



Think before you print

Numero 15 Anno 2023



Newsletter

SOMMARIO

EDITORIALE.....	2
FLASH NEWS.....	3
IN LIBRERIA.....	7
IN PRIMO PIANO.....	9
ARTICOLO.....	23
NON SOLO ATMOSFERA.....	27
APPROFONDIMENTO.....	30
BULLETIN OF ATMOSPHERIC SCIENCE AND TECHNOLOGY.....	35
SEZIONE PROFESSIONISTI.....	36
SEZIONE STUDENTI.....	37
LA PROCLAMO DOTTORE.....	41
QUATTRO CHIACCHIERE CON.....	45
I NOSTRI SOCI COLLETTIVI.....	50

COMITATO EDITORIALE

Brunetti Michele
Barbiero Roberto
Colaiuda Valentina
Davolio Silvio
Lussana Cristian
Marsigli Chiara
Salvati Marta Rosa
Tomassetti Barbara

Contatto: newsletter@aisam.eu

EVENTI AISAM

- 16 settembre 2023 – **Trentennale Edmondo Bernacca** – Fivizzano (MS), presso il Meteo Museo Edmondo Bernacca.
- 26 settembre 2023 - **Secondo Workshop Previsori Ricercatori**: Tavola Rotonda sull'utilizzo operativo dei prodotti previsionali a medio-lungo termine (extended range forecasts, subseasonal forecasts) - Sede ARPA Piemonte, Torino.
- Ottobre 2023 - maggio 2024 - **Formazione AISAM**: Fondamenti per la previsione meteorologica operativa – Corso bisettimanale online organizzato dalle Sezioni Studenti e Professionisti.
- 16-18 novembre 2023 – 9ª edizione del **Festivalmeteorologia** – Rovereto
- 6-9 febbraio 2024 – **5° Congresso Nazionale AISAM** – Lecce

NUOVI SOCI

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

Marco CHERICONI, Giuseppe PIRILLO, Alice PORTAL, Davide SABATANI, Matteo SIENA

Ad oggi l'Associazione conta **3** soci onorari, **250** soci individuali, **26** 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,

di rientro dalla pausa estiva, questo numero dalla Newsletter ci propone una ricca rassegna di interessanti eventi e iniziative che ci attendono nei prossimi mesi.

Purtroppo dobbiamo anche dare conto di una triste notizia che ci ha raggiunto pochi giorni fa. Lo scorso 20 agosto ci ha lasciati il prof. Arnaldo Longhetto, per anni professore di fisica dell'atmosfera al Dipartimento di fisica dell'Università di Torino e maestro di generazioni di fisici dell'atmosfera.

Classe 1939, dopo la laurea in fisica a Torino e il servizio militare come sottotenente presso il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, per alcuni anni fu responsabile del Laboratorio di Ricerca Ambientale dell'ENEL presso gli impianti di Trino Vercellese e poi di Milano. Nel 1981 divenne professore presso il Dipartimento di Fisica Generale dell'Università di Torino, incarico che mantenne fino alla data del suo pensionamento, nel 2009.

Si adoperò molto per lo sviluppo della Fisica della Atmosfera in Italia, a partire dai numerosi insegnamenti che attivò presso l'Università di Torino. Le sue si concentrarono sulla fisica dello strato limite atmosferico, con approcci sia teorici che sperimentali. In particolare

curò l'installazione di vari siti sperimentali e progettò la piattaforma fluidodinamica rotante, tuttora presente e funzionante, che ha consentito numerosi studi sulla turbolenza meccanica e termica nello strato limite atmosferico.

Fu strenuo fautore della collaborazione, a Torino, con l'Istituto di Cosmogeofisica del CNR, che permise la nascita di un gruppo trasversale di collaborazione tra Università e CNR, ancora presente oggi. Stimolò lo sviluppo di gruppi di lavoro e di coordinamento, quali il GNFAO (Gruppo Nazionale di Fisica dell'Atmosfera e dell'Oceano) e il CINFAI (Consorzio Interuniversitario per la Fisica delle Atmosfere e delle Idrosfere). Fu il creatore, e per molti anni Direttore responsabile, della rivista Il Nuovo Cimento C della Società Italiana di Fisica.

AISAM esprime le più sincere condoglianze ai Familiari, ai Congiunti, ai Colleghi e ai numerosi Allievi.

Sarà nostro compito raccoglierne l'esempio e coltivarne la memoria.



Claudio Cassardo e Dino Zardi

FLASH NEWS

Ricordando Bernacca – sabato 16 settembre 2023



Il 15 settembre p.v. ricorrerà il 30° anniversario della scomparsa del Generale Edmondo

Bernacca.

Su invito della Famiglia, ed in collaborazione con il Comune di Fivizzano e del Meteo Museo Edmondo Bernacca (<https://museobernacca.wixsite.com/mmeb>), l'Associazione Italiana di Scienze dell'Atmosfera e Meteorologia (AISAM – www.aisam.eu) sta organizzando un evento per ricordare l'Uomo ed il Meteorologo entrato a far parte della vita e delle esperienze di gran parte degli Italiani.

L'appuntamento è per sabato 16 settembre, a Fivizzano (MS), presso il Meteo Museo Edmondo Bernacca.

Per maggiori dettagli e per il programma della giornata si rimanda alla sezione *In Primo Piano* di questa Newsletter.

Corso di formazione AISAM di previsione meteorologica operativa



AISAM è pronta a lanciare per ottobre 2023 un corso di previsione meteorologica operativa, che si concluderà a

maggio 2024. Il corso è rivolto a studenti/esse di corsi di laurea magistrale con piano di studi associato al riconoscimento dell'attestato WMO. In subordine, l'iscrizione al corso è aperta anche a studenti/esse di dottorato in fisica dell'atmosfera e a giovani professionisti/e in settori affini che vogliono integrare il loro curriculum. Il corso è aperto anche a studenti/esse del terzo anno della laurea triennale e della magistrale in fisica, ingegneria, matematica e scienze naturali. Per queste categorie l'ammissione al corso avviene previa valutazione delle conoscenze di base di fisica dell'atmosfera, di circolazione generale, di meteorologia dinamica e di modellistica numerica. Il corso è riservato ai soci AISAM.

A fine corso gli studenti saranno in grado di formulare una bozza di previsione/analisi meteorologica a partire da un set di plot modellistici assegnati; come strumento di autovalutazione verranno discussi quesiti tratti dalle prove dei recenti concorsi pubblici per meteorologi.

I docenti dei weather briefings saranno meteorologi professionisti con almeno 5 anni di esperienza di sala meteo (pool di 16 professionisti al massimo), provenienti sia dalle agenzie regionali che dalle aziende private. Nelle giornate in presenza i docenti saranno anche ricercatori affermati nel campo della meteorologia.

Maggiori dettagli nella *Sezione Studenti* della presente Newsletter.

Il socio AISAM Silvio Davolio premiato agli RMetS Awards 2022



Il socio AISAM Silvio Davolio è stato premiato agli RMetS Awards 2022 con il "Quarterly Journal Editors' Award" per gli oltre 12 anni

di attività quale Associate Editor della prestigiosa rivista, il che lo rende uno dei più longevi. Durante questo periodo ha gestito un gran numero di manoscritti su una vasta gamma di argomenti tra cui convezione, sistemi meteorologici e precipitazioni. È sempre stato disponibile ad aiutare la rivista, anche assumendo manoscritti difficili, e ha sempre gestito tutti gli aspetti che competono al suo ruolo con efficienza e abilità. Queste le motivazioni del prestigioso premio.

Per ulteriori dettagli e per conoscere tutti i vincitori visitate il seguente link:

<https://www.rmets.org/news/rmets-award-winners-2022>

2° Workshop Previsori Ricercatori



Il 26 settembre si terrà a Torino, presso la sala polifunzionale di ARPA Piemonte, la seconda

edizione del workshop previsori-ricercatori: *Oltre la settimana: la sfida delle previsioni a lungo termine.*

Il workshop intende facilitare il confronto fra diversi professionisti del settore – modellisti, ricercatori, meteorologi operativi – e stimolare una discussione sul tema delle previsioni sub-stagionali e stagionali.

Sarà possibile partecipare all'evento in presenza, previa registrazione, o in streaming, tramite il seguente link:

bit.ly/workshopaisam2023

Per maggiori informazioni si rimanda alla *Sezione Professionisti* di questa Newsletter.

Primo Workshop "Climate Change and Security" organizzato dal Centro di Ricerca e Sperimentazione Marittima della NATO (CMRE)



Vi segnaliamo il Primo Workshop organizzato dal Centro di Ricerca e

Sperimentazione Marittima della NATO (CMRE) sul tema "Climate Change and Security".

Il workshop si svolgerà a Lerici (La Spezia, Italy), dal 3 al 5 ottobre 2023 e sarà incentrato su:

- Conseguenze del cambiamento climatico che potrebbero influenzare in modo significativo la pianificazione e le operazioni dell'Alleanza ed avere un impatto profondo sulla sicurezza dei nostri alleati;
- Analisi delle possibili soluzioni per gli impatti dei cambiamenti climatici che influiscono sulle operazioni navali e sulla sicurezza delle aree costiere e delle strutture marittime e delle loro operazioni.

Maggiori info si trovano al sito:

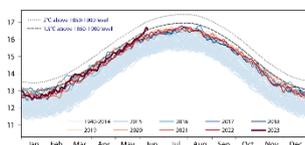
www.climatechangesecurity.org

Le keynote offerte sono visibili qui:

<https://www.climatechangesecurity.org/keynote-talks/>

Il Workshop non richiede quota di partecipazione.

Nei primi giorni di giugno è stato superato il limite di 1.5°C



Dopo la dichiarazione ufficiale dell'emergere di El Niño e le temperature record della superficie marina del mese di maggio,

la prima decade di giugno ha registrato le temperature più alte mai registrate per questo periodo dell'anno. Inoltre, questa è stata la prima volta che le temperature globali hanno superato il livello preindustriale di oltre 1.5°C durante il mese di giugno.

Questa non è la prima volta che la temperatura media globale giornaliera ha superato il livello di 1.5°C, tale soglia è stata superata per la prima volta nel mese di dicembre 2015, e ripetutamente superata negli inverni e nelle primavere del 2016 e del 2020. Inoltre, è importante notare che il limite di 1.5°C stabilito dall'Accordo di Parigi non è ancora stato superato, in quanto previsto per le medie ventennali o trentennali, non per brevi periodi di tempo come giorni o mesi.

Ulteriori dettagli disponibili al link:

https://climate.copernicus.eu/tracking-breaches-150c-global-warming-threshold?utm_source=press&utm_medium=referral&utm_campaign=pr-globalwarminglimit-june23

Facciamo Luce sul Clima



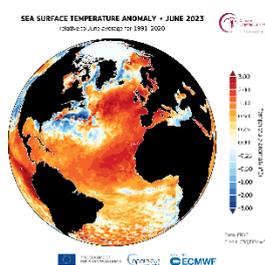
3BMeteo in collaborazione con il Comune di Bergamo organizza l'evento di divulgazione scientifica "Facciamo Luce sul Clima", che si terrà presso il Monastero di Astino (Bergamo) durante le giornate di venerdì 6 e sabato 7 ottobre 2023.

La due giorni, conclude la rassegna "Diamo Luce alla Meteorologia", promossa in occasione delle celebrazioni per Bergamo Brescia Capitali Italiane della Cultura 2023. Per

l'occasione verrà presentato in anteprima il documentario #GreenlandMission, ottenuto dal team di 3BMeteo durante la missione che li ha visti protagonisti nello scorso giugno tra i ghiacci dell'artico groenlandese. Saranno presenti i meteorologi e l'intero team di 3BMeteo e le principali istituzioni del mondo della meteorologia e della climatologia italiana. Inoltre, sarà possibile visitare l'area expo delle associazioni meteorologiche e le mostre fotografiche dedicate alla missione in Groenlandia e del contest "Facciamo Luce sul Clima".

Per maggiori dettagli sul programma e sull'iscrizione si rimanda al seguente link: <https://eventi.3bmeteo.com/>

Record di riscaldamento del Nord Atlantico: il giugno più caldo mai registrato a livello globale



Nel mese di maggio 2023, le temperature della superficie del mare a livello globale sono state più elevate rispetto a qualsiasi maggio precedente, una tendenza che è continuata fino a giugno, con l'oceano che ha registrato globalmente

temperature della superficie del mare più elevate rispetto a qualsiasi giugno precedente.

Nell'Atlantico settentrionale sono state registrate anomalie della temperatura superficiale del mare eccezionalmente calde, causate da una combinazione di circolazione anomala a breve termine nell'atmosfera e cambiamenti a lungo termine nell'oceano

Sono state registrate ondate di calore marine estreme intorno all'Irlanda, nel Regno Unito e nel Mar Baltico.

Secondo Carlo Buontempo "Queste condizioni eccezionali nell'Atlantico settentrionale evidenziano la complessità del sistema terrestre e ci ricordano l'importanza di monitorare il clima globale quasi in tempo reale. L'interazione tra variabilità locale e globale insieme alle tendenze climatiche è essenziale per gestire meglio i rischi e progettare politiche di adattamento efficienti."

Maggiori dettagli disponibili al seguente link:

https://climate.copernicus.eu/record-breaking-north-atlantic-ocean-temperatures-contribute-extreme-marine-heatwaves?utm_source=press&utm_medium=referral&utm_campaign=pr-CBjune23

Dottorato Nazionale in Scienze Polari



Università
Ca' Foscari
Venezia

è stato aperto lo scorso giovedì 3 agosto il Bando per il Dottorato in Scienze Polari presso l'Università Ca' Foscari di Venezia per l'a.a. 2023/2024 - 39° ciclo.

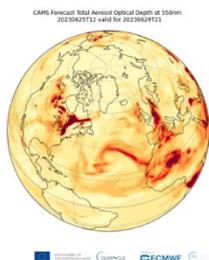
Il Bando scadrà lunedì 4 settembre.

Ai seguenti indirizzi trovate i link al bando in entrambe le lingue:

IT <https://www.unive.it/web/it/2191/bando-din-scienze-polari>

ENG <https://www.unive.it/pag/48612/>

Le emissioni degli incendi canadesi tra maggio e giugno sono le più alte mai registrate



A seguito di condizioni insolitamente secche e temperature elevate, dall'inizio di maggio in Canada si sono verificati diversi incendi. Iniziati nella parte occidentale del paese, si sono estesi successivamente alle regioni orientali, portando a un totale di

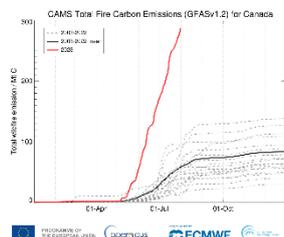
circa 160 megatonnellate di emissioni di carbonio, che alla data del 26 giugno risultavano come le più alte emissioni totali annuali stimate per il Canada sulla base del dataset CAMS Global Fire Assimilation System (GFAS) disponibile a partire dal 2003 ad oggi.

Il fumo di questi incendi ha portato a un significativo deterioramento della qualità dell'aria in tutto il Nord America e ha persino raggiunto la costa europea attraverso l'Atlantico nella seconda settimana di giugno. Il servizio di monitoraggio dell'atmosfera di Copernicus (CAMS) ha monitorato il trasporto del fumo, nonché l'intensità e le emissioni stimate degli incendi.

Maggiori dettagli disponibili al seguente link:

https://atmosphere.copernicus.eu/europe-experiences-significant-transport-smoke-canada-wildfires?utm_source=socialmedia&utm_medium=tw&utm_campaign=canadawildfires_0723

Le emissioni di carbonio degli incendi boschivi in Canada nel 2023 hanno già raddoppiato il precedente record annuale



Il Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) sta monitorando da vicino gli incendi che hanno colpito il Canada dall'inizio di maggio. Gli incendi si sono propagati alle latitudini più settentrionali nei Territori del

Nordovest, compreso all'interno del Circolo Polare Artico, producendo significative emissioni di fumo. Alla fine di luglio, il totale stimato delle emissioni di carbonio degli incendi boschivi per l'anno fino ad oggi ha raggiunto livelli ben al di sopra di qualsiasi totale annuale precedente nel Global Fire Assimilation System v1.2 (GFASv1.2) che inizia il 1° gennaio 2003. Attualmente, le emissioni totali di carbonio provenienti dagli incendi boschivi dal Canada sono di circa 290 megatonnellate, mentre il record precedente registrato nel 2014 era di 138 megatonnellate.

Per un approfondimento su questo tema si rimanda la seguente link:

https://atmosphere.copernicus.eu/record-breaking-boreal-wildfire-season?utm_source=press&utm_medium=referral&utm_campaign=news-borealwildfires-aug23

A luglio si sono registrate in Grecia le emissioni da incendi più elevate degli ultimi due decenni

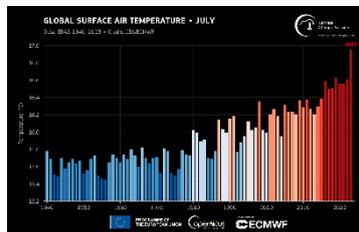


Dal 17 luglio diversi incendi hanno colpito la Grecia, tra cui quelli in Attica e Rodi sono stati particolarmente importanti. Le emissioni di questi incendi

hanno raggiunto livelli record, con un totale stimato di 1 megatonnellata di emissioni di carbonio tra il 1° luglio e il 25 luglio. Tali emissioni raddoppiando il record del luglio 2007. Per maggiori dettagli si rimanda al seguente link:

https://atmosphere.copernicus.eu/greece-sees-its-most-intense-wildfire-emissions-july-record?utm_source=press&utm_medium=referral&utm_campaign=pr-mediterraneanfires

Luglio 2023: le temperature globali dell'aria e degli oceani raggiungono nuovi massimi record



Dopo il giugno più caldo mai registrato e una serie di eventi meteorologici estremi, tra cui ondate di caldo in Europa, Nord America e Asia e

incendi in Canada e Grecia, i dati ERA5 del Copernicus Climate Change Service (C3S) mostrano che il luglio 2023 è stato il mese più caldo registrato a livello globale e ha battuto diversi record a scala giornaliera.

Il mese è iniziato con il record giornaliero della temperatura media globale dell'aria in prossimità della superficie che è stato superato per quattro giorni consecutivi, dal 3 al 6 luglio. Tutti i giorni del resto di luglio sono stati più caldi rispetto al precedente record di 16,80°C, stabilito il 13 agosto 2016, rendendo i 29 giorni dal 3 al 31 luglio i 29 giorni più caldi mai registrati. Il giorno più caldo è stato il 6 luglio, quando la temperatura media globale ha raggiunto i 17,08°C. Durante la prima e la terza settimana del mese, le temperature hanno anche temporaneamente superato la soglia di 1,5°C sopra il livello preindustriale – un limite fissato dall'Accordo di Parigi, per la prima volta nel mese di luglio.

Anche la Sea Surface Temperature (SST) ha fatto segnare record importanti nel mese di luglio.

I dati C3S confermano che luglio 2023 è stato il luglio più caldo e il mese più caldo nel record di dati ERA5, che parte

dal 1940. La temperatura media mensile è stata di 16.95°C, ben al di sopra del precedente record di luglio 2019 (16.63°C). La SST media globale, che solitamente raggiunge il suo massimo nel mese di marzo, dopo un forte aumento iniziale all'inizio di marzo e un leggero calo nei mesi di aprile e maggio, ha continuato a salire fino a raggiungere il valore più alto nel dataset C3S ERA5 pari a 20.96°C il 31 luglio. Questo valore è leggermente superiore al record precedente, di marzo 2016, di 20.95°C.

Per maggiori dettagli si rimanda ai seguenti link:

https://climate.copernicus.eu/july-2023-sees-multiple-global-temperature-records-broken?utm_source=press&utm_medium=referral&utm_campaign=CBjuly23
https://climate.copernicus.eu/global-sea-surface-temperature-reaches-record-high?utm_source=press&utm_medium=referral&utm_campaign=CBjuly23

Record europeo di dimensione della grandine



Il comunicato dell'European Severe Storm Laboratory (ESSL) sancisce il nuovo record europeo di dimensioni di un chicco di grandine, record che si aggiudica l'Italia. La prima sequenza di temporali severi che hanno interessato la Pianura Padana e il Nord-est in particolare, il 19 luglio, avevano già fatto registrare un primo record a Carmignano di Brenta, dove era caduto un chicco di grandine di 16 cm di diametro. Solo pochi giorni dopo, il 24 luglio, una nuova sequenza di eventi estremamente intensi, supercelle in particolare, ha prodotto grandinate distruttive, una delle quali caratterizzata da un gigantesco chicco di grandine di ben 19 cm di diametro ad Azzano Decimo. Oltre a sancire il nuovo record europeo, questa grandinata avvicina il record mondiale di dimensioni della grandine, detenuto dal 2010 dalla località di Vivian (South Dakota, USA), dove si sono raggiunti 20.3 cm di diametro.

Trovate un approfondimento nella sezione *In Primo Piano*.

Conferenza annuale SISC 2023



L'undicesima edizione della Conferenza Annuale della Società Italiana per le Scienze del Clima (SISC) si terrà a Milano dal 22-24 novembre, ospitata presso la sede della Regione Lombardia e co-organizzata dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente. Adattamento, gestione del rischio e resilienza saranno le

tematiche portanti dell'evento che quest'anno dedica una sessione all'analisi degli eventi estremi, organizzata assieme ad AISAM.

Al seguente link trovate il sito della conferenza:

<https://www.sisclima.it/conferenza-annuale-2023/>

Disponibile on-line il rapporto "Clima in Italia nel 2022"



A fine luglio è stato pubblicato sul sito il rapporto ISPRA-SNPA sul clima in Italia nel 2022, che continua una serie iniziata nel 2006. La prima parte del volume descrive l'andamento del clima nel corso dell'ultimo anno e aggiorna la stima delle variazioni climatiche negli ultimi decenni in Italia sulla base di dati, statistiche, indici e indicatori climatici derivati dal Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA).

La seconda parte raccoglie contributi di approfondimento, dalla scala nazionale alla scala locale, sui principali elementi che hanno caratterizzato il 2022: la siccità e la scarsità idrica, il caldo, gli eventi idro-meteo-climatici e meteo-marini significativi. Il 2022 è infatti stato un anno caratterizzato da temperature e siccità record.

Il rapporto può essere scaricato sul seguente sito:

https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2023/07/Rapporto_clima_SNPA_2022_14_07_23.pdf

A Bologna l'International Symposium di Data assimilation



Per la prima volta in Italia, farà tappa a Bologna dal 16-20 ottobre uno dei più prestigiosi eventi internazionali dedicato all'assimilazione dati.

Organizzato dal Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna con il supporto di ItaliaMeteo, ARPAE e ECMWF, il congresso si terrà presso il Palazzo dei Congressi e vedrà la partecipazione di numerosi scienziati di diverse discipline, dalla meteorologia al clima, dalla matematica all'informatica, afferenti a istituti di ricerca e centri operativi di tutto il mondo.

Maggiori dettagli disponibili al seguente link:

<https://eventi.unibo.it/isda2023>

Nella peggiore delle ipotesi

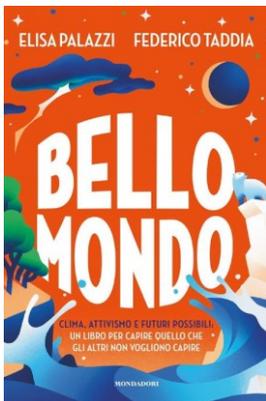


Autore **Andrea Giuliacci**, Edizioni **Rizzoli**

I dati meteo raccolti nel corso degli ultimi decenni confermano con certezza che il clima sta cambiando, e lo sta facendo con una rapidità che non si può spiegare considerando i soli cicli naturali: la mano dell’Uomo è evidente e pesante. Ma come il cambiamento climatico cambierà le nostre vite, soprattutto se non faremo nulla per contrastarlo? Ce lo spiega Andrea Giuliacci nel suo ultimo libro, **“Nella peggiore delle ipotesi”**, pubblicato da Rizzoli: un racconto di come potrebbero cambiare il paesaggio, le città, l’economia, la politica internazionale e i rapporti sociali a causa di un clima sempre più estremo. La descrizione di un futuro possibile, basata su numerose ricerche scientifiche che partono dalle più aggiornate proiezioni climatiche e che tracciano scenari in cui, ad esempio, per colpa del clima estremo oltre il 10% della popolazione mondiale sarà costretta ad abbandonare la propria casa, aumenterà il numero dei crimini violenti, rischieremo grandi crack finanziari,

tornerà la minaccia di malattie oramai estinte da millenni e gli architetti saranno costretti a stravolgere le nostre città. Il futuro però non è ancora scritto e la Scienza già oggi ci fornisce gli strumenti adeguati per affrontare e contrastare efficacemente il cambiamento climatico, a patto di non dimenticare, come ci ricorda l’autore, un tassello fondamentale: l’istruzione delle nuove generazioni, per “costruire” già oggi gli adulti di domani più attenti al rispetto dell’ambiente e disposti a uno stile di vita più sostenibile. Un libro quindi che, oltre a spiegare con linguaggio semplice il cambiamento climatico e le sue cause, ne mostra i possibili effetti futuri, senza tralasciare di indicare la strada da percorrere per evitare, appunto, la peggiore delle ipotesi.

Bello Mondo. Clima, attivismo e futuri possibili: un libro per capire quello che gli altri non vogliono capire



Autori **Elisa Palazzi** e **Federico Taddia**, Edizioni **Mondadori**

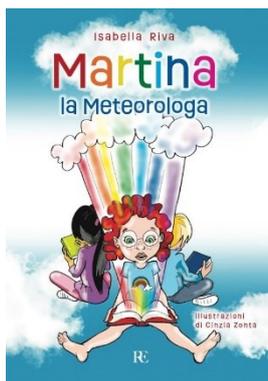
Bello Mondo è stato un [podcast](#) e ora è anche un libro, uscito a giugno 2023 per [Mondadori](#), scritto da Elisa Palazzi, climatologa dell’Università di Torino e divulgatrice, e Federico Taddia, giornalista, autore e scrittore da anni impegnato nella divulgazione scientifica su tematiche ambientali. È un libro dedicato ai ragazzi e alle ragazze, ma pensato per tutti. È un libro per capire, per studiare, per approfondire un tema difficile e complesso, ma anche estremamente ricco e affascinante, come il clima. È un libro per scoprire quali e quanti strumenti abbiamo in mano per affrontare al meglio le conseguenze del cambiamento climatico e per evitare che la situazione peggiori, e che dà spunti su come e a chi “rompere le scatole” perché si facciano le scelte giuste.

Non siamo spacciati e possiamo ancora intervenire per assicurarci un futuro equo e sano, felice e sicuro, ma per capire come farlo dobbiamo prima studiare, conoscere i rischi che stiamo correndo, e le modalità con cui possiamo prevenirli e adattarci.

Il pianeta sta cambiando, e così dovremo fare noi, con gesti positivi e giusti. Questo libro è anche uno sprono al nostro cambiamento, una spinta gentile ad appassionarsi al nostro (unico) Bello Mondo. Come ci suggerisce anche l’omonima poesia di Mariangela Gualtieri cui il titolo è ispirato.

“Stare dalla parte di Bello Mondo significa fare qualcosa.
Non solo sapere di doverlo fare, ma capire perché.
Non solo sapere cosa fare, ma capire quando.
Non solo sapere intervenire, ma capire come.
Significa fare qualcosa ora.”

Martina la meteorologa

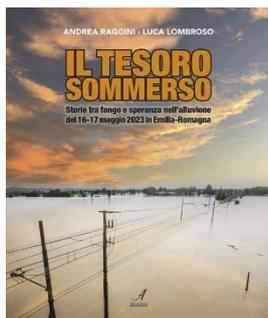


Autore **Isabella Riva**, Edizioni **Ronca**

“La meteorologia è una cosa seria, e come tutte le cose serie va affidata ai bambini”. Martina la meteorologa è un libro per bambini, di un’età compresa tra i 5 e i 12, ma forse anche prima e forse anche dopo. Scritto da Isabella Riva e illustrato dalla brava Cinzia Zonta, è un libro di giochi, esperimenti, laboratori, tutto dedicato alla meteorologia. Diviso in 12 capitoli, uno per ogni mese dell’anno, il volume spiega con poche e semplici parole i maggiori fenomeni del tempo atmosferico, e per ogni argomento ci sono dei piccoli esperimenti, che aiutano a capire il fenomeno, dei laboratori, per costruire per esempio rudimentali strumenti per catturare alcuni degli elementi del tempo, giochi enigmistici o lavoretti fai da te per esercitare mani e testa. Tutto a tema meteo! I materiali per costruire e sperimentare sono tutti reperibili in casa, non serve niente di speciale per divertirsi con il tempo. Martina accompagna i ragazzi

alla scoperta del tempo, insieme al suo gruppetto di amici, ciascuno di loro appassionato di un argomento che, proprio per la loro curiosità, sono stati chiamati le testoline! La passione di Martina è la meteorologia, ma abbiamo anche un’attivista ambientale, un astrofilo in erba e un naturalista cuoco. Chissà che anche loro non abbiano voglia di farci conoscere la loro passione...

Il Tesoro Sommerso: Storie tra fango e speranza nell'alluvione del 16-17 maggio 2023 in Emilia Romagna



Autori **Andrea Raggini** e **Luca Lombroso**, Edizioni **Artestampa**

Il libro "IL TESORO SOMMERSO - Storie tra fango e speranza nell'alluvione del 16-17 maggio 2023 in Emilia Romagna" è scritto da Andrea Raggini e Luca Lombroso e pubblicato da Edizioni Artestampa. Questo libro eccezionale rappresenta una testimonianza unica e coinvolgente dell'impatto devastante dell'alluvione che ha colpito l'Emilia-Romagna nel maggio 2023. Il libro nasce da un progetto dell'associazione Emilia Romagna Meteo a.p.s., tolti i costi di stampa e produzione, i proventi del libro saranno devoluti alle comunità colpite dall'alluvione.

"IL TESORO SOMMERSO" è un volume che combina descrizioni, analisi meteorologiche, commoventi testimonianze e fotografie mozzafiato per offrire una prospettiva completa dell'evento.

La prima parte del libro, curata da Luca Lombroso, analizza in forma di racconto l'evolversi della situazione meteo e fornisce un'analisi dettagliata sulle precipitazioni e le anomalie pluviometriche. Nonché l'importanza dell'allerta meteo rossa emessa per questo evento. Questa sezione comprende un approfondimento a cura del meteorologo AMPRO Pierluigi Randi sulle precipitazioni e i dati raccolti durante l'alluvione.

La seconda parte del libro, curata da Andrea Raggini, giornalista pubblicista e social curator di Emilia Romagna Meteo a.p.s., si concentra sulle storie di vita, di problemi e di resilienza delle persone che hanno subito e vissuto l'alluvione. Questa sezione include una selezione di fotografie spettacolari fornite dai follower della pagina Facebook di Emilia Romagna Meteo a.p.s. e da fotografi professionisti, tra cui Andrea Bonavita ed Emanuele Valeri. Inoltre, sul retro copertina del libro è presente un commento sull'evento alluvionale del colonnello Mario Giuliacci.

"IL TESORO SOMMERSO" è un progetto editoriale ambizioso per sostenere le popolazioni colpite dall'alluvione. Una volta coperti i costi di produzione, gli utili e i compensi solitamente previsti per gli autori saranno devoluti a Emilia Romagna Meteo a.p.s. per sostenere le comunità locali nella loro lotta per la ripresa.

Il libro è acquistabile online tramite il sito web di Edizioni Artestampa visitando il seguente link:

<https://www.artestampaedizioni.it/prodotto/il-tesoro-sommerso/>

In alternativa, gli interessati possono effettuare l'ordine inviando una mail a carlo@edizioniartestampa.com

IN PRIMO PIANO

RICORDANDO BERNACCA Fivizzano (MS) – 16 settembre 2023

16 | 09 | 2023

Ricordando Bernacca
Una giornata per celebrare e ricordare Edmondo Bernacca a 30 anni dalla sua scomparsa. Incontri, mostre, laboratori sul meteo e non solo.

SAVE THE DATE



Comune
di Fivizzano



CENTO ANNI DELL'AERONAUTICA MILITARE
In volo verso il futuro



Patrocini



ItaliaMeteo

Mediapartner
Rai Pubblica
Utilità

Mediapartner



In collaborazione con



Il 15 settembre p.v. ricorrerà il 30° anniversario della scomparsa del Generale Edmondo Bernacca.

Su invito della Famiglia, ed in collaborazione con il Comune di Fivizzano e del Meteo Museo Edmondo Bernacca (<https://museobernacca.wixsite.com/mmeb>), l'Associazione Italiana di Scienze dell'Atmosfera e Meteorologia (AISAM – www.aisam.eu) sta organizzando un evento per ricordare l'Uomo ed il Meteorologo entrato a far parte della vita e delle esperienze di gran parte degli Italiani.

L'appuntamento è per sabato 16 settembre, a Fivizzano (MS), presso il Meteo Museo Edmondo Bernacca, inaugurato il 23 giugno 2018 per volere della Famiglia, nel luogo dove il Generale amava trascorrere gran parte del Suo tempo libero e dove riposa, insieme alla Sua adorata Consorte.

Il programma della giornata, ancora in fase di definizione, prevede:

- | | |
|---------------|--|
| 10:00 | Apertura MeteoMuseo Edmondo Bernacca
Inaugurazione Mostre: <ul style="list-style-type: none">• SERENO, di Fulvia Bernacca, sulla figura del suo grande nonno• CAPITALOCENE, di Michele Lapini, sulla crisi climatica in Italia |
| 10:15 – 13:00 | AQUILONI STORICI, a cura di Andrea Casalbani (presentazione, laboratorio per bambini e ragazzi, dimostrazione di volo di aquiloni storici per la meteorologia) |
| 15:00 | Saluti istituzionali |
| 15:30 | COMUNICARE IL CAMBIAMENTO CLIMATICO – Tavola rotonda |
| 16:30 | Presentazione del libro SERENO, di Fulvia Bernacca |
| 17:00 | LA METEOROLOGIA DA BERNACCA AD OGGI – Tavola rotonda |
| 18:15 | Chiusura della giornata |

L'evento sarà fruibile sia in presenza e sia in diretta streaming e rappresenta una ghiotta occasione per incontrarci nel luogo tanto caro al Generale Bernacca, ricordare e rivivere molte delle sue vicende (sapientemente documentate nel Museo a Lui dedicato) e discutere sullo stato attuale della meteorologia e della climatologia in Italia e nel mondo.

L'evento tornadico in Romagna del 22 luglio 2023



Figura 1. Ricostruzione del percorso del tornado

Introduzione

La giornata di sabato 22 luglio è stata caratterizzata da un intenso evento temporalesco sul Nord Italia, in particolare sull'Emilia-Romagna centro-orientale. Una supercella (ossia un temporale in cui la corrente ascendente è caratterizzata da un moto rotatorio) si è sviluppata nel corso della mattinata in provincia di Milano, ha attraversato parte dell'Emilia-Romagna, il Mar Adriatico e si è infine dissipata completamente lungo la costa del Montenegro a sera inoltrata. Nel corso della sua vita la supercella ha prodotto prima qualche grandinata sparsa sulla Lombardia meridionale e successivamente grandine ben più persistente e grave dal confine tra le province di Modena e Mantova fino alla costa, con chicchi stimati fino a 10 cm di diametro. La grandine ha causato almeno 5 feriti sul ferrarese meridionale con importanti danni ad agricoltura, veicoli e edifici. Oltre alla grandine, la supercella è stata responsabile anche di un evento tornadico rilevante sul ravennate nordoccidentale attorno le ore 15:15 locali. Un'altra supercella ha causato delle grandinate tra parmense e bolognese nel primo pomeriggio.

Il tornado

La supercella, prima di generare la tromba d'aria, ha causato danni legati a raffiche lineari da downburst nel territorio di Medicina (BO) e soprattutto in quello di Voltana di Lugo (RA); nel centro abitato infatti si sono avuti gravi danni sia alla vegetazione che ai tetti delle case. Il tornado si è formato appena ad est di Voltana e si è mosso dapprima verso est e successivamente ha virato a destra acquistando una componente meridionale. Dopo

aver attraversato la località di Chiesa Nuova, le frazioni nord di Alfonsine (RA) di Taglio Corelli, San Gregorio e Borgo Seganti, il vortice si è esaurito appena ad est di Savarna di Ravenna percorrendo circa 16.7 km. Purtroppo, sono stati contati 14 feriti. In Figura 1 viene riportata la ricostruzione del percorso con un poligono che identifica la zona interessata dalla circolazione tornadica.

La distanza percorsa dal vortice è significativa, ma ciò che lo rende un evento ancora più rilevante è la sua dimensione ed intensità. Dopo aver analizzato la documentazione raccolta, il diametro massimo del tornado era probabilmente di circa 1300 metri, una dimensione che in Italia è stata osservata solo occasionalmente e l'unico precedente noto di tornado di simili dimensioni in Pianura Padana si è verificato in Emilia-Romagna il 4 luglio 1965. Dal punto di vista dell'intensità, è il tornado più intenso osservato in provincia di Ravenna in quanto i danni più gravi sono classificabili al grado F3 della scala Fujita, ed è il tornado più intenso in Italia dall'evento dell'8 luglio 2015 sul veneziano (F4). In Figura 2 vengono mostrati due esempi di danni valutati come F3, quali un edificio agricolo in mattoni semidistrutto ed un'abitazione con gravi danni al primo piano.

L'international fujita scale

Per valutare l'intensità del tornado il gruppo di PRETEMP (www.pretemp.it, De Martin et al (2023)) si è avvalso della International Fujita Scale, un'alternativa alla scala Fujita per i tornado elaborata recentemente dall'European Severe Storms Laboratory (ESSL) a partire dal 2011 (Groenemeijer et al, 2023). La scala ideata da Fujita nel



Figura 2. Danni ad est di Voltana documentati da Mattia Palombo (Emilia Romagna Meteo), valutabili come di grado F3

1971 (Fujita, 1971) fu sviluppata prendendo in considerazione gli standard edilizi statunitensi e la stessa cosa si può dire per la successiva scala EF (Enhanced Fujita) del 2007 (Potter, 2007). Dopo l'introduzione della scala EF, altre nazioni (principalmente Canada e Giappone) l'hanno adottata apportando delle modifiche in base ai propri standard ma nessuna applicazione in Europa è mai stata ufficializzata con le dovute modifiche. Utilizzando anche le informazioni raccolte durante i sopralluoghi dei percorsi dei tornado F4 della Riviera del Brenta del 2015 e della Repubblica Ceca meridionale del 24 giugno 2021, l'ESSL ha quindi sviluppato una scala di valutazione dei danni da vento (non solo dei tornado) in base all'edilizia, ai veicoli, la vegetazione ed altri fattori tipici del continente europeo, la scala International Fujita (IF Scale). Questa scala utilizza range di velocità del vento per i gradi d'intensità più simili a quelli teorizzati da Fujita piuttosto che a quelli utilizzati nella scala EF, in quanto prende in considerazione la velocità del vento istantanea a livello del suolo, anziché la velocità media su 3 secondi a 10 metri. Il risultato sono 9 gradi di intensità da applicare a 22 indicatori di danno (per esempio un edificio, suddiviso in struttura, tetto e copertura, o veicoli da strada) più un indicatore di velocità del vento misurata da strumentazione adatta. In Figura 3 vengono riportati i paragoni tra le varie scale di valutazione dei tornado esistenti.

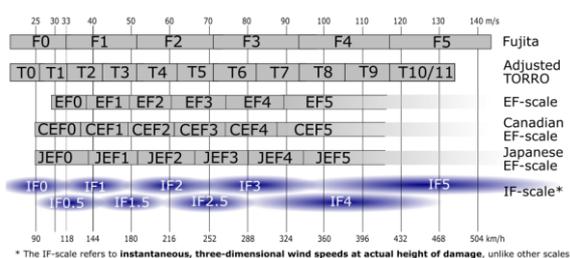


Figura 3. Paragoni tra le scale d'intensità dei tornado (fonte: ESSL)

La ricostruzione del percorso

Il tornado è rimasto avvolto per tutta la sua durata da precipitazioni e raffiche lineari di Rear Flank Downdraft e pertanto non esiste documentazione fotografica del vortice. Alcuni danni osservati nell'area colpita hanno suggerito il transito di un vortice; tuttavia, intensi downbursts sono in grado di causare danni pari a quelli di un tornado di medio-bassa intensità, per cui inizialmente l'effettivo passaggio di una tromba d'aria era dubbio. Diversi appassionati ed esperti del settore, alcuni in assidua collaborazione con PRETEMP, si sono recati sul posto per condurre dei sopralluoghi allo scopo di verificare l'effettivo verificarsi di una tromba d'aria e per ricostruirne il percorso. Questo preziosissimo e prolungato impegno, combinato al materiale raccolto sui social network ed in rete, ha reso possibile la ricostruzione dettagliata del percorso e l'applicazione del protocollo della scala IF ad ogni indicatore di danno. In tutto sono stati ottenuti 442 indicatori di danno, di cui 8 che supportano la classificazione ad IF3, coerentemente alla classificazione preliminare ottenuta con la Fujita.

La presentazione della scala IF all'ECSS 2023 (European Conference on Severe Storms) di Bucarest e l'ufficializzazione della stessa a inizio agosto sono calzate a pennello per l'applicazione di questa scala all'evento del 22 luglio 2023. Questo episodio ha sottolineato l'importanza del condurre sopralluoghi dopo un evento potenzialmente tornadico. Frequentemente capitano situazioni di incertezza sulla natura di danni da vento convettivo, anche a causa dell'assenza di mappe di riflettività radar e velocità radiali ad alta risoluzione. Tali situazioni necessitano di recarsi sul posto nel minor tempo possibile così da analizzare al meglio la "scena del crimine" e documentare i danni per poter ricostruire l'evento e verificarne la natura lineare (downburst) o vorticoso (tornado). I sopralluoghi vengono fatti anche attraverso l'utilizzo di droni, rispettando l'operato delle autorità e le

vittime dirette dell'evento, e permettono di ottenere informazioni su dimensione, lunghezza ed intensità del tornado.

I sopralluoghi al seguito del passaggio di un tornado sono pratica abituale negli Stati Uniti da decenni. PRETEMP, con il fondamentale aiuto di molti meteo-appassionati, sta cercando di portare avanti questa pratica anche in Italia allo scopo di costruire una più accurata climatologia delle trombe d'aria nel Paese: l'episodio del 22 luglio 2023 è finora la migliore ricostruzione di percorso ed intensità di un tornado che il gruppo è riuscito a fare.

Ringraziamenti

PRETEMP ringrazia Alessio Ceragioli, Samuele Montedoro, Nicola Pirondini, Luca Tec, Federico Zandona, Gabriele Saviotti, Mattia Palombo (Emilia Romagna Meteo), Roberto Ghiselli e Pierluigi Randi per i sopralluoghi condotti nell'area colpita dal tornado. Il gruppo ringrazia inoltre Davide Rosa per l'aiuto nella valutazione dei danni.

Bibliografia

De Martin, F., Carlon, N., Pavan, F., Carpentari, S., Giazzi, M., Peressutti, G., Miglietta, M. M., and Davolio, S.: Toward a dedicated warning system

of severe storms in Italy: the PRETEMP project, 11th European Conference on Severe Storms, Bucharest, Romania, 8–12 May 2023, ECSS2023-18, <https://doi.org/10.5194/ecss2023-18>, 2023

Fujita, T. T. (1971): Proposed characterization of tornadoes and hurricanes by area and intensity (No. NASA-CR-125545)

Potter, S. (2007): Fine-Tuning Fujita: After 35 years, a new scale for rating tornadoes takes effect, *Weatherwise*, 60, 64–71, 180 <https://doi.org/10.3200/WEWI.60.2.64-71>

Groenemeijer, P., Bock, L., De Dios Soriano, J., Dutkiewicz, M., Gutiérrez-Rubio, D., Holzer, A. M., Hubrig, M., Kaltenberger, R., Kühne, T., Müller, M., Ploeg, B. V. D., Púčik, T., Schreiner, T., Šinger, M., Strommer, G., Xhelaj, A. (2023): The International Fujita (IF) Scale for tornado and wind damage assessments https://www.essl.org/cms/wp-content/uploads/IF-scale_v1.0c.pdf

Autori:



Federico Pavan e Francesco De Martin

Gli eventi meteorologici, idrologico-idraulici di maggio 2023 in Emilia-Romagna

Durante il mese di maggio 2023 la regione Emilia-Romagna è stata interessata da una successione di eventi di precipitazione, rilevanti in termini di cumulate totali e vastità del territorio interessato, che hanno provocato centinaia di fenomeni franosi nelle zone appenniniche centro-orientale della regione con ingenti danni alle infrastrutture viarie, e fenomeni di piena superiori ai massimi storici nella pianura bolognese, ravennate e forlivese con numerose rotte e sormonti arginali e conseguenti allagamenti di vaste zone agricole ed insediamenti civili e produttivi.

I fenomeni più significativi sono avvenuti tra l'1 e il 3 maggio e tra il 16 e il 17 maggio, tuttavia ulteriori precipitazioni si sono verificate tra il 9 e il 10 e fenomeni temporaleschi hanno interessato la regione tra il 12 e il 14 maggio.

Per comprendere l'entità degli eventi sono state confrontate le cumulate di precipitazione con la climatologia dell'Emilia-Romagna, utilizzando il dataset climatico Eraclito[1].

Anche se non è piovuto uniformemente su tutta la regione (figura 1), se si considera la pioggia caduta complessivamente durante la sequenza degli eventi di maggio si raggiunge un valore di precipitazione cumulata media regionale di 221,40 mm che risulta essere il massimo valore di cumulata su 17 giorni di precipitazione media mai registrato in Emilia-Romagna dal 1961.

Nelle zone comprese tra i rilievi del bolognese e della Romagna, dove si sono osservate le cumulate di

precipitazioni maggiori, è stato valutato che l'80% dei pluviometri ha registrato record storici di precipitazione, con valori oltre i 300-400 mm cumulati nel periodo, e massimi di 609,8 mm a Trebbio (Modigliana, bacino del Lamone), e 563,4 mm a Le Taverne (Fontanelice, bacino del Santerno).

La pioggia caduta in queste zone nell'intero periodo rappresenta circa un quarto del valore cumulato climatico annuo, mentre in ciascuno dei due eventi principali (1-3 maggio e 16-17 maggio) ha superato nettamente il valore climatico cumulato mensile.

Andando più indietro nel tempo, un evento simile sugli stessi territori è riportato negli annali del 1939, quando nel mese di maggio si verificarono centinaia di fenomeni franosi sull'Appennino ed inondazioni sulla pianura romagnola, sia pure in un contesto di insediamenti e infrastrutture non confrontabile con l'attuale. La pioggia di maggio 2023, in tutte le stazioni esistenti dagli anni '20, ha superato l'evento del 1939, configurandosi come il più elevato mai registrato sul territorio in esame per precipitazione in 24 e 48 ore, nonché nel più lungo periodo di 17 giorni.

Prendendo in considerazione i singoli eventi, è interessante notare come i valori di cumulata raggiunti tra l'1 e il 3 maggio siano stati determinati da precipitazioni non particolarmente significative in termini di intensità oraria, perlopiù comprese tra 2 e 5 mm/h e con qualche rovescio più intenso di intensità massima pari a 15-20 mm/h, ma cadute ininterrottamente sulle stesse zone per quasi due giorni. La causa della persistenza delle

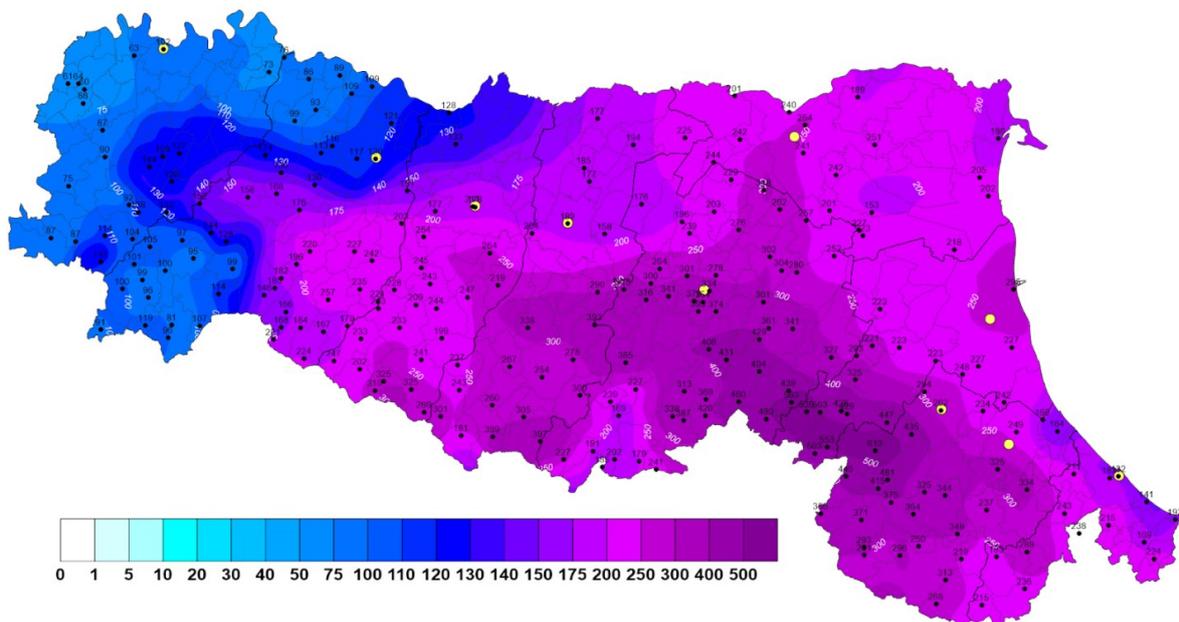


Figura 1. Precipitazioni cumulate sulla Regione nel periodo 1-17 maggio 2023 (dataset ERG5)

precipitazioni è da attribuire al minimo di pressione nei bassi strati che si è isolato in seguito alla discesa di una saccatura di origine polare sul Mediterraneo centrale durante la giornata del 1 maggio e che, bloccato dalla presenza di un promontorio anticiclonico sull'Europa orientale, è rimasto quasi stazionario sull'Italia centrale fino alla giornata del 3 maggio (figura 2). L'azione di questo vortice ha continuato ad alimentare l'incontro di masse d'aria umide sud-orientali, in risalita dal settore adriatico, con correnti d'aria più fredde nord-orientali, generando così le persistenti precipitazioni che hanno interessato la regione. L'interazione con la catena appenninica ha amplificato gli effetti nel versante sopravvento, concentrando le piogge sul settore collinare centro-orientale della regione, dove si sono raggiunte cumulate mediamente superiori ai 200 mm/48 ore. Questi valori rappresentano i massimi della serie storica per oltre la metà delle stazioni pluviometriche, con tempi di ritorno stimati superiori ai 100 anni per le piogge di durata 24 ore sui bacini di Idice, Sillaro, Santerno, Senio e Lamone[2].

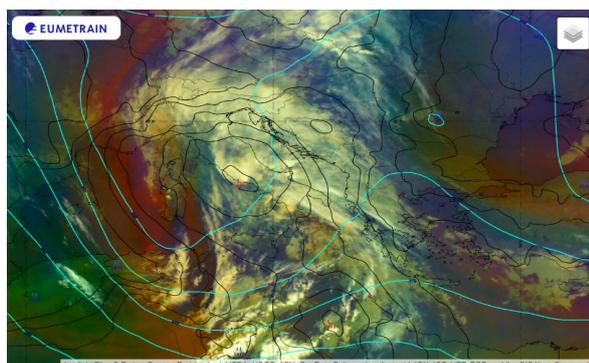


Figura 2. Immagine Airmass da satellite (MGS) con sovrapposizione delle isolinee di MSLP e Z500 da modello IFS-ECMWF alle ore 00 UTC del 2 maggio 2023 (fonte: eumetrain.org).

Nell'evento del 16-17 maggio sono stati raggiunti valori di cumulata nelle 48 ore simili al primo, ma con intensità orarie maggiori e tempi di ritorno stimati superiori ai 200 anni per le piogge di durata 24 ore sui bacini di Santerno, Senio, Montone e Ronco. Simile anche la dinamica che ha guidato l'evento, con un minimo di bassa pressione (denominato "Minerva" dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare nell'ambito del programma europeo Storm Naming) che, in risalita meridiana dal Canale di Sicilia, ha raggiunto l'Italia centrale dove è rimasto quasi stazionario per quasi due giorni, bloccato tra un vasto campo anticiclonico ad ovest e un esteso promontorio in espansione sull'Europa orientale (figura 3). Il minimo depressionario, più profondo del caso di inizio maggio, ha così attivato intensi venti di Bora che, impattando sulle coste dell'Adriatico settentrionale, hanno provocato mareggiate e rallentato il deflusso verso il mare dei corsi d'acqua, mentre la circolazione ciclonica associata ha convogliato correnti umide di Scirocco provenienti dal Mediterraneo sud-orientale lungo il

settore adriatico. L'interazione tra queste masse d'aria e la convergenza della ventilazione al suolo in prossimità della Romagna ha determinato intense precipitazioni anche a carattere temporalesco durante la mattina del 16 maggio, con cumulate significative di circa 70 mm in 2 ore registrate nella stazioni di Riccione Urbana e Cattolica. Questa è stata l'unica fase effettivamente convettiva dell'evento, tuttavia nelle ore successive l'azione del vortice depressionario ha continuato con impulsi ripetuti a far affluire masse d'aria cariche di umidità verso la Pianura Padana, determinando la persistenza di precipitazioni sul settore centro-orientale dell'Emilia-Romagna. L'effetto di sbarramento dei rilievi appenninici, come nel precedente caso, ha concentrato e intensificato le precipitazioni in particolare sulle zone collinari tra il bolognese, ravennate e forlivese, dove si sono verificate piogge a carattere moderato, a tratti anche forte, che hanno raggiunto massimi di cumulata sui due giorni pari a 260,8 mm a Monte Albano (bacino del Senio), 254,8 mm a Trebbio e 254,6 a San Cassiano (bacino del Lamone). Valori molto elevati sono stati registrati anche sulla collina tra Cesena e Rimini, con punte 189,2 mm di cumulata su due giorni a Santa Paola (bacino del Rubicone)[5].

Tra questi due eventi maggiori, altre precipitazioni a prevalente carattere stratiforme di debole-moderata intensità hanno interessato il territorio regionale tra il 9 e il 10 maggio, in seguito al passaggio sull'Italia settentrionale di una saccatura di origine atlantica, con cumulate diffusamente sopra ai 50 mm e con punte oltre i 100 mm nel ferrarese[3].

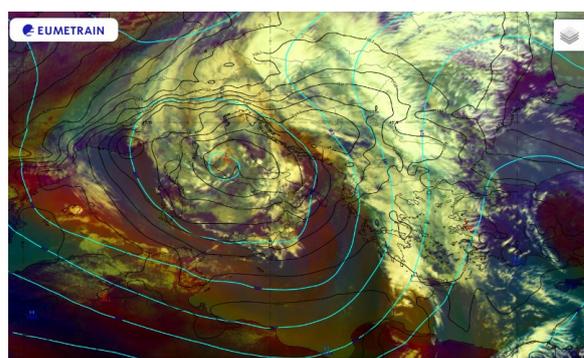


Figura 3. Immagine Airmass da satellite (MGS) con sovrapposizione delle isolinee di MSLP e Z500 da modello IFS-ECMWF alle ore 12 UTC del 16 maggio 2023 (fonte: eumetrain.org).

Un ulteriore contributo alle precipitazioni di maggio sugli stessi territori, più limitato nell'estensione ma significativo nel contesto, è avvenuto tra il 12 e il 14 maggio, quando l'interazione di flussi di correnti sud-occidentali con aria più fredda in quota ha favorito l'innesco di vari sistemi convettivi sulla regione. In particolare i temporali occorsi il 12 maggio hanno fatto registrare cumulate tra i 30 e 40 mm/h sulla pedecollina bolognese e ravennate[4].

Dal punto di vista geomorfologico, le aree maggiormente colpite dagli eventi di maggio sono caratterizzate da terreni a litologie arenacee e arenaceo-marnose, fortemente permeabili, e da bacini idrografici di limitata estensione areale (<400-500 kmq). Vale la pena ricordare che fino al XVI secolo, tutti i corsi d'acqua provenienti dall'Appennino spagliavano nella pianura bolognese, ravennate e forlivese in vaste zone paludose, che nei successivi tre secoli sono state progressivamente prosciugate grazie ad imponenti opere di bonifica ed inalveamento dei corsi d'acqua, completate nel secolo scorso, dando vita all'assetto idrografico attuale[6]. La bonifica ha consentito il notevole sviluppo economico, urbanistico ed infrastrutturale della pianura padana, garantito da un sistema idraulico artificiale complesso e per questo strutturalmente fragile, caratterizzato da fiumi che scorrono pensili sulla pianura, contenuti da oltre mille chilometri di argini in terra, e da una fitta rete di canali di bonifica, impianti di sollevamento, scolmatori, casse di espansione ed altre opere idrauliche, realizzate sia per l'irrigazione che per la difesa del territorio dalle inondazioni. Per questo il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), redatto dall'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po ai sensi della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, classifica la pianura padana orientale come un'area a probabilità di allagamento da media ad elevata[7].

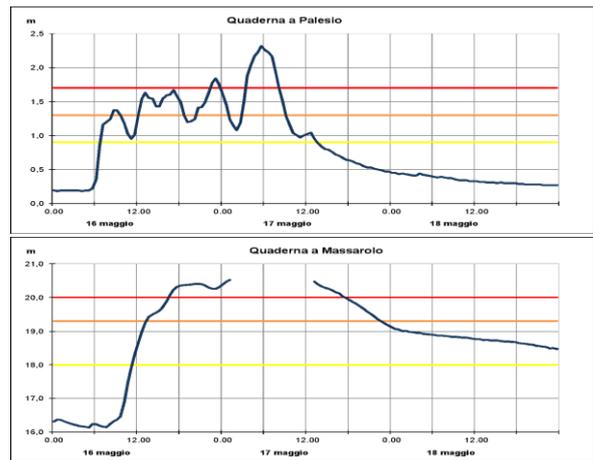


Figura 4. Idrogrammi di piena del torrente Quaderna a Palesio (tratto montano) e a Massarolo (tratto vallivo).

La particolare successione ravvicinata di eventi pluviometrici così rilevanti sopra descritta, su un territorio così fragile, ha generato fenomeni di piena che già a seguito delle precipitazioni di inizio maggio avevano superato i massimi storici sui bacini del settore centro-orientale della regione. In particolare nei tratti vallivi di Quaderna, Sillaro, e Lamone le piene del 2-3 maggio avevano causato rotte e sormonti arginali, con conseguenti allagamenti a Molinella (BO), Conselice (RA), Bagnacavallo, Castel Bolognese e Faenza (RA)[2].

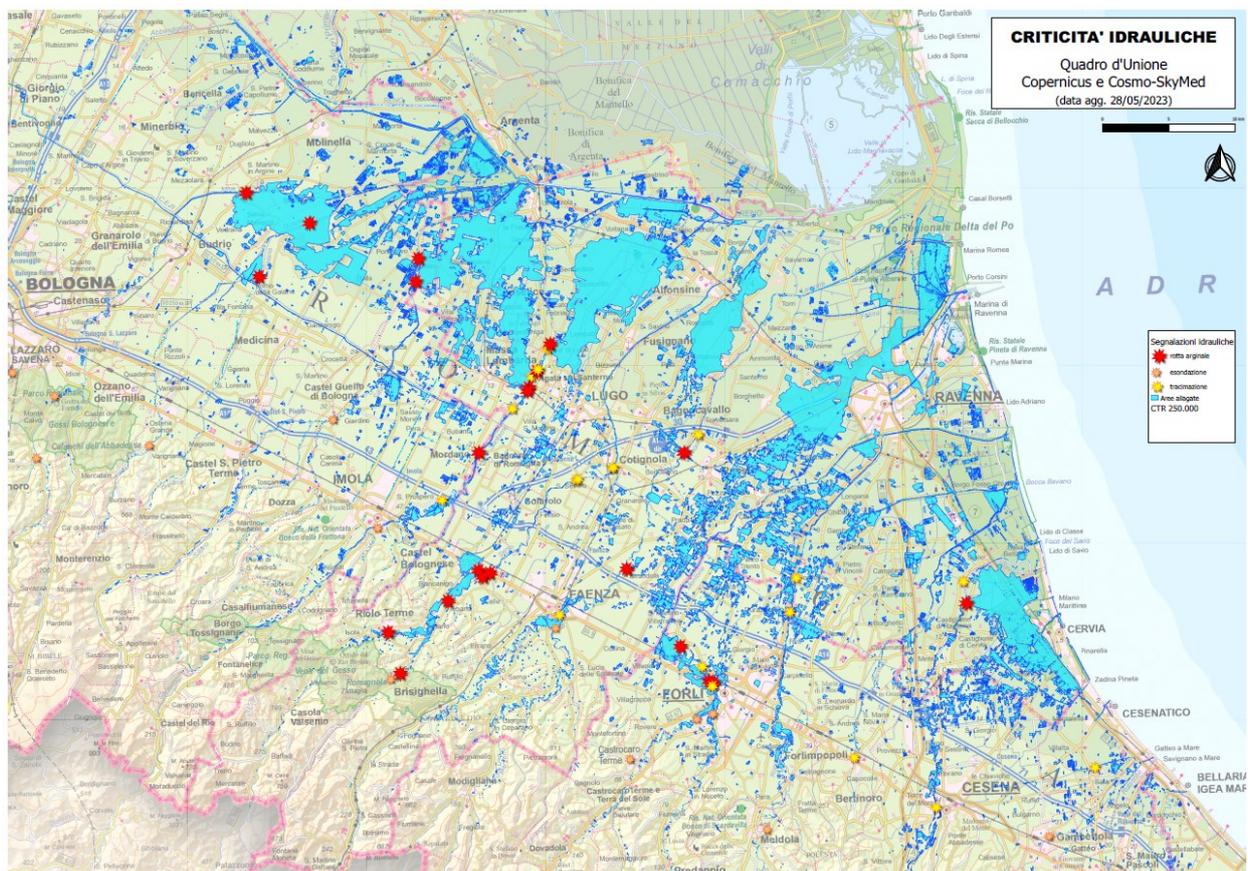


Figura 5. Idrogrammi di piena del torrente Quaderna a Palesio (tratto montano) e a Massarolo (tratto vallivo).

Numero di frane / anno idrologico (Ottobre-Settembre)

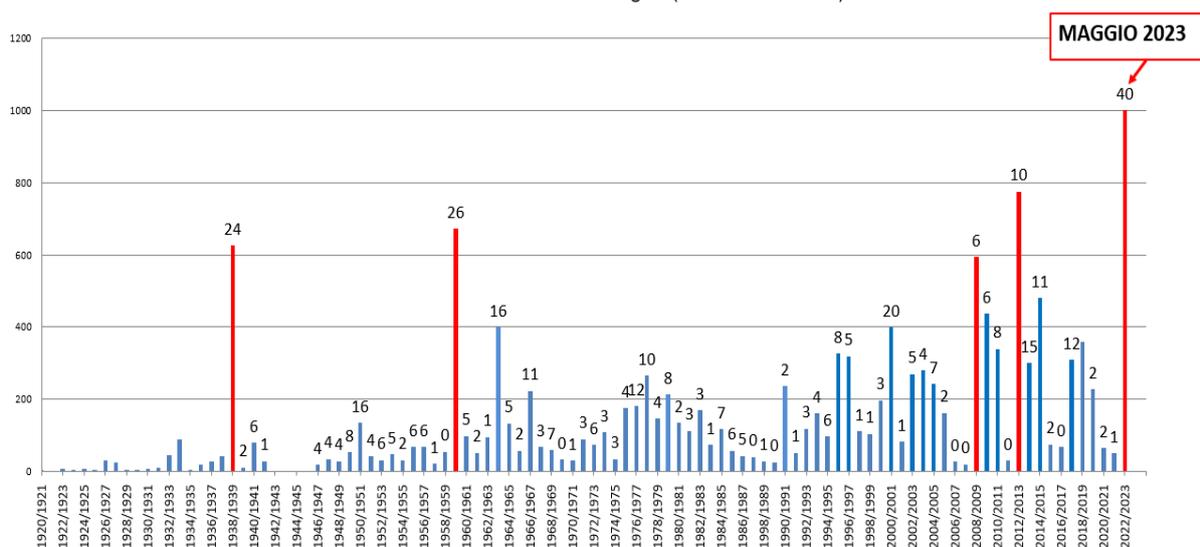


Figura 6. Confronto tra numero di grandi frane attivate nel maggio 2023 e quelle attivate negli ultimi 100 anni in Emilia-Romagna. In asse verticale il numero complessivo di grandi frane (> 1 ha). Per il 2023 i dati sono ancora provvisori.

Info: <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/geologia/dissesto-idrogeologico/larchivio-storico-dei-movimenti-franosi> [8]

In queste condizioni di esaurimento delle piene nei corsi d'acqua, grave compromissione della tenuta arginale nei tratti vallivi, nonché di forte sofferenza delle opere di bonifica, gravate dalle acque fuoriuscite dalle rotte e dalle precipitazioni del 9-10 e 12-14 maggio, si è abbattuto, sugli stessi territori, l'evento del 16-17 maggio. La precipitazione di quest'ultimo evento, più intensa di quella di inizio maggio, è stata caratterizzata da più impulsi successivi che, su bacini piccoli e totalmente saturi, ha generato rapidi innalzamenti dei livelli idrometrici con più colmi di piena ravvicinati nelle sezioni montane, che si sono successivamente sommati nei tratti vallivi, generando onde di piena di elevatissimo volume e livelli al colmo superiori ai massimi storici appena registrati il 2-3 maggio, in alcuni punti superiori ai massimi livelli rilevabili dagli strumenti (vedi Figura 4). Le piene hanno interessato un numero ancora più elevato di corsi d'acqua maggiori e minori, dal Secchia nel modenese fino al Marecchia nel riminese [5].

L'eccezionale altezza e durata dei fenomeni di piena ha causato effetti sul territorio ancora più ingenti della piena di inizio maggio sui territori pedecollinari e di pianura, dove si sono verificate esondazioni, intensi fenomeni di erosione, sovralluvionamento e trasporto solido, sormonti arginali, effetti secondari quali occlusioni delle luci dei ponti con rigurgito delle piene a monte, nuove rotte e aggravamento di quelle già chiuse con gli interventi urgenti dei giorni precedenti.

La Figura 5 mostra le principali criticità idrauliche censite dall'Agenzia regionale per la sicurezza territoriale e la protezione civile insieme alla mappa delle aree allagate nella pianura bolognese, ravennate e forlivese, aggiornata

al 28 maggio, alla quale data si stimava una superficie interessata dagli allagamenti superiore ai 540 kmq.

Le precipitazioni del periodo 16-17 maggio su suolo già saturo, hanno creato le condizioni per lo sviluppo di fenomeni franosi superiori di un ordine di grandezza a quelli già occorsi il 2-3 maggio. La distribuzione e la frequenza delle frane ha rispecchiato abbastanza fedelmente la distribuzione areale delle cumulate di pioggia: le aree più colpite sono state le fasce collinari e di bassa montagna tra le valli Reno, Setta nel bolognese e del Bidente, Savio nel forlivese, con un totale di almeno 1500 movimenti di versante, da piccoli smottamenti a frane di grandi dimensioni, superiore a quello di ogni altro evento verificatosi sul territorio regionale da almeno 100 anni, sulla base delle informazioni contenute nell'archivio storico dei movimenti franosi della Regione Emilia-Romagna (Figura 6). Numerosissime frane hanno interrotto la viabilità isolando alcuni centri abitati, mentre molte altre frane hanno interessato porzioni di versante più estese, con ingenti danni ad infrastrutture, edifici ed attività produttive[5].

La previsione anticipata dell'evento con l'emissione dell'allerta rossa, nonostante abbia consentito di mettere in campo il livello più alto di mobilitazione del sistema di protezione civile, tempestivi interventi e numerose evacuazioni preventive ed in corso di evento che sicuramente hanno limitato il numero delle vittime (14 in totale), non ha però potuto evitare i gravissimi danni subiti dal territorio.

In estrema sintesi riportiamo alcune cifre, fornite dalla protezione civile, che evidenziano la "magnitudo" dell'evento alluvionale di maggio 2023 dell'Emilia-

Romagna: oltre al già citato numero di 14 vittime, si evidenziano: a) 23 corsi d'acqua esondati b) 100 comuni coinvolti da allagamenti o frane con danni ad opere idrauliche, strutturali e viarie c) 36.600 persone evacuate, d) giornalmente hanno operato sul campo oltre 10.000 unità del Sistema nazionale di Protezione Civile; e) per le operazioni di soccorso sono state svolte più di 500 ore di volo, operate dai Vigili del Fuoco, Polizia e dalle diverse componenti militari (Aeronautica Militare, Carabinieri, Guardia di Finanza, etc), a cui si aggiungono migliaia di soccorsi da terra e su natanti nelle aree alluvionate; f) l'Autostrada A14 è rimasta interrotta per 5 giorni; g) varie tratte della Rete ferroviaria Italiana (RFI) sono state sospese dal 16 al 28 maggio; h) innumerevoli le interruzioni a reti gas, elettriche, di telecomunicazione, impianti fognari.

Sono stati censiti i danni alle attività agricole, economiche private, industriali e terziarie, al patrimonio culturale e naturale, etc.: complessivamente la stima del danno totale diretto di oltre 8,5 Miliardi di Euro.

Bibliografia

- [1] G. Antolini, L. Auteri, V. Pavan, F. Tomei, R. Tomozeiu, V. Marletto, 2015. A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna, Italy, during 1961-2010. International Journal of Climatology 08/2015; DOI:10.1002/joc.4473
<https://dati.arpae.it/dataset/erg5-eraclito>
- [2] ARPAE Emilia-Romagna Struttura Idro-Meteo-Clima AA.VV. – Rapporto degli eventi meteorologici, di piena e di frana del 1-4 maggio 2023
<https://allertameteo.regione.emilia-romagna.it/documents/20181/437770/Evento+01-04+maggio+2023.pdf/50890b74-2457-2e83-ba89-64fa4e0bc688?t=1688133544377>

- [3] ARPAE Emilia-Romagna Struttura Idro-Meteo-Clima AA.VV. – Rapporto dell'evento meteorologico del 9-10 maggio 2023 –
<https://allertameteo.regione.emilia-romagna.it/documents/20181/437770/Evento+09-10+maggio+2023.pdf/28c24bda-ec53-375a-9773-b7e49943c75a?t=1687270425093>

- [4] ARPAE Emilia-Romagna Struttura Idro-Meteo-Clima AA.VV. – Rapporto dell'evento meteorologico dal 12 al 14 maggio 2023 –
<https://allertameteo.regione.emilia-romagna.it/documents/20181/437770/Evento+12-14+maggio+2023.pdf/48b621ef-0a4b-403e-ee5d-f155e659fa03?t=1687270526625>

- [5] ARPAE Emilia-Romagna Struttura Idro-Meteo-Clima AA.VV. – Rapporto degli eventi meteorologici, di piena e di frana del 16-18 maggio 2023
<https://allertameteo.regione.emilia-romagna.it/documents/20181/437770/Evento+16-18+maggio+2023.pdf/9f98174a-bdec-e14c-e58a-275de46733b0?t=1690559045451>

- [6] Giancarlo Leoni – Idrografia e Bonifica del Bacino del Reno, notizie storiche – Consorzio della Bonifica Renana, Bologna 1994.

- [7] <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/notizie/2023/cartografia-mappe-pgra-secondo-ciclo>

- [8] [Archivio storico delle frane](#)

Autori:



*Maria Stefania Tesini e Rosanna Foraci
(ARPAE Emilia-Romagna - Struttura Idro Meteo Clima)*

Nuovo record Europeo di grandine in Italia: prevedibilità e contestualizzazione climatica

Nell'arco di pochi giorni, il nord Italia è stato teatro di ben due record europei di grandine, il 19 luglio a Carmignano di Brenta (diametro di 16 cm) ed il 24 dello stesso mese ad Azzano Decimo (diametro di 19 cm, Figura 1). In questo breve arco temporale l'European Severe Storms Laboratory (ESSL, <https://www.essl.org/cms/>) - in collaborazione con il partner locale Pretemp (<https://pretemp.altervista.org>) - ha registrato nell'European Severe Storms Database (ESWD, <https://eswd.eu>) 606 eventi di grandine (341 nella sola giornata del 24). Le grandinate hanno avuto origine da temporali a supercella, sistemi più intensi e duraturi dei temporali ordinari, la cui peculiarità è quella di possedere una corrente ascensionale updraft rotante (mesociclone) che può raggiungere velocità verticali superiori a 150 km/h. Questi sistemi temporaleschi sono in grado di produrre tutti i tipi di eventi meteorologici estremi: pioggia intensa, downbursts, tornado e soprattutto grandine molto grossa (il 99% degli eventi di grandine > 5 cm si verifica in loro presenza).



Figura 1. Chicco di grandine dal diametro massimo di 19 cm caduto ad Azzano Decimo il 24 luglio 2023. Fonte: Tornado in Italia-Marilena Tonin.

Come prevedere questi eventi?

La natura complessa e localizzata di questi fenomeni rende difficile prevedere con largo anticipo il verificarsi della grandine. Ciò deriva dal fatto che le osservazioni da satellite e radar offrono un lead-time previsionale limitato a qualche decina di minuti e sono utilizzabili solo quando il sistema temporalesco è già formato. In alternativa a strumenti operativi per la previsione della grandine nel medio termine – attualmente non disponibili in Europa - risulta quindi utile l'identificazione e la quantificazione degli ingredienti atmosferici necessari al suo verificarsi (*"ingredients-based forecasting"*, Doswell et al. 1996), fra tutti l'instabilità atmosferica e la variazione del vento con la quota (wind-shear). Mentre alti valori di instabilità atmosferica, spesso espressa sotto forma di Convective

Available Potential Energy (CAPE), risultano in updrafts intense, alti valori di wind-shear sono correlati con la genesi di temporali a supercella. Utilizzando queste nozioni, unitamente a modelli di regressione logistica, ESSL ha recentemente sviluppato un algoritmo – **Automated Severe Weather Guidance (AR-CHaMo)** - in grado di prevedere con due giorni di anticipo e su scala europea, la probabilità di grandine grossa (diametro > 2 cm) e molto grossa (diametro > 5 cm). Queste previsioni sono fruibili quotidianamente sul sito <https://www.stormforecast.eu>.

Il 24 luglio, in corrispondenza delle zone del nord Italia poi colpite dall'evento, erano presenti alti valori di CAPE (> 2000 J/kg) e di wind shear (> 30 m/s tra 0 e 6 km di altitudine). Contestualmente a questi valori, AR-CHaMo aveva previsto, sempre nelle stesse zone, una probabilità pari al 60-80% per grandine di diametro > 2 cm e del 40% per grandine di diametro > 5 cm (Figura 2).

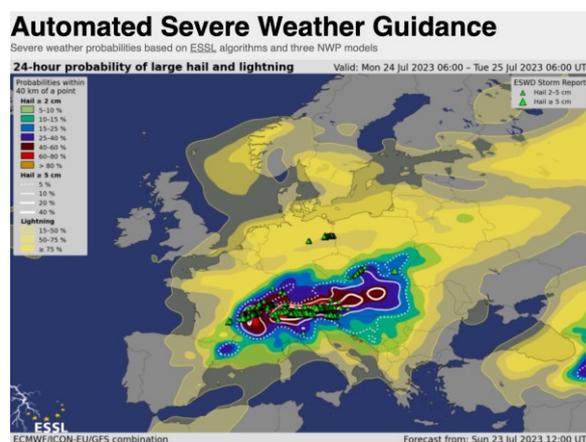


Figura 2. Previsione probabilistica AR-CHaMo di temporali (scala dei gialli), grandine > 2 cm e grandine > 5 cm inizializzata il 23/07/2023 alle 12:00 UTC e valida dal 24/07/2023 - 06:00 UTC fino al 25/07/2023 - 06:00 UTC. Sovrapposti alla previsione sotto forma di triangoli verdi sono indicate le segnalazioni di grandine riportate sull'ESWD per lo stesso periodo. Fonte: <https://www.stormforecast.eu>.

Contestualizzazione climatica dell'evento

Quanto sono frequenti questi eventi in Italia?

A questa domanda non è possibile rispondere utilizzando esclusivamente le serie storiche, sia perché disomogenee a livello spazio-temporale sia perché non analizzabili climatologicamente per lunghi periodi. Utilizzando i modelli previsionali AR-CHaMo applicati alle ri-analisi climatiche ERA5, i ricercatori di ESSL sono tuttavia riusciti a ricostruire statisticamente la frequenza della grandine (> 2 cm e > 5 cm) per un periodo molto più esteso (1950-2022) di quello che sarebbe stato possibile utilizzando

esclusivamente le osservazioni dell'ESWD (2008-2022). I risultati indicano che il nord Italia è la regione d'Europa con la più alta frequenza di grandine, insieme al sud-ovest della Francia ed al nord-est della Spagna (Figura 3, Battaglioli et al. 2023). In linea con gli eventi recenti, la pianura padana presenta un rischio elevato anche per la grandine molto grossa, mentre nel centro e sud Italia la frequenza è minore, sebbene con valori alti rispetto al contesto europeo.

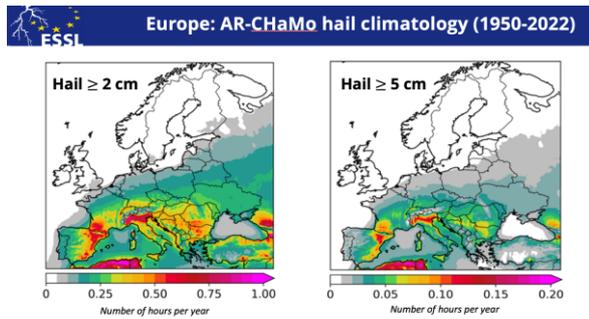


Figura 3. Distribuzione climatologica di grandine > 2 cm e > 5 cm in base alla ricostruzione statistica dei modelli AR-CHaMo tra il 1950 e il 2022. Fonte: Battaglioli et al. 2023.

Il cambiamento climatico ha influito sulla frequenza e sull'intensità di questi eventi in Italia ed in Europa?

La limitata estensione temporale delle serie storiche non ci consente di dare una risposta ma, attraverso la ricostruzione statistica della frequenza di grandine tra il 1950 e il 2022, possiamo affermare che sia la grandine > 2 cm che quella > 5 cm siano aumentate su gran parte della penisola italiana (Figura 4). In particolare, **il nord Italia è il luogo d'Europa dove l'incremento di questi fenomeni è stato maggiore. Rispetto agli anni '50, difatti, le grandinate con chicchi di diametro maggiori di 5 cm sono triplicate.** Il trend di crescita è stato così importante che la sola variabilità climatica non può essere sufficiente a spiegarne i motivi. Alla base di tale incremento c'è un aumento di umidità nei bassi strati dell'atmosfera - conseguenza diretta del riscaldamento globale - che si

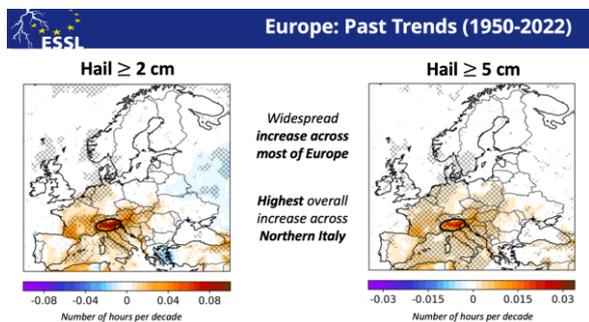


Figura 4. Trend climatico di grandine > 2 cm e > 5 cm in base alla ricostruzione statistica dei modelli AR-CHaMo tra il 1950 e il 2022. I trend significativi statisticamente al 95% sono evidenziati con una X. Fonte: Battaglioli et al. 2023.

riverbera in una maggiore instabilità atmosferica (CAPE) e quindi in temporali più intensi.

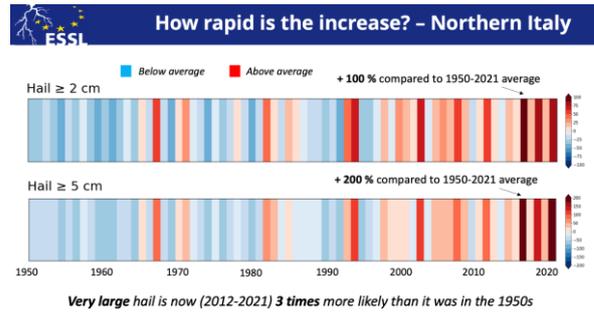


Figura 5. Ricostruzione statistica della frequenza della grandine tramite "hail stripes" sul Nord Italia dal 1950-2022. Ogni anno corrisponde ad una striscia che mostra la differenza rispetto alla media climatica (1950-2022) in termini percentuali con una scala cromatica che va dal blu (sotto media) al rosso (sopra media). Fonte: Battaglioli et al. 2023.

La visualizzazione di questo incremento attraverso l'utilizzo delle "hail stripes" ci consente di cogliere immediatamente l'entità dell'aumento (Figura 5). Questo metodo grafico, rappresentato da strisce annuali verticali - blu per gli anni sotto-media e rosse per quelli sopra-media - esprime, attraverso l'intensità della colorazione ed in termini percentuali, la frequenza statistica della grandine tra il 1950 ed il 2022. Nel nord Italia risulta chiaro un aumento esponenziale degli eventi di grandine grossa e molto grossa. Esaminando in dettaglio, nel periodo 2011-22 il solo 2014 è rimasto sotto-media ed addirittura l'ultimo della serie, il 2022, è risultato il 135% sopra la media climatologica (1992-2022).

Bibliografia

- Doswell, C. A., Brooks, H. E., & Maddox, R. A., 1996: Flash flood forecasting: An ingredients-based methodology. *Wea. Forecasting*, 11(4), 560-581.
- Battaglioli, F., Groenemeijer, P., Pucik, T., Taszarek, M., Ulbrich, U., Rust, H., 2023: Modelled multidecadal trends of lightning and (very) large hail in Europe and North America. *J. Appl. Meteor. Climatol.* accepted for publication, 10.20944/preprints202308.0314.v1.

Autore:



Francesco Battaglioli

(European Severe Storms Laboratory)



Nona Summer School CNR-ISAC di Castro Marina

“La sfida della previsione delle precipitazioni”



La Summer School CNR-ISAC, quest'anno co-organizzata con l'Università Politecnica delle Marche, si è svolta presso la sua sede storica ovvero l'Hotel Orsa Maggiore di Castro Marina, località in provincia di Lecce, dal 3 al 7 luglio 2023.

Quest'anno, lo scopo della Summer School è stato quello di fornire una panoramica completa delle attuali conoscenze sulla previsione delle precipitazioni, considerando soprattutto eventi meteorologici intensi. La scuola è principalmente rivolta a dottorandi, studenti di master in scienze dell'atmosfera, ricercatori post-dottorato e previsori operativi delle agenzie meteorologiche regionali e nazionali.

Quest'anno, grazie al supporto dell'American Meteorological Society, è stato possibile invitare due ricercatori che lavorano presso il National Center for Atmospheric Research (NCAR) di Boulder, Colorado: Richard Rotunno, che ha tenuto quattro lezioni sulla predicibilità meteorologica e sugli uragani, e Stefano Alessandrini, che ha parlato di verifica degli ensemble e degli “analoghi”.

Gli altri docenti della scuola sono stati: Vincenzo Levizzani (CNR-ISAC), con una Lectio Magistralis su precipitazioni da telerilevamento, Federico Cassola (ARPAL), che ha parlato di precipitazioni in una regione a topografia complessa, Silvio Davolio (CNR-ISAC), che ha introdotto gli

Atmospheric River e analizzato la loro connessione con i cicloni mediterranei, Agostino Manzato (ARPA FVG-OSMER), che ha parlato di forti piogge, grandinate e fulmini nelle aree alpine, Mario Marcello Miglietta (CNR-ISAC), con tre lezioni su cicloni extratropicali e medicane, Antonio Ricchi (CETEMPS), con un seminario su interazione aria-mare. Infine, una sessione è stata dedicata alla presentazione dell'attività di ricerca da parte degli studenti.

I feedback degli studenti sono stati molto positivi, per l'alta qualità delle lezioni e l'attività sociale che ha permesso l'instaurarsi di nuove collaborazioni scientifiche. Un grosso ringraziamento va alla famiglia Ciccarese (hotel Orsa Maggiore) che supporta l'organizzazione della scuola con flessibilità e disponibilità totale, e al mare di Castro Marina, sempre all'altezza... Alla prossima edizione!

Autori:



*Mario Marcello Miglietta e Umberto Rizza
(CNR-ISAC)*

IUGG General Assembly a Berlino



Si è svolta dall'11 al 20 luglio 2023 la ventottesima edizione dell'Assemblea Generale della IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) nel City Cube di Berlino. IUGG, che nel 2019 ha festeggiato il centesimo anno dalla sua istituzione, ha come finalità l'avanzamento, promozione e diffusione delle conoscenze del sistema Terra, del suo ambiente, e dei processi dinamici che causano e controllano i suoi cambiamenti. Le attività di IUGG coprono tutto lo spettro delle geoscienze attraverso le otto associazioni che ne fanno parte. All'ultima assemblea hanno partecipato poco meno di 5000 scienziati: la partecipazione italiana è stata numerosa soprattutto in geofisica della terra solida e vulcanologia, ma molto limitata in fisica dell'atmosfera. Sicuramente i costi di iscrizione molto elevati (circa 650 euro per l'intero programma) non hanno incoraggiato il viaggio, nonostante il programma scientifico fosse di altissimo livello. In particolare, molto interessante è stata a mio avviso la sessione "Advances in Dynamic Meteorology".



Per quanto riguarda le attività di IUGG in Italia, la Commissione per la partecipazione del CNR a IUGG opera come "Italian National Committee", ed è composta dal

Rappresentante titolare italiano in IUGG, dr. Fausto Guzzetti, e dai Rappresentanti titolari italiani nelle otto Associazioni di IUGG. La commissione ha trovato modo di incontrarsi durante una pausa nel ricco programma della conferenza, facendo un bilancio delle attività delle singole associazioni negli ultimi quattro anni, e proponendo di organizzare presto la seconda parte del workshop "Stato dell'arte e prospettive nella prevedibilità degli eventi naturali", svoltosi a Roma nell'aula Marconi del CNR nel novembre 2019 e che era stato unanimemente considerato un grosso successo.



L'associazione di IUGG che si occupa di meteorologia e scienze dell'atmosfera è IAMAS (www.iamas.org). Essa ha come obiettivo la promozione e il progresso nelle scienze dell'atmosfera attraverso conferenze, workshop e pubblicazioni scientifiche. IAMAS mantiene stretti legami con l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO), il Comitato Scientifico per la Ricerca in Antartide (SCAR), e il Programma Mondiale di Ricerca sul Clima (WCRP). Advances in Atmospheric Sciences (<https://www.springer.com/journal/376>) è la rivista scientifica associata a IAMAS, edita da Springer.

L'attività di IAMAS è assicurata da dieci commissioni che svolgono la maggior parte del lavoro dell'associazione, attraverso la pubblicazione di rapporti, l'organizzazione di seminari e workshop. Inoltre, IAMAS fornisce sostegno economico per l'organizzazione di conferenze, workshop, scuole; ad esempio, ha finanziato il primo workshop del programma TEAMx (<http://www.teamx-programme.org>), svoltosi a Rovereto nell'agosto 2019 con una numerosa partecipazione italiana.

Come rappresentante italiano di IAMAS ho partecipato alle due riunioni del consiglio direttivo, in cui è stato fatto il punto sulle attività dell'associazione, eletto il nuovo direttivo, decisa la data del prossimo workshop congiunto

con altre due associazioni di IUGG, IAPSO (associazione per le scienze dell'oceano) e IACS (associazione per le scienze della criosfera), che si terrà a Busan (Corea del Sud) nel luglio 2025. L'incontro successivo sarà durante la prossima assemblea IUGG, che si svolgerà a Incheon, ancora in Corea del Sud, nel 2027.

Infine, l'International Committee on Dynamical Meteorology (ICDM; <https://www.iamas.org/icdm/>), in cui sono stato eletto come nuovo membro durante i lavori della Commissione a Berlino, ha in programma l'organizzazione di un workshop in Cina, presso il Nanjing University International Conference Center, nell'ottobre 2024. L'argomento del workshop è al momento in

discussione, ma probabilmente riguarderà i progressi nello studio degli eventi intensi.

Autore:



*Mario Marcello Miglietta
(CNR-ISAC)*

ARTICOLO

Atmospheric River

Il termine “*atmospheric river*” compare nella letteratura scientifica a partire dagli anni '90 per indicare un fiume di vapore acqueo, anziché di acqua liquida, che scorre in atmosfera e che si rende responsabile di precipitazioni talvolta molto intense. È un termine divenuto rapidamente popolare negli Stati Uniti, rilanciato pure dai media, soprattutto perché estremamente intuitivo. L'apparente semplicità, come spesso accade, cela di fatto complessi fenomeni fisici e dinamici che sono stati e sono tuttora oggetto di studio.

Le ricerche scientifiche sono iniziate dagli Stati Uniti a fine secolo scorso, stimolate dal forte impatto di questi fenomeni meteorologici sulla costa occidentale del Nord America, ma l'interesse si è rapidamente diffuso man mano che è diventata evidente la presenza degli atmospheric river in altre parti del globo. Solo negli anni recenti, si è iniziato a studiare il loro contributo alle precipitazioni intense sul continente europeo e nel Mediterraneo. Ma procediamo con ordine.

Definizione di atmospheric river

Dopo un lungo dibattito iniziato in un apposito workshop tenutosi nel 2015 presso lo Scripps Institution of Oceanography in California, si è fatta chiarezza su diversi meccanismi di trasporto del vapore acqueo in atmosfera e si è giunti ad una definizione rigorosa degli atmospheric

river, inserita nel Glossary of Meteorology dell'American Meteorological Society: gli atmospheric river si identificano come corridoi lunghi e stretti caratterizzati da un intenso trasporto orizzontale di vapore acqueo, tipicamente associati a un low-level jet posizionato dinnanzi al fronte freddo di un ciclone extratropicale. L'umidità trasportata in un atmospheric river può avere origini sia tropicali che extra-tropicali e alimenta intense precipitazioni laddove il river è costretto a sollevarsi, ad esempio a causa di una catena montuosa. Gli atmospheric river rappresentano il principale meccanismo di trasporto di vapore acqueo alle medie latitudini. Il loro nome deriva dal fatto che mediamente trasportano una quantità di acqua (sottoforma di vapore) paragonabile o maggiore a quella dei più grandi fiumi sulla terra (figura 1).

Con questa definizione di fatto si chiarisce come il concetto di atmospheric river, per quanto interconnesso, si distingue sia dalla warm conveyor belt (WCB), sia dal tropical moisture export (TME). Associata alla circolazione di un ciclone extratropicale, la WCB individua, infatti, uno strato di aria calda e umida che si solleva dinnanzi al fronte freddo, muovendosi verso nord, producendo condensazione, nubi e precipitazioni. Il TME individua zone di intenso trasporto di vapore che fuoriesce dalle aree tropicali. Di fatto può succedere che il TME possa fornire umidità all'atmospheric river e che la parte terminale dello stesso atmospheric river vada ad alimentare la WCB. Ma nella maggior parte dei casi, un atmospheric river, che per definizione non è necessariamente di origine tropicale, si sviluppa ed evolve indipendentemente dal TME e dalla WCB.

Individuazione e caratteristiche

L'individuazione degli atmospheric river è stata possibile grazie alle elaborazioni di dati satellitari nel canale delle microonde (figura 2), che forniscono stime del contenuto colonnare di vapore acqueo (Integrated Water Vapour IWV o Total Precipitable Water TPW). La disponibilità di questi prodotti ha decisamente rappresentato un impulso straordinario allo studio di questi fenomeni a partire dall'inizio del XXI secolo, testimoniato da una crescita esponenziale delle pubblicazioni su riviste scientifiche, passate da poche unità nei primi anni 2000, a oltre 200 all'anno in tempi recenti. Allo stesso modo, la disponibilità di campi di rianalisi su griglia, come ad esempio i dati ERA5 del Centro Europeo ECMWF, ha consentito di calcolare il trasporto orizzontale, combinando vento e umidità nell'intera colonna troposferica in una unica variabile denominata Integrated Vapour Transport (IVT). IVT e IWV

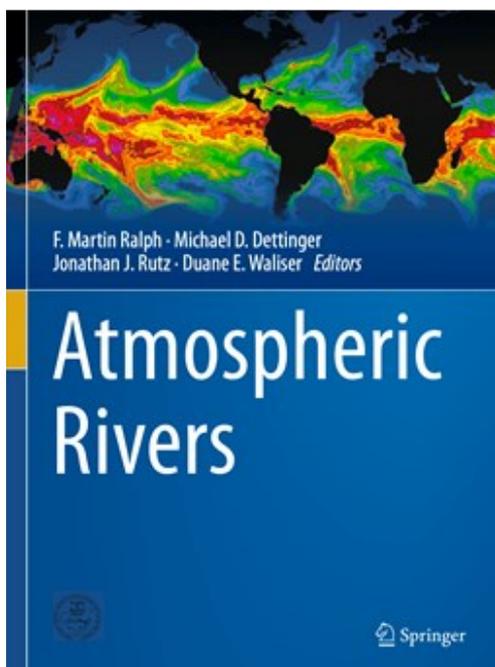


Figura 1. Il libro edito dalla Springer, pubblicato nel 2020, è una completa ed aggiornata descrizione di quanto sappiamo sugli atmospheric river, anche se gli aspetti relativi al Mediterraneo sono solo accennati.

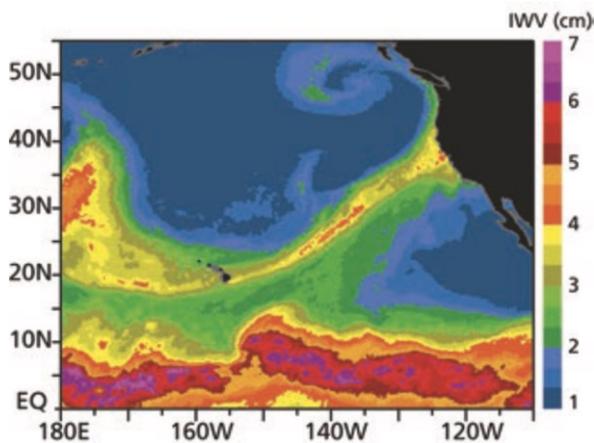


Figura 2. Atmospheric river sull'Oceano Pacifico il 16 febbraio 2004, visto attraverso un'immagine satellitare (composito di diversi passaggi di satelliti polari) nelle microonde, che stima il contenuto colonnare di vapore (Integrated Water Vapour). (Fonte: Ralph et al. 2020, pp 49).

sono di fatto le variabili utilizzate dai principali algoritmi di identificazione degli atmospheric river, unitamente a criteri geometrici su lunghezza (almeno 2000 km) e proporzione (rapporto lunghezza-larghezza almeno 2:1) che permettono di selezionare corridoi lunghi e stretti come richiesto dalla definizione.

L'applicazione di algoritmi di identificazione ha rivelato interessanti caratteristiche degli atmospheric river e ha permesso di studiarne la climatologia. Mediamente, ad un dato istante sull'intero globo, sono presenti 11 atmospheric river, i quali si manifestano principalmente sulle zone extratropicali dell'Oceano Pacifico e Atlantico in entrambi gli emisferi, con maggiore discontinuità spaziale nell'emisfero nord a causa della presenza di aree continentali. Pur ricoprendo solo una porzione limitata alle medie latitudini, pari a circa il 10% dell'area totale, agli

atmospheric river è associato quasi il 90% del trasporto meridionale di vapore acqueo. Analogamente alla circolazione delle medie latitudini, la loro posizione varia stagionalmente, con un chiaro spostamento verso i poli durante la stagione estiva.

Ciò che caratterizza profondamente l'atmospheric river è la sua struttura verticale. Infatti, nonostante vengano identificati analizzando l'intera colonna troposferica (IWV o IVT), l'intenso trasporto orizzontale di vapore acqueo si concentra solitamente nei primi 3-4 km di troposfera, associato alla massima intensità del vento e all'alto contenuto di umidità. Proprio per questo motivo gli atmospheric river risultano difficilmente identificabili nelle comuni immagini satellitari che, sfruttando le frequenze nei canali dell'infrarosso e del visibile, vedono la sommità delle nubi, la quale non è ben correlata con il suddetto corridoio di trasporto di umidità. Grazie anche ai dati raccolti da numerose campagne osservative e in particolare da misure effettuate da aerei e sondaggi verticali, è stato possibile costruirne un modello concettuale (figura 3): l'atmospheric river si colloca quasi sempre entro 1000 km di distanza dal centro di un ciclone extratropicale che guida la circolazione sinottica, e si caratterizza con un'anomalia di IWV che si estende dalle basse latitudini, posizionata dinnanzi al fronte freddo. In media, il trasporto (integrato verticalmente - IVT) è di $700 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$, con un rapporto di mescolamento di 9 g kg^{-1} . Nonostante la visualizzazione di un atmospheric river ad un dato istante renda il concetto estremamente intuitivo (questo aspetto è assai utile ai fini dell'allertamento, come dimostrato negli Stati Uniti), non bisogna farsi trarre in inganno, perché dietro ad un'apparente semplicità la dinamica è molto più complessa. Non si tratta infatti di un vero e proprio fiume, in cui possiamo pensare al vapore

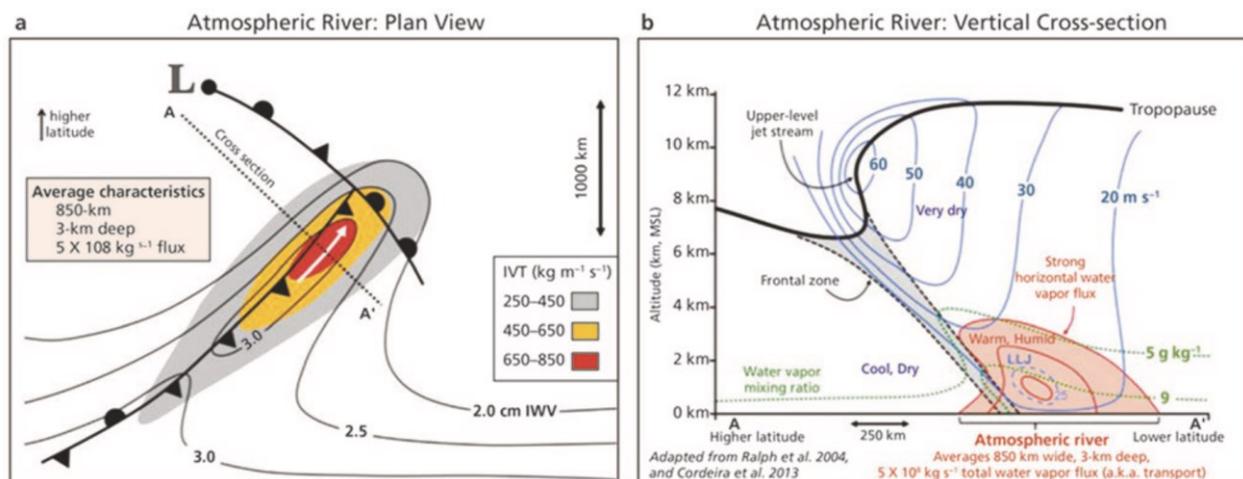


Figura 3. Modello concettuale della struttura orizzontale (a sinistra) e verticale (a destra) di un atmospheric river, ottenuta da osservazioni da satellite e da numerose campagne osservative condotte sull'Oceano Pacifico che hanno sfruttato misure da aereo e da sonde. L'atmospheric river si posiziona dinnanzi al fronte freddo, ad una certa distanza dal ciclone extratropicale, ed è confinato nei primi 3-4 km di troposfera dove si raggiungono i valori massimi di velocità del vento (isolinee blu) e rapporto di mescolamento (linee verdi tratteggiate), e quindi di trasporto di vapore (linee e sfumature rosse). (Fonte: Ralph et al., 2020, pp 79).

acqueo che viene raccolto da un'area-sorgente e trasportato per migliaia di km fino all'estremità opposta del river dove produce precipitazioni. L'atmospheric river è una struttura dinamica, che evolve all'interno della circolazione sinottica e attraversa diverse fasi di sviluppo, evoluzione e decadimento, durante le quali cambia posizione e forma. Al suo interno, l'umidità non è materialmente conservata, piuttosto è continuamente rifornita attraverso evaporazione e convergenza e rimossa da condensazione, precipitazioni e divergenza. Questo significa che il trasporto del vapore avviene su scale spaziali ben più brevi dell'intera lunghezza dell'atmospheric river, per quanto ragguardevoli dato che può superare abbondantemente il migliaio di km in presenza di cicloni o saccature molto intense.

Impatto degli atmospheric river

Nella definizione di atmospheric river si fa menzione

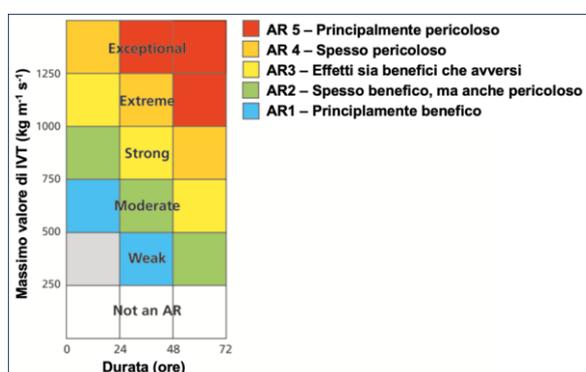


Figura 4. Scala per la classificazione degli atmospheric river (adattata da Ralph et al., 2020, pp 215).

anche del possibile impatto. Infatti si dice che può essere responsabile di precipitazioni intense laddove è costretto a sollevarsi a causa della presenza di orografia o di una WCB. Il sollevamento e il raffreddamento dell'aria ricca di umidità provoca condensazione, e quindi nubi e precipitazioni. A tal proposito, è importante notare che ciò che definisce l'impatto dell'atmospheric river non è solo

l'intensità del trasporto di vapore, ma anche la sua durata. Infatti, nella loro classificazione, si considerano assieme questi due parametri per fornire un valore, compreso tra 1 (debole) e 5 (eccezionale), ovvero si passa da un fenomeno benefico e utile a ricaricare le riserve idriche, a un fenomeno estremo con effetti avversi per l'ambiente e la popolazione (figura 4). Quest'ultima categoria racchiude alluvioni, frane nonché danni all'ambiente costiero legati anche alla frequente e concomitante presenza di vento intenso. Chiaramente, l'impatto di un atmospheric river è funzione non solo delle sue proprietà, ma anche delle caratteristiche morfologiche e idrogeologiche dell'area interessata, in particolare la tipologia di suolo e le condizioni di contenuto idrico antecedenti l'arrivo dell'atmospheric river.

Per quanto le ricerche e soprattutto le campagne di monitoraggio si siano dedicate in larga parte alla costa pacifica del Nord America, nell'ultimo decennio l'interesse si è esteso rapidamente dopo che è stata rivelata una stretta connessione tra precipitazioni e atmospheric river in svariate zone del globo. In diverse aree extratropicali, infatti, oltre il 30% delle precipitazioni annuali totali è associata agli atmospheric river. Per quanto riguarda l'Europa, sono soprattutto le aree esposte che si affacciano all'Oceano Atlantico, dalla Penisola Iberica a quella Scandinava, che risentono degli effetti di questi fiumi atmosferici, i quali hanno maggiore impatto nei mesi autunnali ed invernali quando la circolazione delle medie latitudini si fa più intensa. Se si considerano gli estremi di precipitazione, di nuovo la correlazione tra massimi annuali e gli atmospheric river è molto forte e interessa ampie zone del continente europeo, in particolare le aree montuose, poste anche a notevole distanza dalle coste atlantiche, testimoniando quindi una notevole capacità di penetrazione del trasporto di vapore.

Studi recenti hanno infine mostrato la presenza di atmospheric river nel bacino del Mediterraneo, rilevandone l'importante ruolo nello sviluppo di eventi di

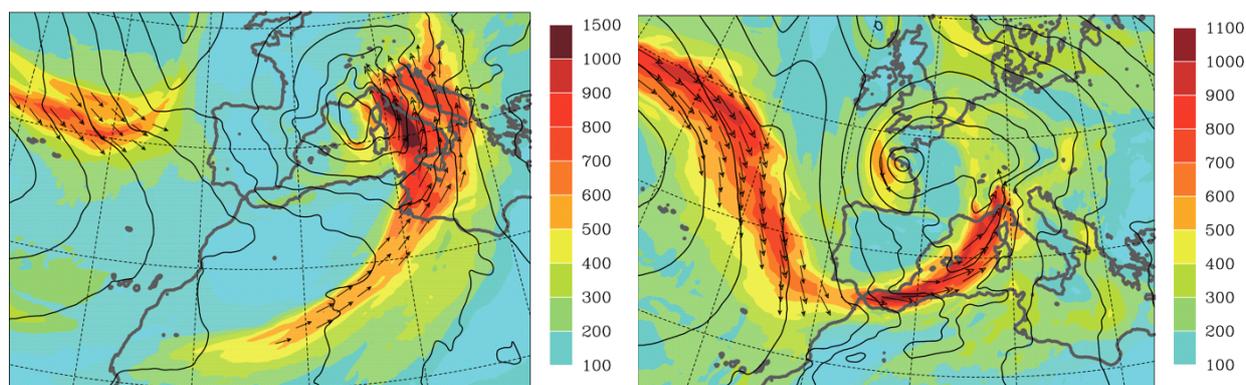


Figura 5. Atmospheric river durante l'evento della tempesta Vaia (sinistra, 29 ottobre 2018) e del ciclone Alex (2 ottobre 2020). I colori e i vettori indicano il trasporto di vapore integrato verticalmente ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), le isolinee nere la pressione alla superficie.

precipitazioni estreme sulla Spagna (Lorente-Plazas et al., 2020), sulla Francia (Francis et al., 2022) e anche sull'Italia (Davolio et al., 2020). L'interazione con la ripida orografia costiera che caratterizza le coste settentrionali del Mediterraneo, in particolare la catena alpina, risulta essere un fattore determinante per lo sviluppo di eventi disastrosi (figura 5).

Analisi osservative e studi modellistici hanno mostrato il ruolo fondamentale degli atmospheric river in eventi estremi sull'Italia. Il recente articolo di Sioni et al. (2023) evidenzia somiglianze e differenze delle due alluvioni del secolo, la tempesta Vaia (ottobre 2018) e l'evento del 1966. In entrambi i casi, le caratteristiche di un atmospheric river esteso per 6-8000 km dall'Atlantico tropicale, attraverso l'Africa fino al Mediterraneo, spiegano sia l'intensità che la distribuzione spazio/temporale delle eccezionali precipitazioni che hanno colpito le Alpi centro-orientali e altre zone della penisola (la Toscana nel 1966, la Liguria e il centro Italia nel 2018). Per quanto riguarda invece la più recente alluvione che ha colpito il Piemonte agli inizi di ottobre 2020, legata alla tempesta extratropicale Alex, Davolio et al (2023) hanno dimostrato il contributo determinante di un impressionante atmospheric river proveniente dal nord Atlantico, ma esteso fino al Golfo del Messico. In tutti questi tre casi si è trattato di atmospheric river di intensità eccezionale, il cui trasporto di vapore ha fatto registrare i valori massimi sul Mediterraneo degli ultimi 60 anni (periodo coperto dalle rianalisi ERA5), e che si collocano tra la categoria 4 e 5 nella scala di intensità.

Per quanto riguarda il Mediterraneo, è evidente che gli studi sugli atmospheric river siano appena iniziati. La complessa morfologia del bacino da un lato pone serie difficoltà all'individuazione degli atmospheric river e alla definizione delle loro caratteristiche; dall'altro può esaltarne gli effetti avversi in particolare sulle aree montuose a ridosso delle coste. È quindi certamente importante proseguire gli studi per comprenderne meglio

gli aspetti climatologici e meteorologici, esplorare la loro presenza in modo sistematico per identificarne il contributo non solo negli eventi estremi e valutarne il possibile impatto, anche in un contesto di cambiamento climatico.

Bibliografia

Davolio S., Della Fera S., Laviola S., Miglietta M.M., Levizzani V., 2020: Heavy precipitation over Italy from the Mediterranean storm "Vaia" in October 2018: Assessing the role of an atmospheric river. *Mon. Wea. Rev.*, 148, 3571-3588, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-20-0021.1>.

Davolio S., Vercellino M., Miglietta M.M., Drago Pitura L., Laviola S., Levizzani V., 2023: The influence of an atmospheric river on a heavy precipitation event over the western Alps. *Weather and Climate Extremes*, 39, 100542, <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100542>.

Francis D., Fonseca R., Nelli N., Bozkurt D., Picard G., Guan B., 2022: Atmospheric rivers drive exceptional Saharan dust transport towards Europe. *Atmos. Res.* 266, 105959. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105959>.

Lorente-Plazas R., Montavez J.P., Ramos A.M., Jerez S., Trigo R.M., Jimenez- Guerrero P., 2019: Unusual atmospheric-river-like structures coming from Africa induced extreme precipitation over the western Mediterranean Sea. *J. Geophys. Res. Atmos.* 125, e2019JD031280 <https://doi.org/10.1029/2019JD031280>.

Ralph F.M., Dettinger M.D., Rutz J.J., Waliser D.E. Eds, 2020: *Atmospheric Rivers*, Ed. Springer.

Sioni F., Davolio S., Grazzini F., Giovannini L., 2023: Revisiting the atmospheric dynamics of the two century floods over north-eastern Italy. *Atmos. Research*, 286, 106662, <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106662>.

Autore:



S. Davolio
(CNR-ISAC)

Previsione della copertura nevosa in Appennino centrale utilizzando previsioni meteorologiche e modelli numerici di manto nevoso

Il manto nevoso ha un ruolo fondamentale nella regolazione del clima globale e locale, grazie alla sua elevata capacità di riflettere la radiazione solare incidente, e di isolare termicamente la superficie del suolo dall'atmosfera. Per via della sua temperatura vicina al punto triplo, nel manto nevoso l'acqua coesiste nella fase liquida, solida e gassosa, rendendo complessa la simulazione numerica delle sue proprietà, in particolar modo nelle regioni montuose, a causa dell'interazione tra gli agenti atmosferici e la topografia.

Recentemente la comunità scientifica si è sempre più concentrata nello studio dell'evoluzione del manto nevoso tramite l'utilizzo dei modelli numerici forzati da modelli di previsione meteorologica, grazie soprattutto al miglioramento delle prestazioni dei computer che consentono di aumentare la risoluzione spaziale e diminuire i tempi di calcolo. La maggior parte dei lavori presenti in letteratura si concentra su catene montuose come le Alpi ed i Pirenei, o regioni fredde come l'Antartide. Finora nessuno studio si è concentrato su catene montuose situate a latitudini inferiori con picchi inferiori a 3000 m, come gli Appennini.

Perciò, lo scopo di questo studio è quello di indagare la capacità di un semplice modello numerico del manto nevoso monostrato e di un più sofisticato modello multistrato di riprodurre l'altezza della neve osservata, l'equivalente in acqua della neve e l'estensione della neve nell'Appennino centrale, utilizzando per entrambi i modelli la stessa forzante meteorologica. A questo scopo, utilizziamo due modelli di manto nevoso e suolo ben noti: (i) Noah LSM, un modello euleriano che simula il manto nevoso come un singolo strato (Chen e Dudhia, 2001), e (ii) Alpine3D, un modello lagrangiano multistrato che simula la stratificazione del manto nevoso (Lehning et al., 2006). Abbiamo adottato il modello Weather Research and Forecasting (WRF) per produrre i dati meteorologici per forzare sia Noah LSM che Alpine3D su scala regionale con una risoluzione spaziale di 3 km.

Mentre Noah LSM è già accoppiato online con il modello WRF, per il modello Alpine3D è stato necessario realizzare un accoppiamento ad hoc. I due modelli sono stati accoppiati offline, e sebbene questo tipo di accoppiamento non restituisca un feedback al modello a monte (WRF), ha diversi vantaggi, come ad esempio la possibilità di testare diverse parametrizzazioni solo in Alpine3D senza dover rilanciare il modello WRF. Inoltre

l'accoppiamento offline di Alpine3D e WRF può essere esteso ad altri modelli di previsione meteorologica, semplicemente apportando piccole modifiche alla libreria di interfaccia (Figura. 1).

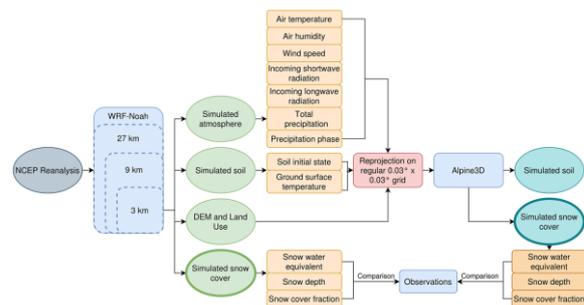


Figura 1. diagramma di flusso della catena modellistica realizzata in questo studio. Le rianalisi NCEP vengono utilizzate per inizializzare il modello WRF, che fornisce i dati di previsione atmosferica per guidare i modelli numerici Noah LSM (accoppiato online) ed Alpine3D (accoppiato offline).

Mediante i modelli WRF–Noah e WRF–Alpine3D, abbiamo simulato l'evoluzione del manto nevoso sull'Appennino centrale per tre periodi di interesse: (i) dal 1 dicembre 2018 al 28 febbraio 2019, (ii) dal 1 marzo dal 2019 al 30 aprile 2020 e (iii) dal 1 novembre 2020 al 30 aprile 2021. Abbiamo poi confrontato le simulazioni della copertura nevosa con le misurazioni in situ dell'altezza della neve e dell'equivalente in acqua della neve e con le osservazioni radiometriche satellitari dell'estensione della copertura nevosa. Le misurazioni automatiche dell'altezza della neve sono state effettuate con sensori a ultrasuoni, installati su 17 stazioni meteorologiche localizzate lungo l'Appennino centrale. Le misurazioni manuali di altezza neve ed equivalente in acqua della neve invece sono state eseguite quasi una volta al giorno tutti i giorni sui 27 campi neve Meteomont. La copertura nevosa giornaliera è ottenuta dal satellite MODIS Terra.

La prima riga della Figura 2 mostra l'altezza media della neve osservata e simulata in tutti i siti di misurazione, mentre la seconda riga mostra l'equivalente medio in acqua della neve osservato e simulato in tutti i siti di misurazione. Le osservazioni sono indicate da una linea grigia tratteggiata, mentre le simulazioni numeriche sono indicate da linee continue blu e rosse, corrispondenti rispettivamente a WRF–Noah e WRF–Alpine3D. Le aree ombreggiate corrispondono all'intervallo compreso tra i valori minimo e massimo osservati e simulati.

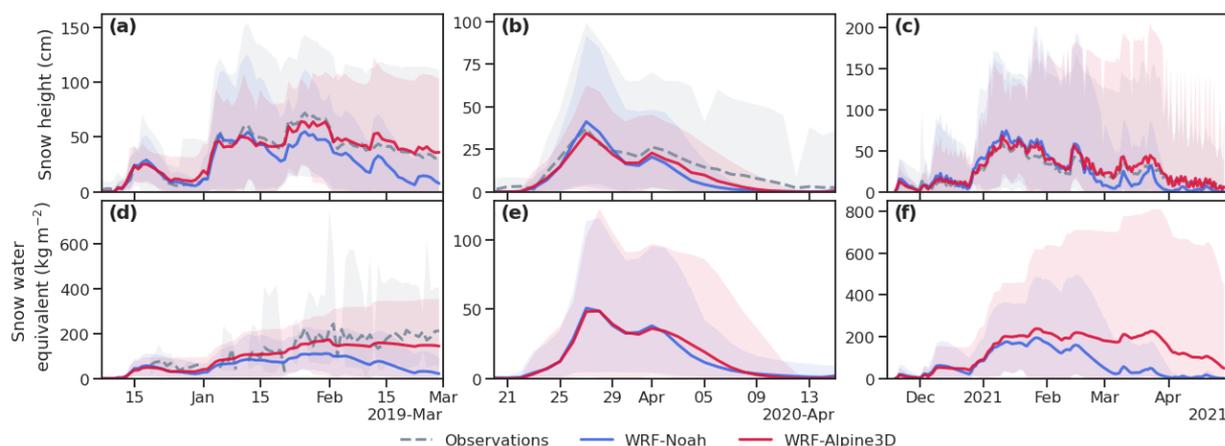


Figura 2. serie temporali dell'altezza della neve osservata e simulata (a, b, c) e dell'equivalente in acqua della neve (d, e, f) per le tre stagioni nevose. Le linee continue rappresentano la media di tutte le stazioni disponibili per ciascuna stagione nevosa considerata: le osservazioni sono indicate da una linea grigia continua, mentre le simulazioni sono indicate da linee blu e rosse continue, corrispondenti rispettivamente a WRF-Noah e WRF-Alpine3D. Le aree ombreggiate corrispondono all'altezza massima e minima della neve e all'equivalente in acqua della neve osservati o simulati. La bassa frequenza temporale delle misurazioni manuali per le stagioni nevose 2019/20 e 2020/21 e la non contemporaneità delle osservazioni in diversi siti rendono le serie temporali degli equivalenti medi di acqua di neve osservati rumorosi e poco informativi; quindi abbiamo deciso di non mostrarli nei riquadri (e) e (f).

Per la stagione nevosa 2018/19 si nota come l'altezza media della neve, simulata dai due modelli, è simile fino a metà gennaio, ma durante l'ultima parte della stagione, WRF-Alpine3D riproduce meglio l'altezza della neve osservata, anche in termini di velocità di assestamento, mentre WRF-Noah sottostima l'altezza della neve, mostrando una velocità di assestamento maggiore. Al contrario, per le stagioni nevose 2019/20 e 2020/21, le differenze nelle altezze medie della neve simulate con WRF-Noah e WRF-Alpine3D sono meno evidenti, ma soprattutto nella stagione 2020/21 si può notare che il manto nevoso si ritira più velocemente nelle simulazioni WRF-Noah rispetto all'osservazione e alle simulazioni WRF-Alpine3D. Ciò ha un impatto anche sull'altezza massima simulata dai due modelli; infatti durante l'ultima parte di ogni stagione nevosa, WRF-Noah sottostima ampiamente l'altezza massima della neve osservata nei siti di misurazione, mentre WRF-Alpine3D ha una migliore abilità nel catturare la variabilità osservata dell'altezza della neve tra i siti di misurazione, simulando un'altezza massima della neve più vicina alle osservazioni. Tuttavia, nel corso del mese di aprile 2021 si può notare che WRF-Alpine3D sovrastima l'altezza massima della neve osservata. Ciò si traduce in un coefficiente di correlazione molto più elevato ed un bias più piccolo di WRF-Alpine3D rispetto a WRF-Noah (0.9 e 0.8 per il coefficiente di correlazione e 1 e -4 per il bias, rispettivamente). Come si può vedere dalla Figura 2d, durante la stagione nevosa 2018/19, WRF-Noah e WRF-Alpine3D si comportano in modo simile durante la fase di accumulo, da dicembre a metà gennaio, stimando un equivalente in acqua della neve molto vicino alle osservazioni. Da metà gennaio fino alla fine della stagione, WRF-Alpine3D riproduce molto meglio di WRF-Noah il valore medio di

equivalente in acqua della neve e anche il suo andamento. Inoltre, soprattutto nel mese di febbraio, Alpine3D simula valori massimi di equivalente in acqua della neve vicini alle osservazioni, mentre WRF-Noah li sottostima ampiamente. Purtroppo, durante le stagioni nevose 2019/20 e 2020/21, le misurazioni manuali effettuate dal servizio Meteomont hanno subito una notevole diminuzione, probabilmente a causa della pandemia di COVID-19, pertanto la bassa frequenza temporale e la non contemporaneità delle osservazioni nei diversi siti di misurazione rendono rumorosa e poco informativa la serie temporale dell'equivalente medio in acqua della neve osservato per le due stagioni nevose; quindi abbiamo deciso di non mostrarlo nelle Figure 2e e f. Tuttavia, possiamo confrontare i due modelli e possiamo osservare che per la stagione nevosa 2019/20 gli equivalenti medi di acqua della neve simulati dai due modelli quasi si sovrappongono, ma dal 3 aprile WRF-Alpine3D simula un manto nevoso massimo maggiore rispetto a WRF-Noah. Al contrario, durante la stagione 2020/21 i due modelli si comportano in modo più simile alla stagione 2018/19; infatti si può notare che durante la fase di accumulo, da dicembre a metà gennaio, gli equivalenti medi in acqua della neve simulati dai due modelli sono molto simili, ma da metà gennaio fino alla fine della simulazione si può osservare una fusione della neve molto più veloce nel WRF-Noah rispetto a WRF-Alpine3D. La fusione più rapida del manto nevoso nel WRF-Noah ha anche un grande impatto sull'equivalente massimo in acqua della neve, che è molto inferiore rispetto alle simulazioni WRF-Alpine3D, soprattutto nei mesi di marzo e aprile. Ciò si traduce in un coefficiente di correlazione molto più elevato di WRF-Alpine3D rispetto a WRF-Noah (0.7 e 0.4, rispettivamente).

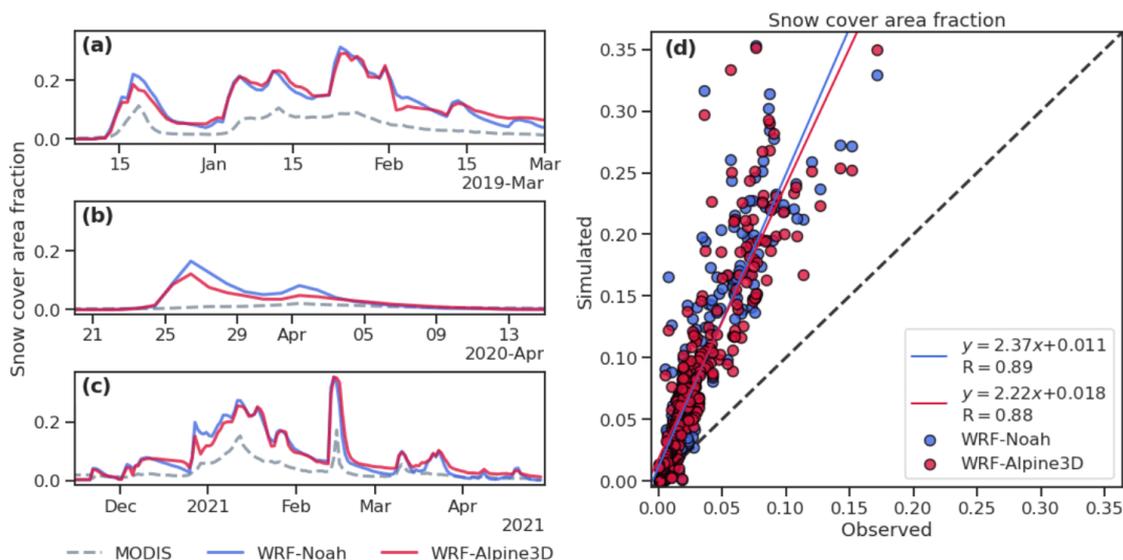


Figura 3. (a, b, c): serie temporali della frazione di area coperta da neve derivata da MODIS (linea grigia), WRF-Noah (linea blu) e WRF-Alpine3D (linea rossa) per le tre stagioni nevose. (d): confronto della frazione dell'area di copertura nevosa simulata e osservata per le tre stagioni nevose, con punti blu e rossi che indicano rispettivamente WRF-Noah e WRF-Alpine3D. Le linee blu e rosse rappresentano la migliore regressione lineare dei dati WRF-Noah e WRF-Alpine3D.

Osservando nuovamente le serie temporali dell'altezza della neve mostrate nella prima riga della Figura 2, possiamo notare che, nelle simulazioni WRF-Alpine3D, alla diminuzione dell'altezza della neve non corrisponde una forte diminuzione dell'equivalente in acqua della neve (ad eccezione di aprile 2021); invece nel WRF-Noah ad una diminuzione dell'altezza della neve corrisponde spesso una forte diminuzione dell'equivalente in acqua della neve. Ciò significa che il ritiro del manto nevoso è dovuto principalmente all'addensamento della neve in WRF-Alpine3D mentre dipende dalla fusione della neve in WRF-Noah. La fusione anticipata del manto nevoso osservato nel modello WRF è un problema noto in letteratura.

Infine, grazie al prodotto di estensione della copertura nevosa di MODIS, possiamo calcolare la frazione di area coperta da neve (SCAF) sull'area di interesse per ogni giorno del periodo di studio, dividendo l'area classificata come coperta di neve per la superficie totale dell'area di interesse. Il risultato di questo calcolo è riportato in Figura 3. Entrambi i modelli riproducono lo SCAF con un elevato coefficiente di correlazione (0.89 e 0.88 per WRF-Noah e WRF-Alpine3D, rispettivamente), ma sovrastimano lo SCAF osservato di 0.06. Da queste valutazioni emerge che i due modelli presentano prestazioni pressoché identiche nella stima della frazione di copertura nevosa. Tuttavia, poiché lo SCAF non tiene conto di dove è presente il manto nevoso e se le macchie di neve osservate e simulate si trovano in luoghi diversi, lo SCAF potrebbe essere lo stesso tra osservazioni e simulazioni.

Le attività future si concentreranno sulla raccolta di dati in situ della forma e della dimensione dei grani, necessari per

valutare le capacità della catena WRF-Alpine3D di riprodurre la microstruttura della neve osservata. La risoluzione spaziale delle simulazioni verrà inoltre portata da 3 km ad 1 km, e verrà valutato l'impatto dell'assimilazione di osservazioni di precipitazione e temperatura dell'aria sulla simulazione delle proprietà del manto nevoso.

Link alla pubblicazione scientifica:

<https://doi.org/10.5194/tc-17-519-2023>

Bibliografia

Chen, F. and Dudhia, J.: Coupling an Advanced Land Surface-Hydrology Model with the Penn State-NCAR MM5 Modeling System. Part I: Model Implementation and Sensitivity, *Mon. Weather Rev.*, 129, 569-585, [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2001\)129<0569:CAALSH>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2001)129<0569:CAALSH>2.0.CO;2), 2001.

Lehning, M., Völksch, I., Gustafsson, D., Nguyen, T. A., Stähli, M., and Zappa, M.: ALPINE3D: a detailed model of mountain surface processes and its application to snow hydrology, *Hydrol. Process.*, 20, 2111-2128, <https://doi.org/10.1002/hyp.6204>, 2006.

Autori:



Edoardo Raparelli e Paolo Tuccella
Università degli studi dell'Aquila
CETEMPS

APPROFONDIMENTO

Dove cielo e Terra si incontrano: Parte I

Premessa

La Natura è sede di innumerevoli connessioni.

L'interdipendenza tra geosfera, idrosfera, atmosfera e biosfera ha fatto parlare, ormai tanti anni fa, del pianeta come di un superorganismo, Gaia.

Che questa metafora sia del tutto corretta, non sarò io a dirlo in questa sede: non è il mio campo di ricerca, e persone più capaci potranno dire, o smentire.

Dalla mia, però, ho alcune piccole cose. La prima, molto personale, è che sono sempre stata affascinata dalle connessioni: che i personaggi della Natura fossero collegati tra loro mi sembrava, nella mia epistemologia personale (ma che parola grossa...), di per sé scontato, ma la ragione di quei collegamenti mi pareva a volte davvero sorprendente: come se tutto quello che accade al mondo lo facesse secondo regole proprie, non necessariamente compatibili con la logica umana – o farei meglio forse a dire con il “comune buon senso”.

La seconda piccolezza, in realtà, è un ricordo. Da piccola (figurati, andavo ancora al Liceo) la mia insegnante di Scienze mi aveva donato un collegamento (una *connessione*?!), con l'Istituto di Biologia all'Università di Milano, dove insegnava un suo amico. Lui (ma diciamolo pure, il nome e cognome: Marco Ferraguti, oggi in pensione, ma sino a pochi anni fa professore ordinario “storico” di Biologia Generale, e divulgatore incredibile) mi accolse in quel mondo dove-si-scoprivano-cose, e mi presentò ad altri suoi amici, tra cui il professor Guido Pacchetti, che quando lo conobbi era da poco migrato dal settore Genetica a Ecologia.

E fu proprio Guido ad assegnare, proprio a me che non avevo ancora nemmeno tenuto l'esame di Maturità, alcuni pezzettini di lavori di ricerca. Cose, intendiamoci, da bimba o poco più, graduati sulle mie capacità. Ma, veri, e pezzi di lavori più ampi che a quel tempo venivano condotti in Istituto.

Uno di questi riguardò i Modelli di Lotka-Volterra Generalizzati. I “Modelli di Lotka-Volterra normali” li conosciamo più o meno tutte e tutti: sono un esempio classico della dinamica di due popolazioni che interagiscono in un rapporto preda-predatore. Nella loro forma più comune sono scritti come un sistema di equazioni differenziali del primo ordine:

$$\begin{cases} \frac{dn_a}{dt} = r_a - \alpha \cdot q \cdot n_a n_b \\ \frac{dn_b}{dt} = -r_b + \alpha \cdot n_a n_b \end{cases}$$

In questa formula, n_a ed n_b rappresentano le abbondanze rispettive della preda e del predatore, r_a il tasso di accrescimento intrinseco della preda (che lasciata a sé stessa senza predatore esploderebbe esponenzialmente), $-r_b$ il tasso di decremento del predatore se non avesse prede di cui nutrirsi, α un coefficiente di scambio, e q un valore (dell'ordine di 10) che rappresenta il fatto che per un aumento di peso, diciamo, di 10 tonnellate di predatori servono, per esempio, 100 tonnellate di prede (accade anche a noi: non è che mangiando una bistecca di 100g il nostro peso aumenta altrettanto – un poco, però, lo farà, magari depositando il “materiale in più” in qualche punto che non desidereremmo) (ho detto bistecca, ma poteva essere insalata, o qualunque altro materiale che noi umani consideriamo “cibo”).

Messo in questi termini, il modello di Lotka-Volterra produce effetti magari sorprendenti: le abbondanze delle due popolazioni abbracciate nella relazione oscillano, in modo coordinato. E in alcuni casi naturali, molto semplici, le sue previsioni trovano persino riscontro nei censimenti. Un caso classico, molto studiato e citato, riguarda le popolazioni di lepri variabili e volpi polari in una remota zona dell'Artico canadese.

Avanti, allora. Se il modello funziona con due popolazioni, andrà bene anche con tre, quattro, ..., quante ne vogliamo. Quindi, anche con un ecosistema complesso, reale, come ne troviamo nelle regioni temperate.

Nacquero così i modelli di Lotka-Volterra Generalizzati (GLV per gli amici). Delle robe così:

$$\begin{cases} \frac{dn_1}{dt} = r_1 + \sum_{j=1}^k \beta_{1j} n_1 n_j \\ \frac{dn_2}{dt} = r_2 + \sum_{j=1}^k \beta_{2j} n_2 n_j \\ \dots \dots \dots \\ \frac{dn_k}{dt} = r_k + \sum_{j=1}^k \beta_{kj} n_k n_j \end{cases}$$

Modello uguale, ma più grosso, maggiore potenza descrittiva. No?

E però, qualunque insieme di valori fosse assegnato, anche nei modi più ragionevoli possibili, il modello generalizzato *divergeva*. Non c'era proprio verso. Tutti e tutte si auguravano che riuscisse a descrivere la stabilità degli ecosistemi, ma non ci riusciva proprio.

(Il mio lavoretto era stato di vedere cosa sarebbe accaduto con ecosistemi "semplici", diciamo di una decina di popolazioni, assegnando i coefficienti del modello in certi modi "sensati" che descrivessero diversi tipi di reti trofiche: per farlo, dovetti imparare a programmare "per davvero" tutto ciò che avevo a disposizione a quel tempo, una calcolatrice programmabile TI-58C. Naturalmente, ottenni lo stesso risultato di tutti gli altri: disastroso. Ma, scoprii che la Matematica, con la quale sino ad allora avevo un rapporto, come dire, *leggermente conflittuale*, in realtà poteva funzionare benissimo come *lingua franca* per "parlare" con i Tu della Natura.)

Perché i Modelli di Lotka-Volterra Generalizzati non funzionavano? Nel frattempo, io (cosa *incredibile* anche solo due anni prima mi ero iscritta a Matematica, ero sopravvissuta ai corsi, e, incredibile ancora, avevo trovato un bellissimo lavoro nel campo dell'automazione industriale pesante) avevo cominciato a percorrere un'altra strada, e avevo dovuto lasciare da parte la mia vecchia passione. E intanto, mentre io in qualche trascurabile ritaglio di tempo continuavo a chiedermi "Ma cos'avevano di sbagliato?", la Scienza aveva fatto, come al suo solito, decisi passi in avanti.

Me ne accorsi dieci anni dopo, in occasione di un (fortunato!) demansionamento. Allora, nella ditta in cui lavoravo, dirigevo un minuscolo gruppo che si occupava di "prove pre-certificazione di sistemi elettronici programmabili per applicazioni *safety critical*" (oh, my!), e la Direzione aveva deliberato che, forse, per un lavoro del genere serviva un vocione più stentoreo del mio, uno da *lui*. Sul momento, posso garantirtelo, non la prendi esattamente benissimo.

E però, lasciata quella ditta, approdai alla Fisica della Bassa Atmosfera.

E, incredibile al quadrato, re-incoccai senza averlo previsto nel vecchio problema dei modelli GLV, di cui si era capito *perché* non funzionavano.

C'è questo di meraviglioso, nella Scienza moderna: evolve al di là delle convinzioni personali. Si adatta, trova descrizioni della realtà sempre più prossime ed efficaci, indipendentemente dalle "equazioni personali" di chi ci ha lavorato.

Ma non voglio lasciarti sulle spine. I modelli GLV non funzionavano, per la semplice ragione che le "reti trofiche" non sono insiemi di prede e predatori e basta.

Capire che esistessero simbiosi mutualistiche, o quasi-predazioni come il parassitismo in cui il "predatore" non ha alcun interesse ad uccidere la preda e lui con lei, non richiedeva un genio, e ci ero arrivata persino io in quegli anni lontani (?). Ma, come del resto tutte e tutti, avevo tentato di rimediare rilassando le definizioni di ragionevolezza sui coefficienti. Figuriamoci. Era un po' come cercare di far funzionare un motore guasto dandogli energie martellate più o meno a casaccio.

Poi, qualcuno prese atto del fatto che, forse, i modelli GLV non erano il modo più astuto per guardare agli ecosistemi.

E si indirizzarono, in breve tempo, allo studio dei *flussi di energia* – e di nutrienti.

Dove, il baco esiziale?

Nella fisica.

Già nei modelli di Lotka-Volterra normali lo possiamo vedere: è lì, nascosto per così dire in piena vista. Espressivo, anche, di un malinteso circa la natura degli ecosistemi che ci trasciniamo dall'inizio della Rivoluzione Industriale: ma la preda come fa a crescere all'infinito, in assenza di un predatore?

Mangia tanta erba.

Una quantità potenzialmente illimitata di erba.

Che a sua volta cresce grazie ad un "ambiente fisico" che provvede con infinita generosità.

Questo "ambiente fisico", però, di limiti ne ha, eccome. La nostra Stella del Giorno¹ indirizza verso di noi una grandissima quantità di energia che, al di sopra dell'atmosfera, ammonta a un po' più di 1500 W/m² – tempeste solari a parte. Molta di questa nelle ore diurne arriva alla superficie, dove circa il 7% finisce usato nei processi di fotosintesi. Ancora un'enormità, ma, comunque, *finita*.

L'ambiente fisico, poi, ha meccanismi che permettono la vita, che ad essi si è adattata in un complicato processo di co-evoluzione durato miliardi di anni.

L'ambiente fisico – atmosfera, idrosfera, geosfera – non è quindi per nulla separato dagli ecosistemi, ma ne fa parte integrante.

I modelli GLV non ne tenevano conto.

¹ Die Sonne. Ihr Italiener versteht das Geschlecht von Namen immer falsch. Vale, naturalmente il viceversa: "Voi Tedeschi sbagliate sempre il genere dei nomi."

E neanche i modelli di Lotka-Volterra normali: il fatto che alcuni ecosistemi si lascino descrivere e prevedere dagli LV dipende in parte da una produttività “sufficiente” a sostenere *quel* livello di prede controllato da *quell’altro* livello di predatori, ed in altra da artefatti, non ultimo che i censimenti erano annuali. Fossero stati, che so, giornalieri, l’andamento della popolazione di lepri variabili avrebbe mostrato molto probabilmente una fortissima stagionalità, ed una componente importante di caso.

L’ambiente fisico, così, scambia di continuo “cose” con la biosfera (lo scambio è bi-direzionale).

Ma sembra farlo con particolare intensità in quelle regioni spaziali in cui i “pezzi costitutivi” degli ecosistemi si toccano tra loro.

Ad esempio, dove l’atmosfera tocca la superficie terrestre.

Laggiù (cioè, qui)

La prima cosa che facciamo, appena nate e nati, è respirare. Compire la prima, difficile, inspirazione, e poi espirare, in modo all’inizio scoordinato, in parte casuale.

Prestissimo (minuti) quel gesto si fa automatico, e smetteremo di accorgercene quasi per una vita intera.

Come tutte le cose “ovvie”, anche questa nasconde un piccolo segreto destinato a restare nascosto in piena vista, se nessuno ce lo fa notare: l’aria che abbiamo immesso nei polmoni non è “normale”. È specialissima.

Appartiene ad una parte di atmosfera di cui composizione chimica e proprietà fisiche sono conseguenze dirette degli scambi tra l’atmosfera e la superficie terrestre.

Insomma, di ciò che avviene là, dove cielo e Terra si toccano.



Figura 1. Fotografia della Terra ripresa dall’equipaggio dell’Apollo 17 (colori calibrati).

Il nostro trovarci proprio qui, come vedremo, è sorte condivisa da tutta la biosfera subaerea e, in buona misura, subacquea e sotterranea.

Mettiamo tutto in prospettiva

Lo sappiamo dalla scuola primaria: la nostra Terra è avvolta da un’atmosfera spessa e densa, abbastanza da incenerire la maggior parte delle meteoriti che provano a raggiungerci, e da frenare grazie a intricate reazioni fotochimiche le radiazioni ultraviolette che vengono dalla nostra Stella del Giorno.

Riesci a vederla, questa spessa atmosfera nella fotografia di figura 1? No?

Siamo in due, allora.



Figura 2. L’atmosfera, ad una scala che la rende meglio visibile.

E però sarebbe davvero stupefacente, ci riuscissimo. La Terra nella foto ha un diametro apparente di circa 6 centimetri, che nella realtà sappiamo essere circa 12756 km. Per convenzione l’atmosfera terrestre finisce ad una quota di circa 100 km, pressappoco l’8 per mille del diametro (figura 2): ma l’8 per mille di 6 centimetri è uguale a circa 0.05 cm: mezzo millimetro!? E la maggior parte di questa “atmosfera” in realtà è talmente tenue da non poterla vedere nemmeno.

La troposfera, in cui siamo tutte e tutti (con qualche eccezione astronautica) immersi sarebbe spessa, alla scala della figura 1, mezzo decimo di millimetro...

La nostra atmosfera, vista nella giusta prospettiva, è davvero minuscola, e la troposfera praticamente invisibile.

Bene: la regione che esploreremo è ancora più sottile.

Con uno spessore reale che va da qualche decina di metri di notte a qualche chilometro (due, tre) all’equatore di giorno, lo Strato Limite Planetario occupa da un centesimo a un terzo dell’intera troposfera (figura 3). Talmente esile, che nella Figura 1 non avremmo nemmeno modo di vederlo.

Lo vediamo, però, nella Figura 4, reso percettibile alla nostra vista grazie alle nubi basse che vi si sono insediate (stando giù nel fondovalle le avremmo chiamate “nebbia”)

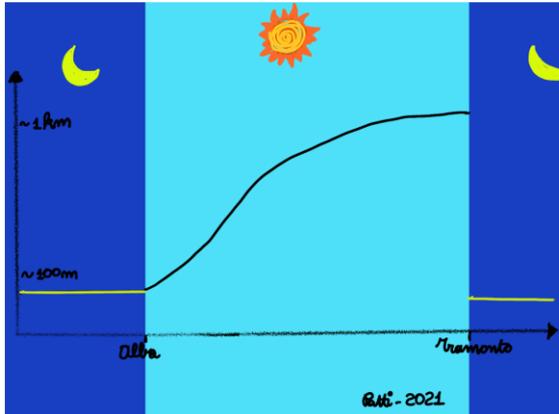


Figura 3. Andamento dello spessore dello Strato Limite Planetario nell'arco di una giornata di tarda Primavera o Estate limpida e assoluta, alla latitudine di Milano.

Se gli scambi tra atmosfera e geosfera/idrosfera (e biosfera subaerea) avvengono quasi del tutto lì, e volessimo accogliere l'ipotesi Gaia, quale tessuto di questo superorganismo troverebbe analogia con quello, che so, di un animale?



Figura 4. La nebbia nel fondovalle, di mattina presto, rende visibile lo Strato Limite Planetario.

La mia è una risposta a sensazione, soggettiva e da non-biologa. Ma per quello che mi riguarda avrei pochi dubbi: il PBL assomiglia molto da vicino al *sangue*.

Un sangue gassoso, quasi sempre invisibile. Ma, non meno importante del nostro, liquido e rosso.

Da dove viene tutto questo?

Da dove trae origine lo Strato Limite Planetario? E questa origine ci dice qualcosa su di lui?

La farò semplice, in questa sede (già in una puntata precedente della *newsletter* ne avevo scritto): tutto nasce dal rimescolamento causato dalla turbolenza, che a sua volta trae origine e sostentamento dal frangersi del vento all'incontro con gli ostacoli e, di giorno, dalle termiche innescate dal riscaldamento del suolo per effetto della radiazione solare.

Rimescolamento, e diluizione

Particolare molto importante, il PBL, fortemente “rimescolato”, trova sopra di esso un'inversione termica, grazie alla quale è difficile che ciò che viene rilasciato presso il suolo passi oltre e sia trasportato a lunga distanza.

Difficile, vedremo, ma non impossibile.

Ora, se lo Strato Limite Planetario è intensamente rimescolato, tutto ciò che vi accadrà tenderà a “livellarsi”: quantità di energia, componenti chimiche dell'atmosfera, ... Certo, salendo di quota la pressione diminuisce (non esisterebbero altimetri, se non fosse così). Le proporzioni relative delle sostanze e delle quote di energia, però, restano invariate.

Certo, se lo spessore dello “strato rimescolato” cambia così tanto nel tempo, e la sua superficie sommitale fa passare poco, allora ne dobbiamo concludere che a parità di condizioni esterne (tasso di emissione, ...) anche le concentrazioni assolute delle sostanze presenti in tracce cambierà, in proporzione circa inversa.

E le misure mostrano che le cose vanno davvero in questo modo: il gruppo di Fisica dell'Ambiente dell'Università degli Studi di Milano compie ormai da anni misure in continuo della concentrazione di radon in atmosfera. Il radon, pericolosità a parte, ha la prerogativa di essere rilasciato in atmosfera a rateo praticamente costante, e di essere un gas “nobile”, pochissimo reattivo: la sua concentrazione in atmosfera, così, aumenta e diminuisce in funzione quasi solo dello spessore del PBL. Questa stessa concentrazione può essere, così, usata per dedurre con buona approssimazione lo spessore del PBL.

Viaggi misteriosi

Negli anni tra il 2001 e il 2005 un insetto dall'apparenza innocua, il bostrico (*Ips acuminatus*, in figura 5 è mostrata una sua riproduzione in una tavola del 1888) ha risalito l'alta Valtellina sino a Bormio, ed ha attaccato all'inizio in modo molto selettivo i pini silvestri, presenti in una fascia tra abeti e larici in alto, e latifoglie in basso.

Da alcuni anni, uccisi molti (la maggior parte) dei pini silvestri ha iniziato ad attaccare gli abeti rossi.

L'invasione è iniziata dal Tiranese, pressappoco nel 2001, forse provenendo dalla confinante Svizzera.

C'è, in tutto questo viaggiare per valli e monti, un particolare strano: gli adulti del bostrico sono davvero piccoli.

E un insetto di quelle dimensioni, l'aria la vede con tutta la sua viscosità: non proprio come fosse melassa, ma quasi.



Figura 5. *Ips typographicus*, in una tavola del Meyers Konversations-Lexicon (1888: era conosciuto già allora!).

La vita degli insetti alati più piccoli, in effetti, è piuttosto difficile. È vero, hanno le ali, e in teoria possono spostarsi nell'aria. Ma in quanto a tenere una direzione precisa, la storia è un poco diversa: la turbolenza li può spostare, magari in alto in qualche termica. Addirittura, sino a raggiungere la sommità del PBL.

Non tutti sopravvivranno: con l'aumentare della quota la temperatura diminuisce, e può scendere al di sotto del minimo vitale di molte specie.

Qualche esemplare, però, riesce sempre a sopravvivere, e ricade al suolo non appena, all'arrivo del crepuscolo, le termiche si interrompono e lo spessore del PBL diminuisce drasticamente.

Rivedendo insieme a mio fratello (lavora al Parco dello Stelvio...) i dati di circolazione valliva, siamo arrivati all'ipotesi che l'invasione possa essere stata causata, o incoraggiata, dal suo andamento temporale. I dati rilevati dalla stazione di Caiolo (Sondrio) della rete SHAKEUP di ARPA Lombardia mostrano una direzione del vento quasi sempre in asse alla Valtellina: di notte, a scendere verso il Colico ed il Lago di Como, e di giorno a salire.

Stando così le cose, è possibilissimo che i moti ascensionali dell'aria catturino gli adulti appena sfarfallati, li sollevino, e li trasportino verso Bormio. Un passo alla volta. Giorno dopo giorno.

Immagina, nelle ore che si avvicinano al crepuscolo, una continua e rada pioggia di insetti, alcuni ancora vivi. Pomeriggio dopo pomeriggio la scena si ripete, e la densità di popolazione degli adulti cresce, sino a superare la soglia riproduttiva.

Da quel giorno, i bostrici si possono considerare ufficialmente insediati, e le femmine inizieranno immediatamente la loro caccia ai pini silvestri.

L'effetto netto è stato, *forse*, di una migrazione dalla bassa all'alta Valle.

Interamente passiva.

Ma allora, gli scambi tra superficie terrestre ed atmosfera che si svolgono nel PBL non riguardano solo la direzione verticale, i gas, i nutrienti?

Certo che no. Ed hanno anche effetti molto diretti sulla diffusione di molte specie, e non solo "vegetali".

Altro, ed altro ancora

Per adesso possiamo fermarci qui.

Ma abbiamo, volendo, appena cominciato un viaggio che passa per territori a lungo esplorati, ma senza notare un'infinità di sorprese.

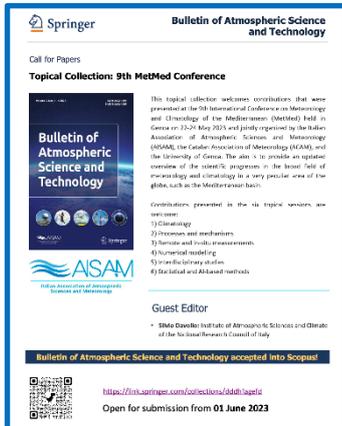
Autore:



Patrizia Favaron

(Eccomi qui, in quel di Sondalo: l'immagine è molto piccola, ma se mi credete sulla parola sullo sfondo si vedono le due fasce di pini silvestri – quelli che restano – e di abeti rossi. ☺)

BULLETIN OF ATMOSPHERIC SCIENCE AND TECHNOLOGY



Il comitato editoriale del *Bulletin of Atmospheric Science and Technology*, rivista ufficiale dell'Associazione Italiana di Scienze dell'Atmosfera e Meteorologia (AISAM), ha promosso un nuovo *Topical Issue* che raccoglierà i contributi presentati alla 9° Conferenza Internazionale di Meteorologia e Climatologia del Mediterraneo che si è svolta lo scorso maggio.

La sottomissione è attiva dal **1 giugno 2023**.

Ulteriori dettagli su sito:

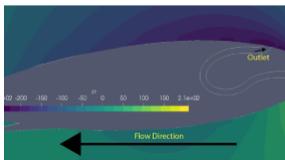
<https://link.springer.com/collections/dddhfagefd>

Si segnalano i seguenti articoli, recentemente pubblicati ed accessibili dal sito del [Bulletin of Atmospheric Science and Technology](https://link.springer.com/collections/dddhfagefd):



Mamadou Waïdi Onah, Joseph Adébiyi Adéchinan, François Kossi Guédjé, Hilaire Kougbéagbé, Etienne Bodoun Hounninou: *Evaluation of the performance of the World Wide Lightning Location Network (WWLLN) using the lightning detection network (LINET) as a truth*

<https://link.springer.com/article/10.1007/s42865-023-00060-9>



Hasan Mashni, Hermann Knaus, Andreas Platis, Jens Bange: *Development of an airfoil-based passive volumetric air sampling and flow control system for fixed-wing UAS*

<https://link.springer.com/article/10.1007/s42865-023-00057-4>



Andrea Costantini, Mauro Girotto: *Professional LoRaWAN IoT Decentlab sensors: 1 year of data and analysis within the experimental project of meteorological monitoring in the Regional Forest of Pian Cansiglio (north-east region of Italy)*.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s42865-023-00059-2>

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

Il Workshop previspri ricercatori



2° WORKSHOP PREVISORI RICERCATORI

**OLTRE LA SETTIMANA:
LA SFIDA DELLE PREVISIONI A LUNGO TERMINE**

26 SETTEMBRE 2023
ARPA Piemonte, via Pio VII, 9 - Torino
Streaming: bit.ly/workshopaisam2023

È recente l'esperienza di una crescente irregolarità nelle dinamiche meteorologiche, con un aumento degli eventi estremi e con fluttuazioni significative tra periodi piovosi e soleggiati. La giornata di studio vuole essere un'occasione di scambio di conoscenze e confronto tra le comunità professionali sul tema delle previsioni sub-stagionali e stagionali: modellisti, previsori e stakeholders. Una tavola rotonda conclude la giornata riflettendo sugli stimoli sollecitati dagli interventi e ragionando su esigenze, utilizzi e prospettive delle previsioni meteorologiche sub-stagionali.

PROGRAMMA

Registrazione 10:00 - 10:30

Saluti e Introduzione 10:30 - 11:00
ARPA Piemonte, AISAM, Agenzia ItaliaMeteo, Regione Piemonte

Sessione Ricercatori 11:00 - 12:30 | Modera **Federico Grazzini**
L'attività di previsione sub-stagionale presso il CNR-ISAC Daniele Mastrangelo - CNR-ISAC
Tecniche numeriche, potenzialità e criticità di approcci subseasonal forecast CETEMPS

Pausa Pranzo 12:30 - 14:00

Sessione Previsori 14:00 - 15:30
Utilizzo dei prodotti extended range di ECMWF e della classificazione in regimi circolatori e tipi di tempo per le applicazioni alla scala locale in Lombardia Gian Paolo Minardi - ARPA Lombardia
Utilizzo di previsioni sub-stagionali per la stima di disponibilità della risorsa idrica superficiale Roberto Cremonini - ARPA Piemonte
Previsioni probabilistiche sub-stagionali di irrigazione in Emilia-Romagna Valentina Pavan - ARPAE Emilia Romagna

Break

Tavola rotonda 15:45 - 17:15 | Modera **Secondo Barbero**
Nel contesto dell'attuale skill modellistico e previsionale, e in periodo di veloce cambiamento climatico, è possibile creare sistemi previsionali basati sui sub-seasonal forecasts? Che uso possono avere?
Con la partecipazione di: RAI Pubblica utilità (Claudia Adamo), Agenzia ItaliaMeteo (Carlo Cacciamani), DPCN (Paola Pagliara), Autorità di Distretto (Alessandro Bratti), CMCC (Silvio Gualdi), RSE (Riccardo Bonanno).

Comitato organizzatore: R. Cremonini, B. Turato, M. Miglietta, F. Grazzini, C. Marsigli, M. Salvati, D. Zardi, C. Cacciamani, S. Barbero.

SEZIONE STUDENTI

Corso di formazione AISAM di previsione meteorologica operativa

AISAM è pronta a lanciare per **ottobre 2023** un corso di previsione meteorologica operativa, che si concluderà a **maggio 2024**, e che sarà caratterizzato da due giornate in presenza e una serie di weather briefings online a cadenza quindicinale. **Il corso è rivolto a studenti e studentesse di corsi di laurea magistrale** con piano di studi associato al riconoscimento dell'attestato WMO. In subordine, l'iscrizione al corso è aperta anche a studenti/esse di dottorato in fisica dell'atmosfera e a giovani professionisti/e in settori affini che vogliano integrare il loro curriculum. Il corso è aperto anche a studenti del terzo anno della laurea triennale e della magistrale in fisica, ingegneria, matematica e scienze naturali. Per queste categorie l'ammissione al corso avviene previa valutazione delle conoscenze di base di fisica dell'atmosfera, di circolazione generale, di meteorologia dinamica e di modellistica numerica. Il corso è riservato ai soci AISAM.

Attualmente in Italia esistono pochi atenei che offrono un curriculum universitario conforme ai requisiti che gli organismi internazionali richiedono come base formativa per la professione di meteorologo (WMO 1083). Anche in questi atenei virtuosi che ospitano una laurea magistrale con un piano di studi che porti al conseguimento dell'attestato WMO, gli studenti, pur avendo le conoscenze scientifiche necessarie, non sempre hanno la possibilità di apprendere i metodi e le tecniche della previsione meteorologica operativa. Queste **conoscenze operative e capacità pratiche** sono apprese dopo l'inserimento nella realtà lavorativa: a titolo di esempio, ENAV e Aeronautica Militare organizzano corsi di formazione interna per il conseguimento dell'attestato ENAC, mentre i servizi regionali e il settore commerciale procedono ad un training più informale per affiancamento con previsori meteorologici esperti. Grazie alla presenza al suo interno di soci accademici, di meteorologi professionisti e di soci studenti, AISAM è il soggetto più adatto a creare quella sinergia tra le varie realtà che è necessaria per iniziare a colmare questa lacuna.

Il corso ha l'obiettivo di insegnare le basi della previsione operativa. In particolare:

- l'analisi e il riconoscimento delle **strutture sinottiche**, nonché la loro predicibilità;
- l'analisi e il riconoscimento delle circolazioni a **mesoscala**, fenomeni a questa associati, e loro predicibilità;
- **modelli concettuali** e climatologia pratica applicati alla penisola italiana;
- **predittori e checklist** per i fenomeni più caratteristici (convezione, foehn, nebbia, ...);
- **strumenti per l'analisi** e la previsione (piani di plottaggio, diagrammi termodinamici, immagini satellitari, radar meteorologico).

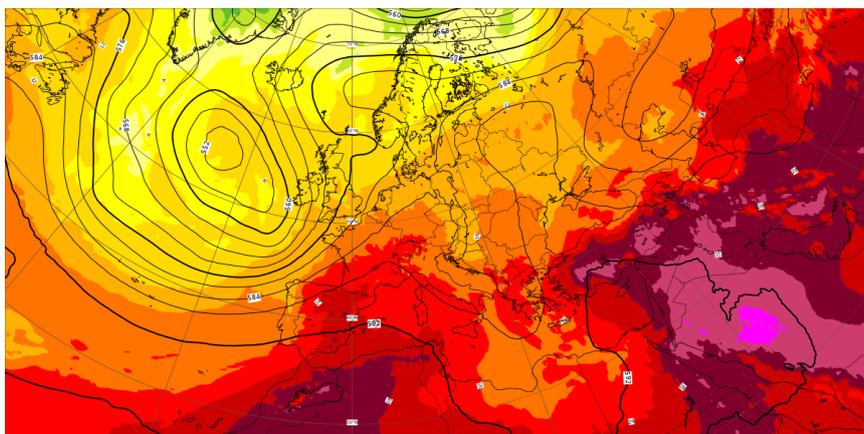


Figura 1. Geopotenziale a 500 hPa e temperatura a 850 hPa del modello IFS. Alla fine del corso gli studenti saranno in grado di interpretare correttamente questo prodotto.

A fine corso gli studenti saranno in grado di formulare una bozza di previsione/analisi meteorologica a partire da un set di plot modellistici assegnati; come strumento di autovalutazione verranno discussi quesiti tratti dalle prove dei recenti concorsi pubblici per meteorologi.

Il corso è organizzato dalla sezione Professionisti e sezione Studenti di AISAM, in collaborazione con i docenti delle sedi universitarie interessate. È

prevista una prima giornata in presenza focalizzata sugli elementi di sinottica e mesoscala, con lezioni frontali nella mattinata e attività a gruppi nel pomeriggio. A seguire, ogni due settimane, si terrà un weather briefing online di due ore circa gestito da un meteorologo esperto a cui si affiancherà un secondo collega per alimentare discussione e

domande. Il briefing sarà libero come formato e sfrutterà le peculiarità della situazione meteorologica in atto, le specifiche competenze e specializzazioni della coppia previsionale in carica, le conoscenze e le domande degli studenti.

A fine maggio è prevista una seconda giornata in presenza focalizzata su alcune applicazioni della previsione meteorologica, con lezioni frontali al mattino e attività a gruppi nel pomeriggio. Complessivamente il corso consiste di due giornate in presenza (16 ore) e 16 weather briefings on line (32 ore) per un **totale di circa 48 ore** di lezioni ed esercitazioni.

I docenti dei weather briefings saranno **meteorologi professionisti** con almeno 5 anni di esperienza di sala meteo (pool di 16 professionisti al massimo), provenienti sia dalle agenzie regionali che dalle aziende private. Nelle giornate in presenza i docenti saranno anche ricercatori affermati nel campo della meteorologia.



Figura 2. Il meteorologo Flavio Galbiati presenta le previsioni meteorologiche in televisione.

Alla fine del corso verrà rilasciato un attestato che certificherà la proficua frequentazione del corso, subordinata alla partecipazione attiva alle lezioni in presenza e ai weather briefing online. La possibilità del riconoscimento di crediti formativi per attività extracurricolari è in corso di indagine, ma sarà comunque dipendente dalla richiesta del singolo studente e dall'approvazione delle commissioni dei corsi di laurea.

Autori:



Francesco De Martin, Marta Salvati, Dino Zardi

La sezione studenti intervista...

Gaetano Genovese

In questo numero della Newsletter intervistano **Gaetano Genovese**, ex studente dell'Università Parthenope e attualmente meteorologo presso 3BMeteo.



Buongiorno Gaetano, da dove nasce la tua passione per la meteorologia?

Ho iniziato ad appassionarmi alla meteorologia fin da bambino grazie a mio nonno, un contadino, il quale, quando stavamo insieme, mi spiegava il comportamento delle nubi e come stabilire se sarebbe arrivata la pioggia o la neve. Quando è venuto a mancare, ho poi continuato questa attività con mio padre, ma è principalmente grazie a mio nonno se ho potuto coltivare la mia passione per la meteorologia.

Qual è stato il tuo percorso di studi?

Alle superiori ho frequentato l'ITIS ad indirizzo informatico. Questa scelta mi ha aiutato parecchio poiché ho avuto modo di studiare parecchia fisica e matematica. Dopodiché, ho frequentato la triennale in meteorologia ed oceanografia presso l'Università Parthenope di Napoli ed, in seguito, la magistrale nel medesimo Ateneo. Purtroppo, a differenza di quanto avviene oggi, il corso di Laurea Magistrale era ad indirizzo unico ed il dover studiare altre materie legate alla navigazione marittima ed alla gestione e sicurezza del volo, unitamente all'aver coltivato altre passioni come la musica e le tradizioni culturali, ha attardato il mio percorso.

Ritieni che il tuo percorso universitario ti abbia formato in maniera adeguata per affrontare la tua esperienza lavorativa?

Se ti rispondessi con un sì, ti direi una bugia. Negli ultimi anni, la Parthenope ha avuto una spinta quando con il mio gruppo di studio e grazie alle disponibilità dei nostri professori abbiamo dato vita al progetto

MeteoUniparthenope. Inoltre, è tra le quattro università in Italia che ti permette di conseguire l'attestato di formazione di base di meteorologo/meteorologist (WMO,1083). La Parthenope, rispetto agli altri atenei, è quella che fornisce l'offerta formativa più ampia nel settore. Sicuramente sarò di parte, ma se dovessi dare un consiglio a qualcuno sicuramente la Parthenope di Napoli è quella che ti dà di più. Si può, certamente, fare molto meglio ma secondo me è la migliore. In tale Ateneo, ho avuto la fortuna di incontrare docenti appassionati come Vincenzo Capozzi, figura fondamentale nella mia formazione, grazie al quale ho avuto modo di apprendere alcuni trucchi del mestiere su come leggere le carte o su come effettuare una previsione in video. La passione dei docenti conta molto nella formazione degli studenti ed il poter entrare in contatto con professori davvero appassionati è sicuramente una marcia in più.

Come ti trovi in 3BMeteo?

Mi trovo bene. È un'azienda che permette parecchia flessibilità, dando la possibilità di lavorare in smartworking. L'ambiente è molto stimolante con tanti colleghi appassionati e parecchio competenti. Durante la fase di previsione, il poterti interfacciare con colleghi con una tale passione non può che permetterti di esprimere al meglio il tuo potenziale. In 3BMeteo, a differenza di altre aziende dove magari ci si occupa prevalentemente di analizzare dati, ho davvero modo di poter coltivare la passione. Sono del parere che sia la miglior azienda in Italia relativa all'elaborazione delle previsioni meteorologiche.

Oltre al tuo lavoro in 3BMeteo, gestisci e coordini un gruppo di giovani previsori. Da dove nasce l'idea di *Che Tempo Fa*?

Che Tempo Fa nasce nel 2017, ma l'idea ha preso vita molto prima. Sin dal 2012 iniziai ad informare i miei amici pubblicando previsioni, seppur in maniera grossolana, e carte del tempo sui social. Con il passare degli anni, iniziai a creare questa pagina postando previsioni basate su output modellistici diversi, con l'obiettivo di comunicare il tempo previsto in Campania. All'inizio di questa avventura, con degli amici meteo-appassionati, ci mettevamo in viaggio a fare storm-chasing, andando a

documentare le nevicate o i fenomeni temporaleschi con foto e video. Quando sono tornato a Napoli, ho iniziato a coinvolgere in questo progetto anche alcuni colleghi della Magistrale, iniziando a fornire un approccio più scientifico alla previsione e, oltre a dare un'informazione all'utenza, cercavamo anche di fornire una formazione spiegando, ad esempio, il perché si può sbagliare una previsione. Purtroppo, soprattutto al Meridione, ancora oggi vi è la credenza che la meteorologia sia appannaggio esclusivo dell'Aeronautica Militare, oppure la figura del meteorologo finisce per essere equiparata a quella dell'astrologo quando in realtà non è assolutamente così. Cercando di comunicare ciò, abbiamo dato vita a progetti nelle scuole, ci siamo occupati della formazione delle guide escursionistiche, abbiamo installato nuove stazioni meteorologiche e abbiamo organizzato convegni e seminari. Tali esperienze non sarebbero state possibili senza la nostra squadra che, tra chi è andato via, chi è tornato e chi da poco si è aggiunto, conta 20 operatori. La cosa che dico sempre è che *Che Tempo Fa* è una palestra. Una palestra che ha anche portato fortuna a chi ne ha fatto parte, come al nostro Guido che, recentemente, è stato assunto in ENAV. Questa attività, fatta con la finalità di allenarsi nell'elaborazione delle previsioni, ti permette di crescere e di interfacciarti e confrontarti con gli altri, cosa fondamentale nel nostro lavoro. Quando si deve elaborare una previsione, quattro occhi sono meglio di due. Devo molto a *Che Tempo Fa*, sia io che i miei colleghi.

Quali sono i tuoi progetti per il futuro?

Nell'immediato futuro, continuare a far bene in 3BMeteo, perché lavorare qui mi permette di esprimere al meglio il mio potenziale. A settembre ci sarà la *3BAcademy* mentre ad ottobre ci sarà un evento da me organizzato che si svolgerà a Bergamo e Brescia in occasione della nomina a Capitale Italiana della Cultura 2023 e che vedrà la partecipazione di importanti esponenti del nostro settore. Nei prossimi anni mi vedo ancora in 3BMeteo, con l'obiettivo di crescere ancora di più e di dare maggior lustro a questa materia. Nel contesto in cui viviamo, segnato dal cambiamento climatico, la conoscenza e lo studio della meteorologia sarà fondamentale.

Grazie Gaetano, e in bocca al lupo per il tuo futuro!

A cura di:



*Francesco Gulisano
(Università Parthenope)*

LA PROCLAMO DOTTORE...

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

Il progetto Cli-Dare: controllo e analisi delle serie pluviometriche tra i bacini di Adda e Ticino

Dott.ssa Silvia Ambrosini



Università degli studi di Milano

Laurea Triennale in Fisica

Relatori: Prof. Maurizio Maugeri

Co-Relatori: Dott.ssa Veronica Manara

Anno Accademico 2022/2023

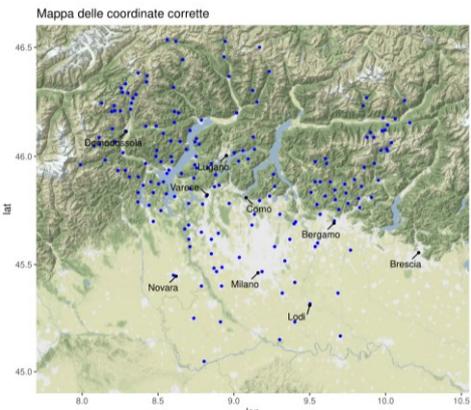
Abstract

88 --- Stazione S. MARIA DEL TARO (Pr) Bacino principale: TARO
 Lat. N. 44° 26'; Long. (Mer. Roma) 2° 58' W; m s. m. 744

ANNO	Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre		Anno	
	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi		
1921	150	8	94	4	85	7	80	8	233	26	44	4	90	7	111	9	11	2	21	2	36	0	87	8	1025	76
1922	146	8	112	0	513	19	289	26	84	0	112	4	6	1	81	7	340	22	310	28	206	8	696	11	2848	96
1923	27	3	177	10	80	1	343	13	69	3	141	6	8	1	15	1	140	10	87	0	146	13	50	6	1434	70
1924	88	9	56	4	111	14	66	8	58	5	66	5	57	4	63	4	42	8	76	6	20	2	110	5	818	70
1925	68	6	272	12	185	20	140	12	58	11	89	0	58	0	110	5	83	7	84	2	205	17	205	20	1891	208
1926	161	7	174	9	215	8	316	20	203	13	80	0	56	5	87	2	376	8	428	11	714	19	102	4	2892	202
1927	803	14	141	11	892	19	88	4	59	7	71	4	77	7	—	—	992	6	247	6	684	13	682	14	2776	100
1928	256	11	10	1	907	20	264	11	212	7	37	4	98	3	35	2	140	11	379	20	209	7	97	4	3025	81
1929	85	6	38	2	—	—	112	8	275	11	100	0	23	0	114	5	21	9	209	11	201	19	806	8	1477	77
1930	283	5	105	12	350	20	319	9	241	8	215	11	180	5	104	6	185	4	274	0	142	11	141	6	2632	96
Media	156	8	114	7	229	9	309	10	183	9	95	5	57	4	67	4	166	7	212	7	325	10	218	7	1947	85

Comprendere l'evoluzione del clima e i suoi cambiamenti è una delle sfide più importanti dei nostri tempi e per fare questo è fondamentale avere una comprensione profonda della storia climatologica di un territorio. Per poter avere a disposizione quanti più dati possibile è presente uno sforzo a livello globale non solo nel raccogliere nuovi dati, ma anche nel recupero di quelli già disponibili, che non sono però facilmente utilizzabili perché conservati in formato cartaceo. Il recupero dei dati è un processo laborioso per cui sono necessari molti passaggi che, come la scansione, la

digitalizzazione e il controllo dei dati, non sono completamente automatizzabili e richiedono quindi il tempo e l'attenzione di diverse persone. Il progetto Cli-DaRe - Citizen Science for Italian Climate Data Rescue nasce in questo contesto con l'obiettivo di recuperare i dati meteorologici italiani che ad oggi non sono ancora disponibili in formato digitale. All'interno di questo progetto è stata sviluppata l'attività Cli-Dare@School che nell'anno scolastico 2022-2023 ha dato vita a una collaborazione con 12 scuole superiori in tutta Italia coinvolgendo oltre 350 studenti. In questo lavoro di tesi sono state trattate alcune osservazioni relative al trentennio 1921-1950 per le cumulate mensili di millimetri di pioggia. Prima di poter integrare i dati digitalizzati nell'archivio del gruppo di ricerca è stato necessario verificare la qualità del lavoro di digitalizzazione correggendo eventuali errori e poi controllare le coordinate delle stazioni associate a ciascuna delle 179 serie trattate. A seguito di questi controlli si è potuto aggiornare l'archivio dell'Università integrando i dati digitalizzati. Per individuare quali delle serie potessero essere integrate è stato implementato un codice in R che valutasse la presenza di serie corrispondenti a quelle digitalizzate valutando anche in seguito la correttezza e la qualità delle unioni effettuate. Al termine di questo processo è stata effettuata un'analisi della distribuzione spaziale e dell'evoluzione temporale delle 108 serie pluviometriche così ottenute. Queste analisi, effettuate calcolando le climatologie sul trentennio 1961-1990 per ciascuna stazione e poi ricavando le serie delle anomalie rispetto a queste stesse climatologie, hanno permesso di valutare la presenza di trend e la loro significatività nel secolo 1921-2021. Il progetto Cli-DaRe e l'attività Cli-Dare@School continueranno nei prossimi anni portando avanti il lavoro di recupero dei dati. Per le attività future l'obiettivo è quello di introdurre codici OCR (Optical Character Recognition) per ridurre la digitalizzazione manuale e facilitare il lavoro di controllo che è inevitabile nel processo di data rescue.



L'importanza di preservare il Lago Azzurro come risorsa naturale nel contesto dei cambiamenti climatici

(The importance in preserving alpine Lake Azzurro as a natural resource in the context of climate change)

Dott.ssa Giulia Taborelli



Università: Politecnico di Milano

Laurea Magistrale in Landscape Architecture - Land Landscape Heritage

Relatore: Prof. Gianfranco Becciu

Co-Relatori: Dott. Alessandro Ceppi, Dott.ssa Claudia Dresti, Dott.ssa Mariana Lobo Marchioni

Anno Accademico 2022/2023

Abstract

L'obiettivo della mia tesi è analizzare il significato delle questioni ambientali, utilizzando la scomparsa del Lago Azzurro a Motta (frazione di Campodolcino) come punto di partenza. Per raggiungere questo obiettivo, la tesi esplora e categorizza i servizi ecosistemici offerti dal lago, fornendo anche una panoramica sul clima nell'area di Valchiavenna.

I servizi ecosistemici comprendono i benefici forniti dagli ecosistemi all'umanità, sia direttamente che indirettamente. Questi servizi assumono varie forme e contribuiscono al benessere umano. Possono essere classificati in quattro categorie: servizi di approvvigionamento, servizi di regolazione, servizi di sostegno e servizi culturali. Nell'area del Lago Azzurro, i servizi culturali sono particolarmente rilevanti grazie allo status del lago come rinomata meta turistica per l'intera area della Valchiavenna. Oltre a offrire esperienze estetiche e ricreative, il lago ha ispirato il famoso poeta italiano Giosuè Carducci, che gli ha dedicato una poesia nel 1888. Per valutare i servizi ecosistemici forniti dal lago, sono stati condotti due sondaggi. Il primo sondaggio mirava a raccogliere opinioni pubbliche su questioni legate alla



scomparsa del Lago Azzurro, affrontando un ambito più ampio. Il secondo sondaggio aveva lo scopo di identificare e comprendere i servizi culturali legati ai laghi alpini di Valchiavenna.

La peculiarità del Lago Azzurro risiede nel fatto che non ha immissari ed emissari, e l'afflusso dipende dalle precipitazioni e dallo scioglimento delle nevi, mentre il deflusso dipende dall'evaporazione. Di conseguenza, è stata condotta un'analisi climatica per valutare la correlazione tra la riduzione del

livello d'acqua del lago, l'aumento delle temperature e la diminuzione delle precipitazioni. Questa analisi ha utilizzato dati storici di ARPA Lombardia, A2A impianti della Valtellina e i dati di rianalisi ERA5-Land. L'analisi climatica rivela una chiara correlazione tra la scomparsa del lago e l'aumento delle temperature, un fenomeno particolarmente evidente nel XXI secolo, soprattutto nel 2022, che è stato l'anno più caldo registrato negli ultimi 73 anni. È fondamentale sottolineare che la scomparsa del Lago Azzurro a Motta sottolinea l'urgenza di affrontare efficacemente le questioni ambientali.

La perdita di un ecosistema così importante, come il lago, influisce significativamente sulla fornitura di servizi ecosistemici alla comunità locale e all'intera regione. Preservare e gestire il lago in modo sostenibile è essenziale per garantire l'equilibrio ambientale e migliorare la qualità della vita delle generazioni presenti e future.

Studio della variabilità spazio-temporale della precipitazione del Sahel (1983-2021)

Dott. Cristiano Ciccarelli



Università: Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Laurea Magistrale in Fisica del Sistema Terra

Relatore: Prof. Federico Porcù

Co-Relatori: Dott.ssa Elsa Cattani

Anno Accademico 2022/2023

Abstract

Il Sahel è la regione africana che si trova a sud del deserto del Sahara, da sempre vittima di siccità. Tra gli anni 1970-1980, in particolare, ha attraversato il periodo siccitoso più grave e socio-economicamente destabilizzante. L'aspetto che maggiormente viene dibattuto in merito è se ora la regione stia attraversando un periodo di ripresa da questa siccità e che effetti essa stia comportando, ad esempio, in termini di eventi precipitativi estremi.



Figura 1. Mappa degli Stati del Nord Africa e del Sahel, nel riquadro rosso è evidenziata la regione saheliana presa in analisi

Per comprendere questo fenomeno ed in generale valutare la variabilità e i trend della precipitazione del Sahel centro-occidentale negli ultimi decenni (1983-2021) è stato utilizzato il data-set satellitare TAMSAT v3.1, un prodotto basato su osservazioni nell'infrarosso termico (TIR). Tramite questi dati sono stati ricavati alcuni degli indici di precipitazione definiti dall'Expert Team on Sector-Specific Climate Indices (ET-SCI). Da tali indici sono state prodotte climatologie, in particolare effettuando la differenza tra climatologie dei periodi 2002-2021 e 1983-2001 per osservare le variazioni tra i due ventenni, e serie temporali, mediando i valori su quattro sotto regioni per osservare l'evoluzione nel tempo. Sono stati poi calcolati i trend tramite stimatore di Sen e sono stati osservati i modi di variabilità tramite studio delle Empirical Orthogonal Function. Successivamente sono state correlate le componenti principali del primo modo di variabilità con la temperatura superficiale del mare (SST) globale al fine di distinguere driver oceanici. Identificate le aree con correlazione maggiore, sono stati calcolati gli indici delle SST e questi sono stati correlati con gli indici di precipitazione.

Da questo studio si osserva un effettivo aumento della precipitazione in termini quantitativi e di giorni precipitanti, con un trend positivo che interessa tutta la regione, seppure con intensità diverse a seconda della specifica sotto-area considerata. Si osserva anche un aumento di eventi precipitativi estremi (EPE), in particolare nell'area sud per gli indici R10mm, R20mm (numero annuale di giorni con precipitazione ≥ 10 o 20 mm), R95p ed R99p (quantitativo annuale di precipitazione in mm quando la precipitazione giornaliera supera il 95° o 99° percentile), mentre nella regione centro-nord per gli indici Rxnday (quantitativo annuale massimo di precipitazione in millimetri per eventi precipitativi durati 1, 3 o 5 giorni consecutivi). Dallo studio delle correlazioni con gli indici di SST è emersa un'alta correlazione entro i primi venti anni con gli indici Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) e Indian Ocean Dipole (IOD); l'indice per il Mediterraneo (MedIndex) mostra i valori maggiori tra la seconda metà del 1990 e la prima del 2000, mentre gli indici South Atlantic Ocean Dipole (SAOD) e Trans-Atlantic and Pacific Ocean Dipole (TAPOD) hanno forti correlazioni negli anni successivi al 2000.

Interazione oceano—atmosfera associata al fronte di temperatura oceanica superficiale della Corrente del Golfo: variabilità e impatti sulla circolazione atmosferica alle medie latitudini

(Ocean–atmosphere interaction at the Gulf Stream sea surface temperature front: variability and impacts on midlatitude atmospheric circulation)

Dr Luca Famooss Paolini



Università Ca' Foscari Venezia

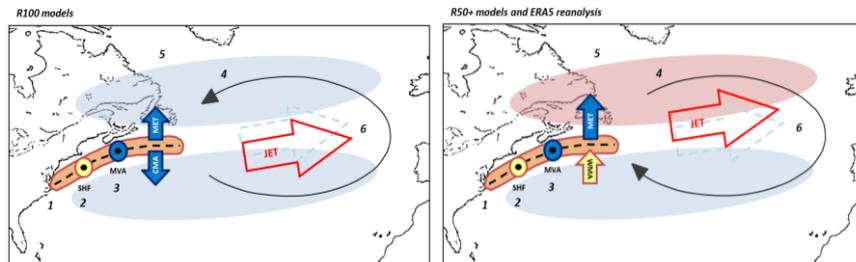
Dottorato in Scienza e Gestione dei Cambiamenti Climatici

Relatore: Dr. Alessio Bellucci

Co-Relatore: Dr. Panos Athanasiadis, Prof. Paolo Ruggieri

Ciclo di Dottorato XXXIV

Abstract



Risposta atmosferica agli spostamenti del GSF nei modelli a bassa (in alto) e alta (in basso) risoluzione e nella rianalisi (in basso). (1) Anomalie della temperatura oceanica indotte dallo spostamento del GSF verso nord. (2) Anomalie dei flussi superficiali di calore verso l'alto indotte dalle SST lungo il fronte. (3) Meccanismi attraverso i quali le anomalie di calore vicino al GSF vengono bilanciate: avvezione verticale (MVA), trasporto meridionale di calore dei vortici transienti (MET), avvezione meridionale fredda (CMA) e calda (WMA). Il colore dei meccanismi indica riscaldamento (giallo) e raffreddamento (blu). (4) Anomalie di circolazione superficiale. (5) Anomalie nei flussi di calore dei vortici sinottici (aree rosse, positive; aree blu, negative). (6) Spostamento della corrente a getto.

Recenti studi mostrano che i fronti di temperatura oceanica sono un ingrediente fondamentale del clima globale. Tuttavia, non è ancora chiaro quale sia la risposta atmosferica alla variabilità dei fronti e al contempo quale sia il ruolo della circolazione atmosferica sulla loro variabilità.

Questa tesi analizza in primis la risposta atmosferica agli spostamenti meridionali del fronte della Corrente del Golfo (GSF) sulla scala interannuale e la sua dipendenza dalla risoluzione

orizzontale dei modelli climatici. In secundis, la tesi esamina le caratteristiche spettrali dell'interazione tra l'Oscillazione Nord-Atlantica (NAO) e il GSF e analizza i meccanismi tramite i quali l'atmosfera influenza la posizione del fronte sulla scala decadale.

La risposta atmosferica agli spostamenti del GSF è stata valutata tramite dati di rianalisi e modelli atmosferici forzati con osservazioni di temperatura oceanica superficiale. Il ruolo della risoluzione orizzontale è stato valutato attraverso modelli con risoluzione da 25 km a 100 km. I risultati indicano che la risposta atmosferica dipende fortemente dalla risoluzione dei modelli e che solo i modelli ad alta risoluzione (≤ 50 km) riescono a rappresentare quanto riscontrato nelle osservazioni. In particolare: (i) il bilancio termodinamico sopra il GSF mostra che le anomalie di calore diabatico indotte dallo spostamento del fronte sono prevalentemente bilanciate dal moto verticale e dal trasporto meridionale di calore dei vortici transienti (cosa che non si verifica nei modelli a bassa risoluzione), mentre (ii) la risposta atmosferica sulla larga scala è caratterizzata dallo spostamento meridionale della corrente a getto e dello storm track del Nord Atlantico nella stessa direzione del GSF. Questa risposta atmosferica è accompagnata da variazioni nella baroclinicità superficiale, che inducono cambiamenti nell'attività dei vortici baroclini e, in ultima analisi, nella corrente a getto attraverso l'interazione tra la circolazione media e i vortici.

Le caratteristiche spettrali dell'interazione tra la NAO e il GSF e i meccanismi alla base di questa interazione sono stati valutati in un insieme di rianalisi. I risultati mostrano che la NAO e la posizione del GSF covariano sulla scala decadale, ma solo nel 1972–2018. La non stazionarietà della covariabilità decadale è anche manifestata dal fatto che la NAO precede gli spostamenti del GSF di 3 anni nel 1972–1990 e di 2 anni nel 1990–2018. I risultati mostrano che il lag tra la NAO e lo spostamento del GSF può essere interpretato come l'effetto congiunto della risposta della circolazione oceanica guidata dal vento e della circolazione oceanica profonda e della propagazione delle onde di Rossby. Tuttavia, le onde di Rossby sono presenti solo prima del 1990. Questo suggerisce che la non stazionarietà di questo meccanismo abbia causato la differenza nel lag tra la NAO e lo spostamento del GSF prima e dopo il 1990.

Considerando l'impatto che la variabilità del GSF ha sulla variabilità del Nord Atlantico, questa tesi di dottorato contribuisce a migliorare la nostra comprensione della variabilità climatica agli extra-tropici.

QUATTRO CHIACCHIERE CON...

Intervista a Roberto Grimaldelli

In questo numero abbiamo chiesto a Roberto Grimaldelli, meteorologo presso il Servizio Idro-Nivo-Meteo di ARPA Lombardia, di raccontarci la sua carriera.



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

Eccomi qua: Roberto Grimaldelli, cremonese all'anagrafe, 53 anni da poco compiuti, una laurea in Fisica conseguita a Milano nel 2000, attualmente meteorologo presso il Servizio Idro-Nivo-Meteo di ARPA Lombardia. Per sapere come sono arrivato fin qui, mettetevi comodi perché è una lunga storia... A parte gli scherzi, nonostante la mia vocazione scientifica fosse chiara fin dall'inizio, il mio percorso formativo è stato inizialmente tortuoso, poi lungo ed accidentato, perlomeno molto di più di quanto io auspicassi. Fin dalle scuole medie mi interessavo di scienza applicata: negli anni '80 Piero Angela fu il mio mentore virtuale, sia su certi argomenti (dalla crisi energetica alla ricerca di vita extraterrestre), sia sull'importanza della comunicazione corretta e della divulgazione.

Già ai tempi mi attraeva la meteorologia ma la mia prima passione era l'astronomia e divoravo libri sull'argomento. Purtroppo però, durante il liceo scientifico, ottimi insegnanti di materie umanistiche e meno ispirati docenti di quelle scientifiche mi portarono a coltivare il mio lato filosofico e perdere quell'afflato tecnico-sperimentale che mi aveva animato in precedenza.

Metteteci la giusta dose di turbamento adolescenziale ed ecco che la miscela esplosiva è pronta: uscii dall'esame di maturità totalmente confuso sul mio futuro e mi lasciai abbagliare dal prestigio della Bocconi, coinvolto da amici che mi spinsero ad iscrivermi al test di ammissione. Dopo un anno di Economia e Commercio però, riconobbi che l'università era solida ed interessante (Mario Monti era tra i miei professori) ma la materia non mi faceva "battere il cuore", così cercai di ritrovare la passione perduta. E finalmente capii che il problema per me non era tanto cosa studiare quanto quale "missione" intraprendere: l'illuminazione stavolta arrivò quando mi fu descritta l'attività di una Sala Operativa di Protezione Civile.

Da lì decisi che quello che volevo fare nella vita era un lavoro tecnico nel monitoraggio e controllo dell'ambiente, a supporto di chi deve prendere decisioni per progettare o gestire. In questo modo potevo coniugare le mie attitudini scientifiche con la necessità di aderire ad un obiettivo etico-pragmatico, oltre che concretamente guadagnarmi da vivere.

E da quel momento tutto è filato liscio?

Magari! Quello è stato sicuramente il turning-point decisivo della mia vita, perché mi ha fatto scegliere consapevolmente la mia identità professionale, ma è stato anche l'inizio di un periodo molto complicato. Innanzitutto a quei tempi (1990) non fu per nulla facile capire quale fosse il corso di laurea più adatto allo scopo





che mi ero dato: senza internet a banda larga, con orientamento universitario ed offerta formativa molto più limitati di quelli disponibili oggi, l'unico modo efficiente per darmi delle risposte fu quello di informarmi direttamente presso alcuni importanti docenti universitari che tra Milano e Parma si occupavano di ambiente o che stavano costruendo i futuri corsi di laurea in Scienze Ambientali (Ugo Facchini, Marina Camatini, Antonio Moroni ed altri a cui chiesi esplicitamente udienza). La conclusione fu che un percorso multidisciplinare definito non esisteva ancora e quindi avrei dovuto costruirlo da solo: una laurea scientifica "classica" che mi desse la giusta forma mentis, integrata poi con altri corsi ad hoc sia durante la tesi che post-lauream. Per questo motivo scelsi e completai a Milano il corso di Fisica ad indirizzo Applicativo ed Orientamento Geofisico e Ambientale, sviluppando alla fine un lungo progetto di tesi sulla modellistica di dispersione atmosferica riferito ad un incidente industriale (circa un anno e mezzo presso il PMIP-ASL di Brescia, poi ARPA); in parallelo e dopo la laurea per diversi anni continuai ad integrare la mia formazione con brevi corsi a livello di master o dottorato, in modo mirato non solo in ambito meteorologico ma anche su qualità dell'aria, telerilevamento, ed altri temi ambientali.



Col senno di poi tale scelta mi ha permesso di raggiungere pienamente il mio obiettivo e quindi fondamentale oggi posso dire di esserne molto felice. Nella pratica però il mio è stato molto più faticoso e logorante di un percorso standard, mi ha esposto più volte alla frustrazione di sentirmi "in sospeso" ed al rischio di rinunciare (soprattutto durante l'interruzione dovuta al servizio di leva) e mi ha obbligato a laurearmi molto tardi, cosa che invece avrei voluto evitare a tutti i costi, anche per questioni economiche e di vita privata. Appunto per quest'ultimo motivo, una conseguenza negativa di questo lungo cursus studiorum è stata quella di dover rinunciare a priori a proseguire nel settore della ricerca, rammarico che poi mi è rimasto. Una conseguenza positiva, invece, è stata quella di avere le idee chiarissime una volta giunto nel mondo del lavoro, senza alcun dubbio sulla direzione da prendere.



Ecco, parliamo di lavoro. Come si è svolta la tua carriera?

Tanto la formazione è stata "complessa", quanto lo sviluppo della carriera è stato lineare. Infatti, subito dopo la laurea trovai contemporaneamente tre opportunità molto interessanti nel mio settore e fui quindi ripagato dei sacrifici fatti, avendo anche l'imbarazzo della scelta. Prima di tutto perché chi mi valutò (in tutti e tre i casi) riconobbe esplicitamente il valore delle mie scelte, nonostante il mio timore iniziale di essere considerato un fuori-corso non standard e quindi poco appetibile. In secondo luogo, fui felice di riscontrare che puntare sull'ambiente non mi aveva penalizzato rispetto ad altri ambiti della fisica apparentemente più richiesti e remunerati.

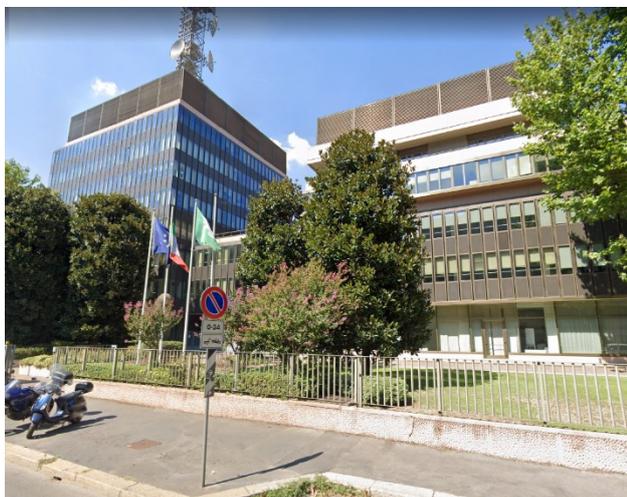
Ebbi inoltre la fortuna di fare la mia prima esperienza lavorativa nel 2000 in un ufficio che plasmò subito in modo irreversibile e qualificante il mio modo di intendere la meteorologia operativa: il Servizio Agrometeorologico Regionale dell'ERSAL (Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia, poi mutato in ERSAF), diretto da Luigi Mariani.

Si trattava di un'unità organizzativa piuttosto piccola ma con personale qualificato e con il pregio di essere già strutturata secondo i dettami della WMO e correttamente orientata a fornire quel tipo di servizio che poi sarebbe diventato lo standard all'interno della rete dei Centri



Funzionali Regionali della Protezione Civile. Iniziai occupandomi della rete di rilevamento (controllo qualità dati e manutenzione) per poi passare alla previsione meteorologica operativa, principalmente con assistenza alla Protezione Civile e al Settore Agricoltura di Regione Lombardia. In tale periodo ebbi l'onore di partecipare alla Unità di Crisi Regionale, "respirando" direttamente sul campo cosa significava essere un funzionario tecnico-scientifico all'interno di una organizzazione amministrativa che doveva dare risposte concrete e rigorose alla popolazione; nel 2003 coordinai le attività della Sala Meteo ERSAF durante il periodo di transizione che portò al trasferimento delle funzioni meteorologiche presso il nuovo ufficio creato ad hoc dalla Regione.

Nel 2004, infatti, iniziai a lavorare in ARPA Lombardia (www.arpalombardia.it), continuando sostanzialmente quanto già seguivo in ERSAF, aggiungendo nuove attività in funzione delle più numerose e complesse competenze



in carico all'Agenzia; divenne inoltre sempre più importante la parte di comunicazione, sia con il pubblico che con utenti istituzionali. Fino al 2010 seguì principalmente le attività operative di Sala Meteo, occupandomi anche di modellistica. Dal 2010 in poi invece mi spostai progressivamente sulla gestione della rete di rilevamento, che divenne via via più complessa, e sulla previsione del pericolo meteorologico di incendi boschivi.

In che cosa consiste oggi il tuo lavoro?

Negli ultimi anni la riorganizzazione delle attività del mio ufficio ha comportato anche un aggiustamento delle mie mansioni, con distribuzione del carico variabile a seconda del periodo e delle necessità di servizio. Sostanzialmente il mio lavoro oggi si ripartisce su quattro settori: attività operativa di Sala Meteo, sia di analisi che previsione, ordinaria e straordinaria (grandi eventi, applicazioni ad hoc, progettazione e realizzazione di prodotti, comunicazione); meteorologia per il rischio di incendi boschivi (in interazione con gli Enti del settore AIB di Regione Lombardia); sviluppo della parte meteo della rete di monitoraggio idro-nivo-meteo di ARPA (in particolare con studio della rappresentatività spaziale del dato); modellistica per la ricostruzione del campo di vento in applicazioni istituzionali.



Come si svolge una tua giornata tipo?

Una sola giornata tipo non esiste. Come dicevo, dipende molto dalle attività che seguo. In Sala Meteo tutto è scandito dalla scheda della routine giornaliera, che condivido con i colleghi previsori: controllo dei dati disponibili, report a scala regionale del giorno precedente, analisi sinottica, previsione a scala sinottica e mesoscala, applicazione agli specifici prodotti richiesti per quella routine (Protezione Civile, Qualità dell'aria, interviste televisive, ecc.). Per gli incendi boschivi, così come per la parte di manutenzione della rete, eseguo sia attività di campo (sopralluoghi, installazione o controllo di sensori) che di ufficio (progettazione di prodotti o strumenti di analisi e previsione, analisi dati); inoltre, molto del tempo è occupato anche da attività di tipo amministrativo e gestionale, sia di taglio strettamente burocratico sia in ambito di pubbliche relazioni. Le attività che attualmente

mi permettono un maggiore approccio progettuale tecnico-scientifico sono la modellistica diagnostica del vento e la sperimentazione di nuovi sensori nella rete, su cui mi piacerebbe investire nei prossimi anni.

Qualche volta ti capitano situazioni difficili da gestire?

Certo, soprattutto in ambito di previsione per allertamento o nowcasting. E l'aspetto positivo è che spesso si tratta di difficoltà che si trasformano in sfide professionali e quindi, oltre a verificare il tuo grado di preparazione, ti permettono di crescere oppure ti danno spunti per migliorarti. Per raccontarne una, ricordo che durante Floating Piers nel 2016 (https://it.wikipedia.org/wiki/The_Floating_Piers) fornivamo assistenza meteo nella Sala allestita dalla Prefettura e dalla Comunità Montana a Sulzano sul Lago d'Iseo. L'ultimo giorno della manifestazione io ero in turno e la situazione era debolmente instabile, ma la probabilità prevista di temporali sulla zona era bassa. Perciò gli organizzatori erano relativamente tranquilli e si stavano apprestando a fare il brindisi per la chiusura dell'evento.



Proprio in quelle ore una cella temporalesca formatasi ad ovest di Milano e con traiettoria inizialmente sulla pianura cambiò direzione e cominciò a spostarsi velocemente verso il nostro sito. Dovevamo evitare il più possibile gli allarmi, incompatibili con lo spirito dell'evento, ma al tempo stesso garantire l'incolumità delle persone. Perciò vi assicuro che capire in poco tempo se la traiettoria era sufficientemente certa per portare o meno all'evacuazione della passerella fu difficile: sia dal punto di vista tecnico-scientifico che di quello della comunicazione con gli utenti ed i colleghi di sala coinvolti.

Qual è la cosa che preferisci del tuo mestiere?

La necessità ed il piacere di coniugare rigore scientifico con applicazione tecnico-pratica a beneficio della collettività, o comunque di un'utenza con caratteristiche specifiche. Nel primo caso la gratificazione deriva dall'utilità del Servizio Pubblico in sé; nel secondo caso dalla possibilità di avere un feedback che ti permette più facilmente di migliorare la qualità della tua performance. Allo stesso modo, apprezzo moltissimo il fatto che il fattore umano sia fondamentale, sia in termini di comunicazione con gli utenti che di importanza del lavoro di squadra, indispensabile per raggiungere certi risultati. In questo senso, secondo me per fare buona meteorologia operativa non ci si può limitare a perfezionare il know-how scientifico, ma bisogna considerare le implicazioni che derivano dal tipo di utenti che si hanno e dal personale che produce il servizio.

So che da qualche anno hai iniziato una nuova esperienza universitaria: cosa hai scelto, come sei arrivato a questa decisione?

Ho scelto il corso di laurea magistrale di Environmental Meteorology presso le Università di Trento e Innsbruck. Ad un certo punto della mia carriera mi sono reso conto che mi stavo occupando troppo di gestione e amministrazione e poco di fisica e ambiente, nel senso di analisi e trattamento dati; avevo nuovamente bisogno di imparare e aggiornarmi in modo strutturale, non su singoli aspetti tecnici. Inoltre, volevo integrare ed estendere il mio background di meteorologo ad argomenti di altri settori utili per la mia professione. L'aiuto nella scelta è giunto da ottimi consigli, ricevuti nell'ambito di collaborazioni lavorative con il DICAM dell'Università di Trento.

Come sta andando? Ci racconti di qualche peculiarità della vita del meteorologo lavoratore/studente?

Ho iniziato qualche anno fa studiando e frequentando nei ritagli di tempo del lavoro, facendo il pendolare da casa a Trento. Mi sono reso conto che ne valeva la pena e quindi ho deciso di prendere aspettativa per un anno in modo da poter frequentare continuativamente e, soprattutto, per

poter partecipare ai corsi in presenza a Innsbruck. Trattandosi di formazione universitaria e non professionale, ovviamente richiede un approccio più adatto ad uno studente ad inizio carriera che non ad un professionista "diversamente giovane" come me. Tuttavia, ho avuto la fortuna di trovare docenti molto bravi anche ad interagire in modo non standard alle mie

«Para hacer las cosas bien es necesario: primero, el amor; segundo, la técnica»

"To do things right, first you need love, then technique"

Antoni Gaudí

domande e curiosità, nonché compagni di corso che mi hanno integrato in modo perfetto. Per me si è trattato di un'esperienza impegnativa ma molto gratificante, e mi è dispiaciuto doverla interrompere.

Dopo questo ciclo di studi, hai altri piani o progetti? Come pensi che influirà una seconda laurea sulla tua attività professionale?

Attualmente mi mancano due esami e la tesi. In realtà non mi sono iscritto per avere necessariamente la seconda laurea, ma per crescere nella consapevolezza con cui affronto il mio attuale lavoro; e per avere nuovi stimoli e spunti per gli anni futuri. Questi obiettivi sono già stati raggiunti e quindi sono già soddisfatto. Nel frattempo, la vita, privata e lavorativa, mi ha già richiamato all'ordine e quindi non so ancora se avrò tempo e modo per concludere. Ma questo, probabilmente, sarà il prossimo capitolo della mia storia.

Grazie Roberto!

A cura di



Marta Salvati

I NOSTRI SOCI COLLETTIVI

ASSOCIAZIONI



Estremi Meteo4



Meteonetwork
meteonetwork

Meteotrentinoaltoadige
mtaa

SMA-A
SMAA
Società Meteorologica
Alpino-Adriatica

PRIVATI



Fondazione CIMA



Fondazione OMD ETS



Fondazione Museo Civico di
Rovereto



HIMET



Hortus



Meteo Expert



RSE



3BMeteo



ENTI PUBBLICI



Consorzio LaMMA



UNITN



A LORO LA PAROLA...

Fondazione IFAB in collaborazione con Radarmeteo e Hypermeteo per la diffusione dell'indice climatico E³CI



Radarmeteo e Hypermeteo, hanno siglato un accordo con IFAB (International Foundation Big Data and Artificial Intelligence for Human Development), fondazione che promuove lo sviluppo di tecnologie nell'ambito dei Big Data e dell'Intelligenza Artificiale; per commercializzare e distribuire l'indice climatico **E³CI – European Extreme Events Climate Index**, il quale è in grado di fornire informazioni, a cadenza mensile, su **frequenza e severità degli eventi estremi che si manifestano in Europa**.

L'indice E³CI comprende sette **variabili**: ondate di freddo e caldo, siccità, precipitazioni estreme, venti estremi, propensione agli incendi, grandinate. L'informazione è fornita su diverse unità amministrative (nazionale, regionale, provinciale), oppure, per utenti più esperti, come dataset grigliato sull'intero dominio europeo.

Questa partnership nasce dalla necessità di **supportare concretamente** le attività delle organizzazioni e delle imprese **impattate dal cambiamento climatico**, fornendo **strumenti di misurazione affidabili** e di **facile consultazione**, quali appunto gli indicatori climatici, che possono essere utilizzati per analizzare, prevedere e

valutare i danni economici emergenti da eventi climatici estremi.

E³CI nasce dalla collaborazione fra Fondazione **IFAB** (Fondazione Internazionale Big Data e Intelligenza Artificiale per lo Sviluppo Umano), **CMCC** (Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici) e **Leithà**, società impegnata nello sviluppo dei dati.

Radarmeteo e Hypermeteo saranno i distributori in esclusiva dell'indice.

Per scoprire di più sull'indice E³CI:

<https://www.ifabfoundation.org/it/e3ci/>

È disponibile al seguente link il comunicato stampa della partnership:

<https://www.radarmeteo.com/wp-content/uploads/2023/07/CS-partnership-iFAB - Radarmeteo Hypermeteo.pdf>

Autore:



Luca Sancini

*Marketing & Communication Manager
Radarmeteo Srl & Hypermeteo Srl*



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.

L'uscita della prossima Newsletter è prevista per dicembre 2023.

