulo precipitativo in loco che è in atto e che ha avuto luogo nelle ore precedenti;
- quelle osservazioni vengono integrate dai dati forniti dalla rete radar del Dipartimento Nazionale della Protezione Civile [1] che generano anche la previsione di nowcasting (grazie all'algoritmo descritto in [2]) per stimare l'evoluzione delle precipitazioni nelle 3 ore successive;
- la previsione viene integrata con gli output dei modelli previsionali, basati sul Weather Research and Forecasting (WRF, [3]),

Il sistema opera in relazione a soglie critiche applicate sia alle misure che alle previsioni e scelte, per diverse finestre temporali di accumulo, sulla base dei dati precipitativi con tempo di ritorno di 2 anni, calcolati sulla rianalisi degli ultimi 30 anni.

RainCast® si struttura in due fasi distinte. La prima consiste nell'invio di notifiche via mail in base alla previsione attesa per le 24 ore successive, qualora sia previsto il superamento delle soglie pluviometriche e/o radarmeteorologiche. La seconda è un'analisi a cadenza oraria sull'evoluzione attesa per le ore successive, priva del controllo a priori del superamento soglia. Gli aggiornamenti quotidiani per le seguenti 72 ore e/o orari per le successive 6 ore sono notificati via mail come riportato in Fig. 1.

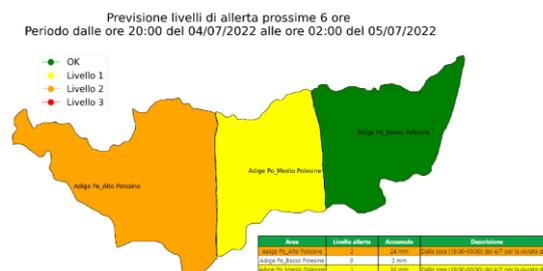


Figura 1: esempio di notifica oraria via mail prodotta da Raincast®.

### Caso studio: alcuni risultati

A fine marzo 2022, la Strada Provinciale 251 della Val Zoldana e Val Cellina (Belluno, Veneto) è stata interessata da incendi boschivi sviluppatisi sul versante della montagna adiacente. Questo evento ha aumentato l'instabilità del versante stesso, tutt'ora soggetto a frane e caduta massi (Fig. 2) in concomitanza ad eventi precipitativi di lieve e media intensità. Il tratto stradale

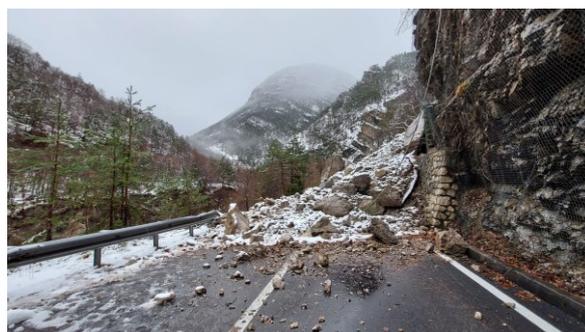


Figura 2: frana avvenuta a fine marzo 2022, la Strada Provinciale 251 della Val Zoldana e Val Cellina.

non è dotato di sistema pluviometrico e le soglie utilizzate

sono le seguenti: 5 mm in 5 minuti (modalità “scroscio” per le misure in loco), 15 mm in 6 ore e 30 mm in 72 ore (per la previsione modellistica).

Il 5 giugno 2022, le dolomiti Bellunesi sono attraversate da un sistema temporalesco proveniente dal Trentino, diretto verso est (Fig. 3). La tabella sottostante riporta la serie di messaggi prodotti da Raincast®.

ORARIO DI AVVISO	TIPOLOGIA DI AVVISO	PREVISIONE	COMMENTI
08:00 05/06/2022	Allerta giornaliera – previsione per le prossime 72 ore	30 mm	Possibile sviluppo di un fenomeno temporalesco
20:00 05/06/2022	Allerta oraria – previsione per le prossime 6 ore	16 mm	Avvicinarsi del fenomeno temporalesco
20:20 05/06/2022	Avviso di scroscio: 7 mm registrati negli ultimi 5 minuti – previsione per le prossime 24 ore	13 mm	Il temporale ha raggiunto la SP251 (Fig. 3)

Il sistema temporalesco si scarica entro la mezzanotte del giorno seguente. Le informazioni prodotte da Raincast® sono coerenti con le misure registrate nella stazione di Arpa Veneto posizionata nelle vicinanze della SP251, che riporta una cumulata giornaliera di 18 mm per il 5 giugno.



Figura 3: visualizzazioni del Radar nazionale (dbz) nella zona di interesse, alle 20:20 del 05/06/2022.

## Conclusioni

Il sistema Raincast®, grazie alle sue diverse caratteristiche, si pone come un utile strumento per la mitigazione del rischio e per una gestione ottimale della rete stradale, grazie alla combinazione tra l’analisi puntuale innescata dalla situazione precipitativa in loco e l’analisi territoriale continua nel tempo; il sistema supporta l’operatore della viabilità sia nella programmazione delle attività del personale che nella gestione delle criticità in corso.

## Riferimenti bibliografici

- [1] Dipartimento Protezione Civile. Official web site. Accessed 22 April 2022, <https://dpc-radar.readthedocs.io/it/latest/platform.html>
- [2] Pulkkinen, S., Chandrasekar, V., von Lerber, A., and A. -M. Harri, 2020: Nowcasting of Convective Rainfall Using Volumetric Radar Observations. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 58(11), pp. 7845-7859, doi: 10.1109/TGRS.2020.2984594.
- [3] Skamarock, C., Klemp, B., Dudhia, J., Gill, O., Liu, Z., Berner, J., Wang, W., Powers, G., Duda, G., Barker, D.M., and X. Huang, 2019: A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4. NCAR/TN-556+STR, 145 pp. doi: 10.5065/1dfh-6p97

Autore:



Lucia Cisco

(Weather Data Scientist Hypermeteo)

## Nuove analisi meteo-climatiche mensili sul portale CETEMPS

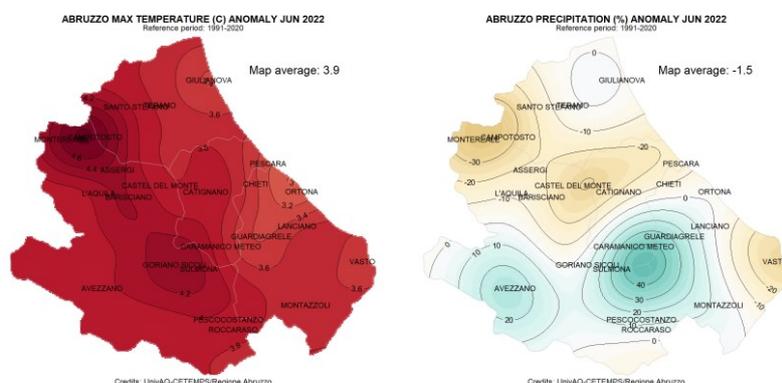


Figura 1: Anomalia di temperatura massima (a sinistra) e di precipitazione (a destra) sulla Regione Abruzzo nel mese di giugno 2022, ricostruita con interpolazione spaziale di 23 stazioni disponibili dall'Ufficio Idrografico e Mareografico regionale ed elaborate da CETEMPS. Il periodo di riferimento per il calcolo delle anomalie è 1991-2020.

A partire da gennaio 2022, il CETEMPS ha iniziato, in via sperimentale, la pubblicazione di un riepilogo delle condizioni meteo-climatiche sulla Regione Abruzzo a cadenza mensile. Lo scopo è quello di fornire un resoconto costante delle osservazioni termiche e pluviometriche che caratterizzano la regione, con una prospettiva climatica, in modo da informare il lettore sull'andamento delle anomalie e delle tendenze con una prospettiva storica che guarda agli ultimi decenni. I bollettini sono pubblicati entro la prima decade del mese successivo a quello appena concluso sul portale CETEMPS (<http://cetemps.aquila.infn.it/>).

Le analisi iniziano con l'illustrazione delle carte sinottiche a scala Europea di pressione o geopotenziale, di temperatura vicino al suolo e di precipitazione. Attualmente, lo strumento utilizzato per la generazione delle mappe è il "Plotting and analysis tool" messo a disposizione dal Physical Sciences Laboratory del NOAA (<https://psl.noaa.gov/>).

Dopo l'inquadramento sinottico, si passa ad illustrare le mappe delle anomalie di temperatura e di precipitazione sull'Abruzzo, come nell'esempio di Figura 1. Per la costruzione delle mappe vengono attualmente utilizzati i dati meteorologici delle stazioni dell'Ufficio Idrografico e Mareografico della

Regione Abruzzo ed elaborati dal CETEMPS, secondo la metodologia descritta in Curci et al., 2021<sup>1</sup>. Le serie storiche di dati giornalieri utilizzati partono dal 1974 e sono soggette a procedure di controllo qualità sia temporale che spaziale e a omogeneizzazione, in modo da rendere le misure confrontabili e consistenti per la valutazione di tendenze di lungo periodo.

Oltre alla visualizzazione spaziale e mediata mensilmente delle anomalie, si riportano anche le anomalie giornaliere per ogni stazione, come nell'esempio di

Figura 2. Questi grafici vengono usati come riferimento per discutere l'evoluzione temporale che porta alla caratterizzazione media mensile, non mancando di evidenziare periodi particolari, come settimane particolarmente calde o fredde, secche o umide, sempre rispetto alla media climatologica di riferimento 1991-2020.

L'ultima parte del bollettino è dedicata alle classifiche e al resoconto di eventuali eventi particolari (es. eventi estremi, incursioni di polveri desertiche, ecc.). Vengono riportati grafici dell'intera serie storica di anomalie mensili

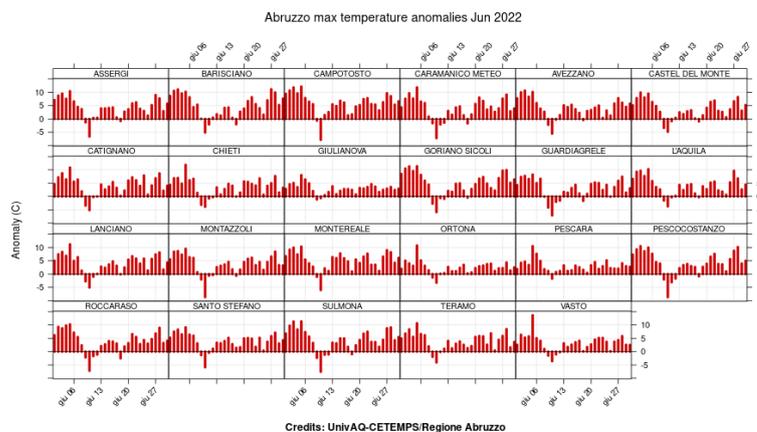


Figura 2: Anomalie della temperatura massima giornaliera in 22 località della Regione Abruzzo rispetto alle medie climatologiche 1991-2020 per il mese di giugno 2022.

dal 1974 al presente per alcune stazioni, selezionate di volta in volta perché ritenute più interessanti o

<sup>1</sup><https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.7081>

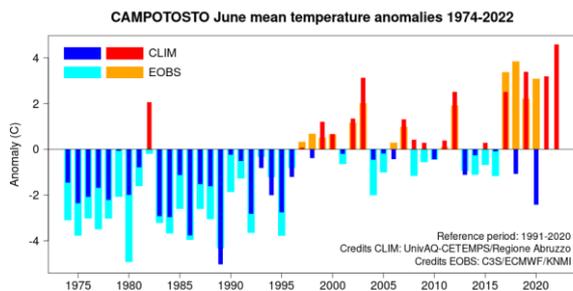


Figura 3: Serie storica 1974-2022 delle anomalie mensili di temperatura media, positive (rosso) e negative (blu), del mese di giugno Campotosto. Oltre ai dati della rete locale, vengono riportate per confronto anche le anomalie derivate dal database E-OBS (<https://www.ecad.eu/>), interpolato sui punti stazione di interesse.

rappresentative del mese. Ad esempio, nella Figura 3 è riportato l'andamento delle anomalie di temperatura medie per il mese di giugno nella stazione di Campotosto (1344 m s.l.m.), che nel 2022 ha stabilito il record di anomalia positiva con +4.6°C nel periodo 1974-2022,

superando anche le ondate di calore precedenti, compresa quella del 2003.

L'attuale struttura del bollettino è ancora in fase di sviluppo e sarà suscettibile di novità e aggiustamenti nel corso dei prossimi mesi. La speranza è quella di poter fornire una informazione utile ed equilibrata alla comunità, che eviti il sensazionalismo, ma che renda costantemente conto dei cambiamenti climatici in atto vicino alle aree dove si vive.

Autore:



Gabriele Curci

### Nuovi strumenti installati presso l'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS



Figura 1: Il Doppler Cloud radar (a destra) e (a sinistra) il Wind Lidar.

Presso l'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS sono stati installati due nuovi strumenti: un Cloud Radar e un Wind Lidar, per potenziare l'infrastruttura di ricerca nell'ambito del progetto PER-ACTRIS-IT (Potenziamento della componente italiana della Infrastruttura di Ricerca - Aerosol, Clouds and Trace Gases Research InfraStructure)

L'obiettivo finale del progetto di potenziamento PER-ACTRIS-IT (PIRO1\_00015 del Ministero dell'Università e della Ricerca) è quello di aumentare la competitività della componente italiana di ACTRIS (<https://www.actris.eu/>) nel panorama europeo.

ACTRIS è l'infrastruttura di ricerca europea a supporto della ricerca in campo atmosferico che fornisce strumenti

per affrontare le sfide socio-economiche presenti e future, come quelle legate alla qualità dell'aria, al cambiamento climatico e alla protezione dai rischi ambientali.

PER-ACTRIS-IT (<https://www.imaa.cnr.it/progetti/38-attivita/progetti/713-per-actris-it>) supporta la crescita della comunità scientifica nazionale nel settore della ricerca in campo atmosferico, garantisce e stimola l'accesso alle infrastrutture di ricerca italiane che fanno parte di ACTRIS, per accrescere l'attrattività per i ricercatori stranieri che possono svolgere le loro attività presso le infrastrutture italiane.

L'Università degli Studi dell'Aquila e il CETEMPS (<http://cetemps.aquila.infn.it/>) presso il Dipartimento di

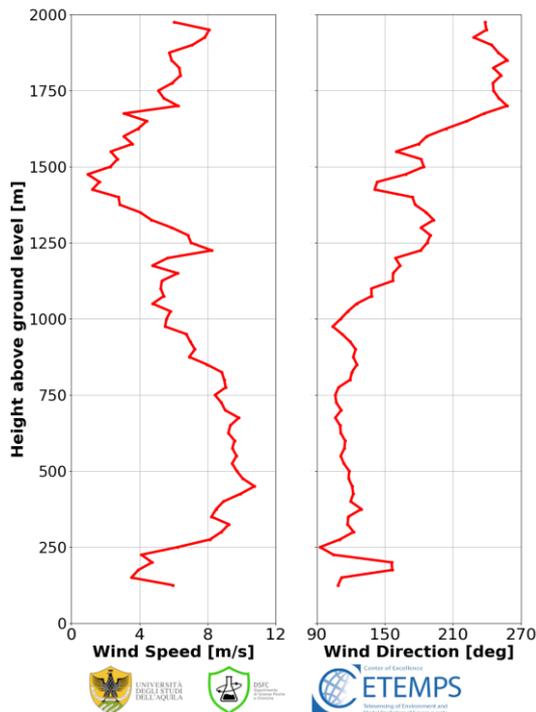


Figura 2: Profilo verticale del vento misurato con il Wind lidar.

**Scienze Fisiche e Chimiche** hanno beneficiato di un finanziamento da dedicare al potenziamento delle capacità osservative in ambito degli Obiettivi Realizzativi **Aerosol remote sensing** e **Cloud remote and in situ**; la strumentazione ottenuta e in fase di definitiva messa in esercizio è composta da:

**Ceilometer (CL51 - Vaisala);**

**Sun/Sky/Lunar Multispectral Photometer (CE318-T - Cimel);**

**Sistema di acquisizione e rivelatori per Multi-wavelength Raman Lidar (Licel GmbH);**

**Zenith Polarimetric Doppler Cloud Radar (RPG-FMCW-94-SP-G1 - Radiometric Physics GmbH);**

**Wind Lidar (Windcube 100S - Vaisala).**

Gli ultimi due strumenti (foto in Figura 1) sono stati installati nel mese di luglio 2022 presso il sito 'Casale Calore' dell'Osservatorio Atmosferico di CETEMPS [latitudine 42°22'58.92"N, longitudine 13°18'53.09"E, 683 m s.l.m.] dove è localizzato anche il **Ceilometer CL51** e da dove si effettuano gli **ozono-sondaggi** con sensori elettrochimici lanciati in atmosfera mediante palloni meteorologici. In Figura 2 è riportato un esempio delle

osservazioni che si possono effettuare con il Wind lidar; nel caso specifico si tratta dei profili verticali della direzione (a destra) e dell'intensità (a sinistra) della componente orizzontale del vento, misurata fino alla quota di 2000 m sul livello del suolo.

Questa strumentazione è in fase di integrazione con le altre capacità osservative presenti presso l'**Osservatorio Atmosferico di CETEMPS**: un **Multi-wavelength Raman Lidar** operante in ambito di **EARLINET**, un **Sun/Sky Multispectral Photometer**, **UV radiometers** installati presso il sito ospitato dall'**Università degli Studi dell'Aquila** al **Dipartimento di Scienza Fisiche e Chimiche - CETEMPS** [latitudine 42°22'05.90"N, longitudine 13°21'01.75"E, 652 m s.l.m.]

Per ulteriori informazioni: [vincenzo.rizi@univaq.it](mailto:vincenzo.rizi@univaq.it), [marco.iarlori@univaq.it](mailto:marco.iarlori@univaq.it), [raffaele.lidori@guest.univaq.it](mailto:raffaele.lidori@guest.univaq.it), [saverio.difabio@aquila.infn.it](mailto:saverio.difabio@aquila.infn.it)

Autori:



Vincenzo Rizi



Marco Iarlori



Raffaele Lidori



Saverio Di Fabio



***Caro Socio, se sei interessato a partecipare al comitato di redazione della Newsletter, o se vuoi segnalare notizie o avvenimenti di interesse da pubblicare, scrivici a [newsletter@aisam.eu](mailto:newsletter@aisam.eu).***

***L'uscita della prossima Newsletter è prevista per dicembre 2022.***

