

EVENTI ESTREMI, STRUMENTI PER LA PREVISIONE

LE DIFFERENZE TERMICHE SULLA SUPERFICIE TERRESTRE SONO LA CAUSA PRINCIPALE ALL'ORIGINE DEGLI EVENTI METEO ESTREMI. LA PREVISIONE DI QUESTI EVENTI È LEGATA ALLA CAPACITÀ DI INDIVIDUARE E MONITORARE LE VARIABILI METEO CHE INFLUENZANO LO STATO DELL'ATMOSFERA, ATTRAVERSO STRUMENTI E MODELLI MATEMATICI DI DIVERSA NATURA.

Ogni situazione meteorologica deve la sua origine e vita alle caratteristiche intrinseche della massa d'aria interessata (temperatura, pressione, quantità di vapor d'acqua ecc.), ma sono le differenze termiche che si determinano di continuo sulla superficie terrestre a causa dell'irraggiamento solare che, trasmesse all'aria sovrastante e combinate agli effetti della rotazione terrestre, definiscono la causa prima di ogni fenomeno.

La previsione degli eventi estremi è legata alla capacità di individuazione e monitoraggio di tale tipo di fenomeni. Una fase fondamentale nel processo di previsione è la raccolta delle osservazioni che avviene nel quadro di cooperazione stabilito dal *Programma World Weather Watch* (WWW) dell'Organizzazione meteorologica mondiale (Omm). L'applicazione di algoritmi matematico-statistici (fase di assimilazione dati) consente di stimare il migliore stato iniziale possibile dell'atmosfera considerando tutte le osservazioni a disposizione in una certa finestra temporale raccolte con strumentazioni classiche (stazioni meteorologiche, radiosondaggi e report da aeroplano) o da satellite.

L'accoppiamento di sistemi deterministici e probabilistici per affinare le previsioni

Nota la conoscenza dello stato iniziale, l'utilizzo di modelli numerici basati su equazioni descrittive della circolazione atmosferica permette di derivare una previsione del tempo meteorologico. I modelli numerici cosiddetti "globali" consentono previsioni a medio termine su tutto il globo terrestre fino a un massimo di 2 settimane. Il modello globale viene inoltre "adattato" al territorio tramite un modello di previsione numerica a risoluzione più alta, detto modello ad area limitata (LAM).

In Italia il LAM di riferimento per il Dipartimento di Protezione civile e per il



Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare è basato sul modello Cosmo ed è stato sviluppato dalla cooperazione tra il Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare, ArpaER e Arpa Piemonte nell'ambito dell'accordo LAMI. Tale modello è integrato con un passo di griglia di 2,8 km sul dominio italiano e di 7 km sullo scenario euro-mediterraneo, con un aggiornamento dei dati ogni 6 ore fornendo previsioni fino a un massimo di 72 ore. I modelli LAM consentono, quindi, di affinare la previsione meteorologica nello spazio e nel tempo, stimando l'influenza di parametri quali l'orografia, la vegetazione e la presenza di bacini idrografici o marini sull'intensità dei fenomeni meteorologici.

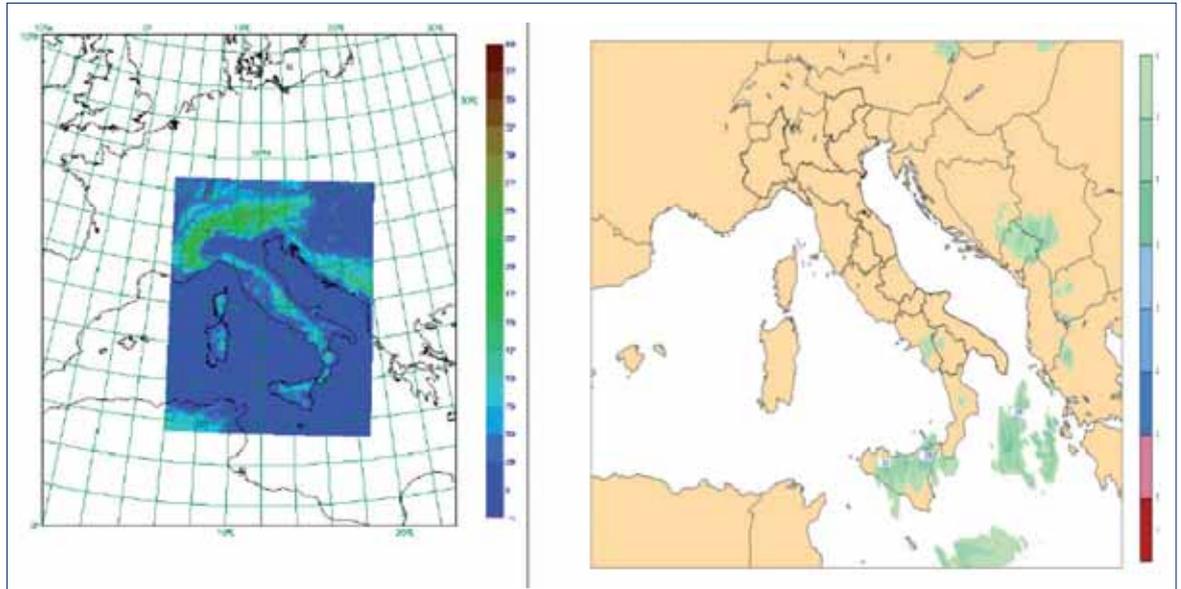
La metodologia di previsione numerica contiene per sua natura degli errori, per cui un sistema caotico come l'atmosfera, a seguito di minuscole variazioni dei parametri che lo definiscono, può evolvere in un modo completamente diverso, determinando anche lo sviluppo di fenomeni estremi. Pertanto accanto agli usuali sistemi di previsione numerica detti "deterministici", cioè che forniscono la "migliore" previsione dello stato futuro dell'atmosfera, si sono sviluppati sistemi di previsione probabilistica di tipo ensemble, che cercano di tenere in considerazione le varie fonti di errore. Per rappresentare l'incertezza nelle condizioni iniziali, il Servizio Meteorologico dell'AM si è dotato sin

dal 2011 di un sistema di assimilazione dati di tipo *ensemble*, basato sul filtro di Kalman stocastico (*Local Ensemble Transform Kalman Filter*, LETKF). Tale algoritmo è usato per inizializzare il sistema di previsioni probabilistiche (*Ensemble Prediction System*, EPS) basato sul modello Cosmo, che permette di stimare l'affidabilità della previsione numerica (figura 1).

Alla meteorologia generale, che opera congiuntamente alla modellistica numerica, si aggiungono poi una serie di strumenti utilizzati per effettuare osservazioni specifiche, con un orizzonte temporale molto ridotto (qualche ora), di alcuni dei parametri più importanti dell'atmosfera che hanno dirette conseguenze sulla vita dei cittadini e sulle principali infrastrutture e utilizzate per previsioni a breve termine dette di *nowcasting*. Tra questi sistemi di osservazione, *in primis*, la già citata radiosonda che consiste in una strumentazione di misura agganciata a un pallone sonda rilasciato in atmosfera per misurare la pressione, la velocità e la direzione del vento, la temperatura e l'umidità. Attraverso tale tipo di misurazione è possibile valutare l'eventuale *stabilità o instabilità dell'atmosfera* e stimare la probabilità del verificarsi di fenomeni meteorologici intensi e critici, quali i temporali o il formarsi delle nebbie (figura 2).

FIG. 1
PREVISIONI,
EVENTI ESTREMI

Modello Cosmo LAMI con passo di griglia 2,8 km e precipitazioni cumulate a 3 ore in mm.



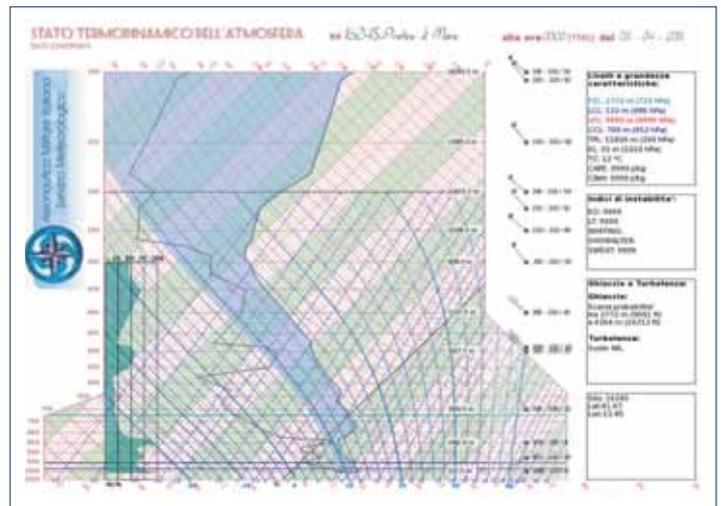
Radar, Lidar e satelliti

Tra gli strumenti di osservazione utili al *nowcasting* vi è il radar (*radio detection and ranging*) meteorologico il cui uso principale consiste nella misurazione delle precipitazioni o delle idrometeore in sospensione. Con tale strumento è anche possibile valutare l'intensità dei moti all'interno delle nubi convettive, i cosiddetti cumulonembi, principale causa di temporali, trombe d'aria o tornado, grandine, rovesci di pioggia anche abbondanti che possono causare allagamenti ed esondazioni improvvise dei torrenti, forti correnti discensionali e ascensionali estremamente pericolose nelle fasi di decollo e atterraggio degli aeromobili.

In campo meteorologico, infatti, il fenomeno più avverso è proprio il temporale costituito da "una o più scariche elettriche che si manifestano con lampi e tuoni"; nell'accezione comune il temporale è un insieme di fenomeni atmosferici quali raffiche di vento (in alcuni casi anche trombe d'aria o tornado) e precipitazioni molto forti o talvolta torrenziali, spesso accompagnate da grandinate, che si manifestano con insolita violenza ed entro un lasso di tempo relativamente breve. Il radar è usato in varie frequenze delle microonde C e S (da 5 a 10 cm) per scopi di protezione civile (in Usa soprattutto per l'avvistamento dei tornado e per l'allerta alla popolazione con allarmi sonori e tramite media) al fine di prevenire il rischio idrogeologico; è usato anche in aviazione per la sicurezza della navigazione sia a bordo degli stessi aerei, per evitare le nubi temporalesche e le connesse turbolenze, sia sugli aeroporti

FIG. 2
PREVISIONI,
EVENTI ESTREMI

Diagramma termodinamico e informazioni desumibili con i dati rilevati da una radiosonda.



per scongiurare il pericolo rappresentato dalle forti correnti di aria discendenti e ascendenti, possibili cause di incidenti nelle fasi critiche di atterraggio e decollo. Di recente, laddove a causa di particolari condizioni orografiche (es. sull'aeroporto di Palermo Boccadifalco), si osserva il fenomeno del *wind shear* (forti variazioni della direzione e intensità del vento anche orizzontale) che può essere studiato attraverso il Lidar (*light detection and ranging* o *laser imaging detection and ranging*); esso riesce a misurare in tempo reale il profilo del vento sia in orizzontale, sia in verticale. I dati osservati sono forniti al personale navigante per metterlo al corrente delle situazioni di pericolo. L'uso abbinato radar e Lidar per la stima delle correnti discendenti e ascendenti sugli aeroporti è attualmente allo studio per meglio comprendere la natura delle nubi temporalesche e dei fenomeni convettivi in genere. Un'ulteriore applicazione radar meteo in banda X (intorno ai 3 cm) è per

l'individuazione delle ceneri vulcaniche. Tale tipologia di nubi costituisce, infatti, un serio problema per la navigazione aerea in quanto causa di avaria delle turbine dei motori a jet e, in passato, è stato causa di gravi incidenti aerei. Il radar però ha di fatto una copertura limitata, legata alla potenza del segnale emesso; i satelliti meteorologici, invece, costituiscono un'opportunità unica nel monitoraggio degli eventi estremi laddove vi sia scarsità di osservazioni al suolo.

Conoscere in anticipo la natura e la tipologia di un temporale significa prevederne gli effetti e la fenomenologia associata. Allo scopo, già da diversi anni, il Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare si avvale di Nefodina (<http://nefodina.meteoam.it>), un prodotto di post-elaborazione della Sezione satelliti del Cnmca (Centro nazionale di meteorologia e climatologia aeronautica) per l'individuazione dei sistemi convettivi e l'analisi del loro

sviluppo. Nefodina è basato su un algoritmo a soglia variabile applicato su più canali del satellite Meteosat di seconda generazione. L'algoritmo consiste in un approccio multicanale infrarosso accoppiato all'analisi del confronto su più slot temporali. Il software è periodicamente validato e le prestazioni sono monitorate dai previsori aeronautici operativi in modo da ottenere la massima capacità di individuazione precoce del fenomeno convettivo (figura 3).

Oggi Nefodina è annoverato tra i prodotti di riconosciuta capacità di studio della situazione meteorologica in atto, ed è inserito nell'elenco del *Convection Working Group* (<http://www.essl.org/cwg/>), gruppo internazionale nato sotto l'egida di Eumetsat, l'Agenzia europea preposta alla gestione operativa dei satelliti meteorologici, allo scopo di analizzare differenze e similitudini delle varie tecniche e prodotti di analisi ed entrare nel merito della loro specifica area di applicazione. Rimanendo in tema di satelliti meteorologici una menzione particolare merita l'*Eumetsat Satellite Application Facility on Support to Operational Hydrology and Water Management* (H-SAF, <http://hsaf.meteoam.it>), progetto internazionale di cui il Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare è *Leading Entity* e che da diversi anni mette a disposizione prodotti derivati da satellite nella stima del rischio idrologico. Il progetto si propone di stimare la precipitazione istantanea e cumulata a vari intervalli temporali, l'umidità del suolo e la neve con risoluzione spaziale e temporale sufficiente a soddisfare i bisogni operativi della comunità idrologica.

Il Servizio meteorologico, per l'espletamento dei propri compiti d'istituto al servizio della Forza armata e del paese, ha anche in dotazione un sistema di *rilevazione dell'attività elettrica atmosferica* denominato Lampinet, gestito operativamente dal Cnmca sin dall'attivazione nel 2004.

Le informazioni sull'attività di fulminazione da esso provenienti consentono di identificare le aree d'instabilità convettiva, di formulare previsioni meteo per il brevissimo termine ed eventuali allerta meteo per possibili intense precipitazioni (figura 4). Lampinet consiste in una rete composta da 15 sensori di osservazione, distribuiti sul territorio nazionale, in grado di misurare l'intensità del campo elettromagnetico e dotati di apparati elettronici per il campionamento, il trattamento e la trasmissione remota dell'informazione all'Unità centrale,

FIG. 3
PREVISIONI,
EVENTI ESTREMI

Esempio applicativo della trasformazione dei dati da Nefodina del Centro nazionale di meteorologia e climatologia aeronautica (Cnmca) del Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare.

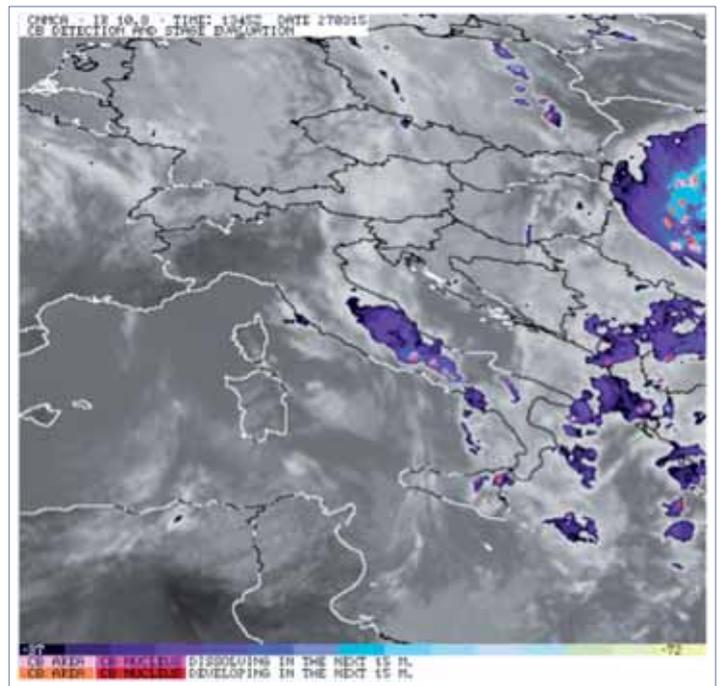
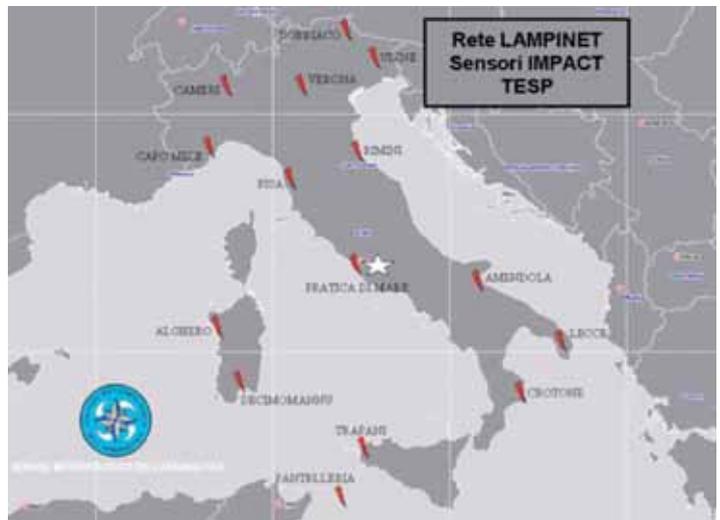


FIG. 4
PREVISIONI,
EVENTI ESTREMI

Rete Lampinet del Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare.



formata da più elaboratori installati presso il Cnmca. Ciò permette l'accentramento dei dati, l'elaborazione e l'archiviazione delle caratteristiche radioelettriche e geometriche delle scariche atmosferiche e la distribuzione dell'informazione in modo testuale e grafico verso l'utenza. Lampinet è in grado di osservare scariche elettriche atmosferiche tra nube e suolo CG (*Cloud to Ground*) con un'efficienza nominale di rilevazione superiore al 90% per intensità di corrente di 50 kA, e con un'accuratezza massima, in localizzazione orizzontale, di 500 metri su un'area corrispondente al suolo nazionale, alle acque territoriali e alle zone limitrofe. Le prestazioni della rete nella rilevazione delle scariche nube-nube CC (*Cloud to Cloud*) o intranube IC (*Intra Cloud*), a causa di una limitazione nella tecnologia osservativa impiegata, risultano inferiori, mediamente intorno al 30-40%.

La metodologia d'osservazione delle scariche elettriche di Lampinet, basata su misurazioni in radiofrequenza VLF (3-30 kHz, bassissime frequenze) e LF (30-300 kHz, basse frequenze), è ancora oggi fondamentale per gli aspetti di sorveglianza operativa. Inoltre, l'integrazione del dato di attività ceramica con altre sorgenti di informazione, quali immagini da satellite e radar, consente di avere una migliore comprensione delle varie tipologie di nubi presenti in un agglomerato temporalesco, aiutando il previsore a distinguere tra le zone in sviluppo, in fase matura e in dissipazione.

Col. Leonardo Musmanno

Capo Reparto Sma-Usam
Spazio aereo e meteorologia
Servizio meteorologico Aeronautica militare (Sma-Usam)