

BERNARDO GOZZINI*

Cambiamenti climatici e rischi ambientali

INTRODUZIONE

«Siamo sull'orlo di una crisi climatica globale, per scongiurare la quale occorrono misure concordate a livello globale». Queste sono le parole utilizzate dal presidente della Repubblica Sergio Mattarella il 12 marzo scorso al Teatro comunale di Belluno durante la commemorazione delle 3 vittime venete della tempesta Vaia. Aggiungeva inoltre: «Vi invito quindi a cercare vie nuove, a studiare soluzioni diverse dal passato per prevenire e contenere i disastri ambientali. Vanno respinte decisamente tentazioni dirette a riproporre soluzioni già ampiamente sperimentate in passato con esito negativo, talvolta premessa per futuri disastri».

Uno degli elementi caratterizzanti il cambiamento climatico è l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi. L'Agenzia Europea dell'Ambiente nel report n. 15 "Change adaptation and disaster risk reduction in Europe", pubblicato nel 2017, ha stimato che, nel periodo dal 1980 al 2015, le perdite economiche per i 33 paesi europei causate dai cosiddetti «extreme-weather and climate-related events» ammontano a circa 433 miliardi di euro. In figura 1 si riportano i diagrammi relativi alla distribuzione delle perdite economiche fra le varie tipologie di rischio, come riportato nel report dell'Agenzia.

Le maggior perdite economiche sono quindi causate da alluvioni e tempeste di vento mentre le ondate di calore sono quelle che determinano una maggior perdita in termini di vite umane essendo un fenomeno molto più esteso territorialmente rispetto agli altri e andando a colpire la popolazione più vulnerabile, vale a dire gli anziani.

* *Amministratore unico del Consorzio LaMMA*

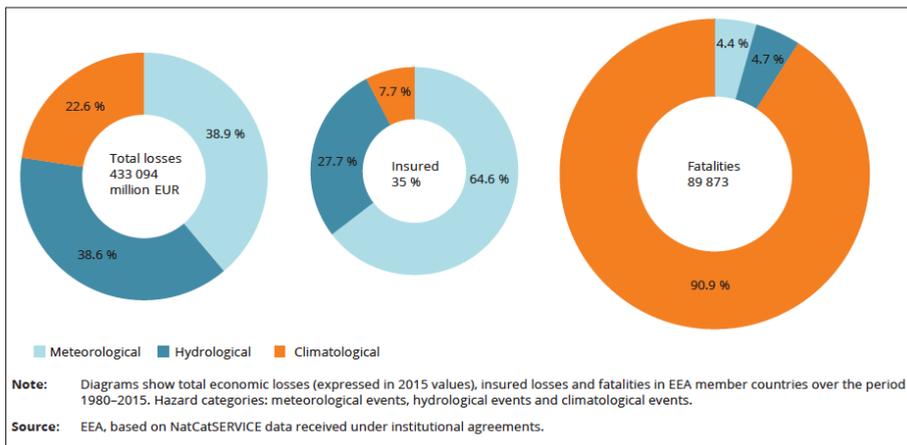


Fig. 1 Ripartizione delle perdite economiche totali (sinistra), in assicurazioni (centro) e in mortalità (destra) fra rischio idrologico (alluvioni, ...), rischio meteorologico (tempeste di vento, ...) e rischio climatico (ondate di calore, siccità)

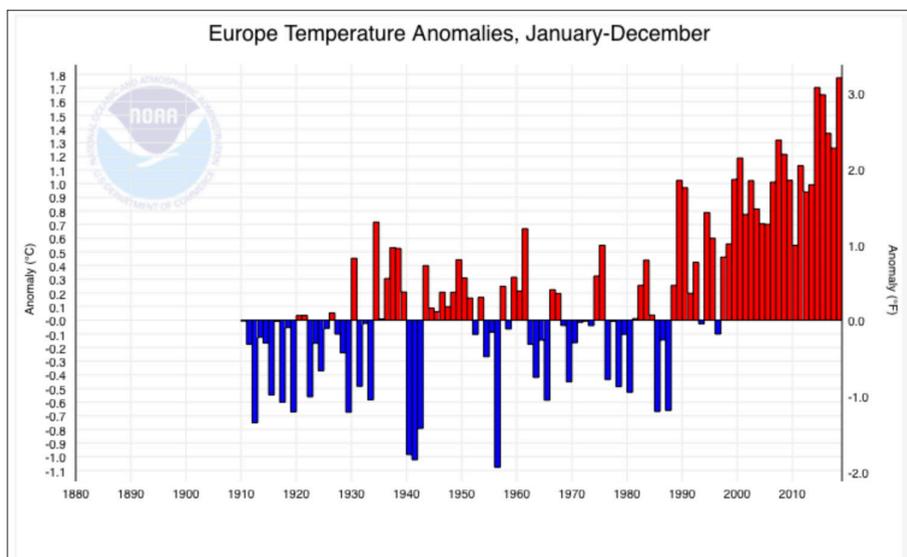


Fig. 2 Andamento delle anomalie delle temperature medie annuali in Europa dal 1910 al 2018, dati: NOAA

LA SITUAZIONE ATTUALE DEL PIANETA

La concentrazione di CO₂ ha ripreso a crescere arrivando nel marzo 2019 a 411,97 ppm. Avevamo avuto un periodo di circa 3 anni (2014, 2015, 2016),

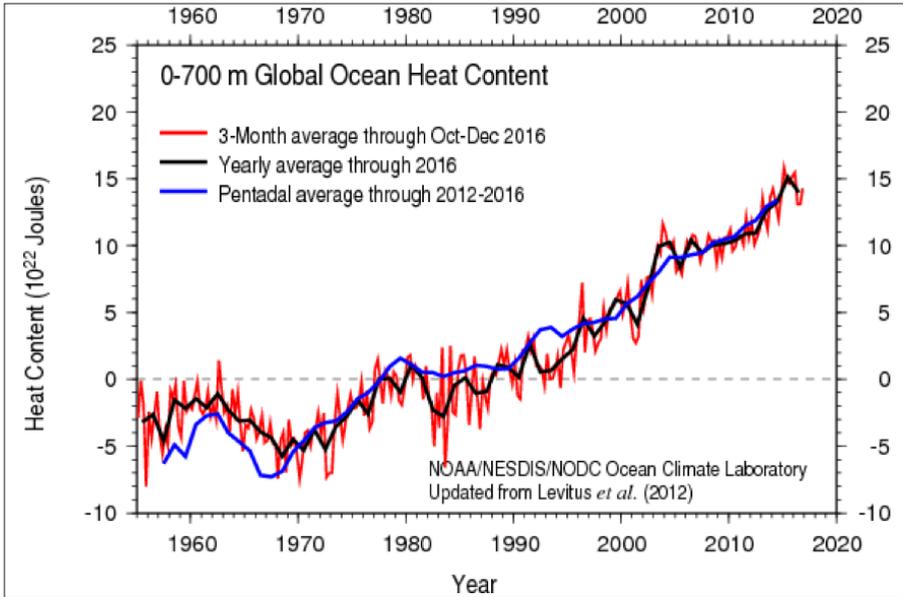


Fig. 3 Andamento del contenuto di calore dell'oceano in uno strato fra 0 e 750 metri dal 1950 ad oggi

molto probabilmente dovuto alla crisi economica, durante il quale l'emissione dell'anidride carbonica si era stabilizzata, poi nel 2018 è stato registrato un incremento di circa +1,7% rispetto al 2017. L'IPCC ha sottolineato come il valore di 470 ppm sia considerato come il livello limite, la soglia di non ritorno.

Per quanto riguarda la temperatura a livello mondiale, secondo i dati della NOAA il servizio meteorologico americano, il 2018 ha fatto registrare un aumento pari a +0.79°C risultando il 4° anno più caldo dal 1880 a oggi. L'anno più caldo è stato il 2016 con +0.94°C seguito dal 2015 e dal 2017.

Il 2018 è stato l'anno record sia per l'Europa sia per l'Italia con un aumento della temperatura media superiore a 1,5°, quindi con valori che si posizionano già sopra la soglia individuata come limite da non superare nel famoso accordo sottoscritto a Parigi nel 2015 alla fine della COP21 (Conference of Parties).

Anche la temperatura del mare presenta un trend in aumento, infatti il suo contenuto in calore sta aumentando in modo lineare non solo a livello superficiale, ma si riscalda anche in profondità. Nella figura 3 viene riportato il grafico, realizzato dall'Ocean Climate Laboratory della NOAA/NESDIS,

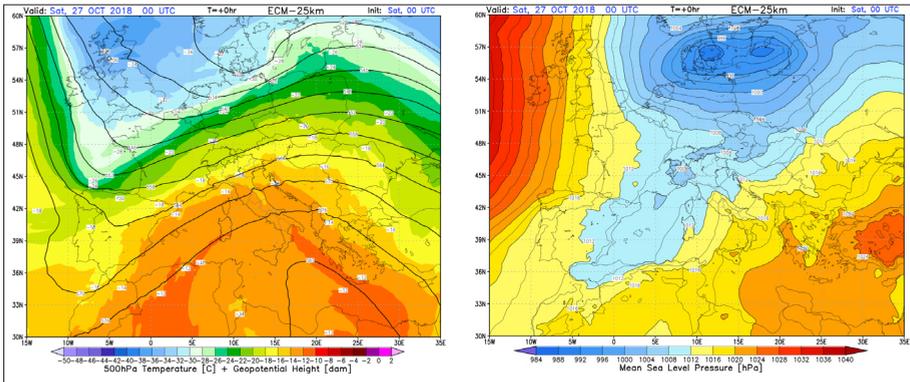


Fig. 4 Temperatura e altezza geopotenziale a 500 hPa e pressione al livello del suolo alle ore 02 locale del 27 ottobre

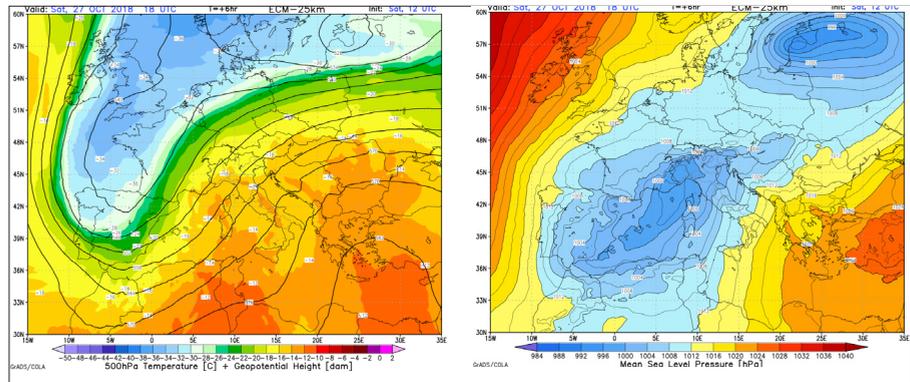


Fig. 5 Temperatura e altezza geopotenziale a 500 hPa e pressione al livello del suolo alle ore 14 del 27 ottobre

relativo al contenuto di calore dell'Oceano in uno strato compreso fra 0 e 700 metri di profondità dove i dati sono inequivocabili presentando un evidente trend a partire dalla metà degli anni '90.

L'incremento del contenuto di calore del mare ha come conseguenza una maggiore evaporazione dell'acqua, determinando un aumento dell'energia nel sistema che si traduce in un'accenuazione dell'intensità degli uragani e di tutti i cicloni in generale. Anche nel Mediterraneo sono in aumento gli eventi estremi che producono grandi quantità di pioggia in poche ore come per esempio il 25 ottobre 2011 nell'alluvione in Lunigiana dove a Pontremoli vennero registrati valori pari a 72,8 mm in 1 h, 376,2 mm in 24 h oppure il 9/10 settembre 2017 a Livorno dove sono caduti 250 mm in 4 ore.

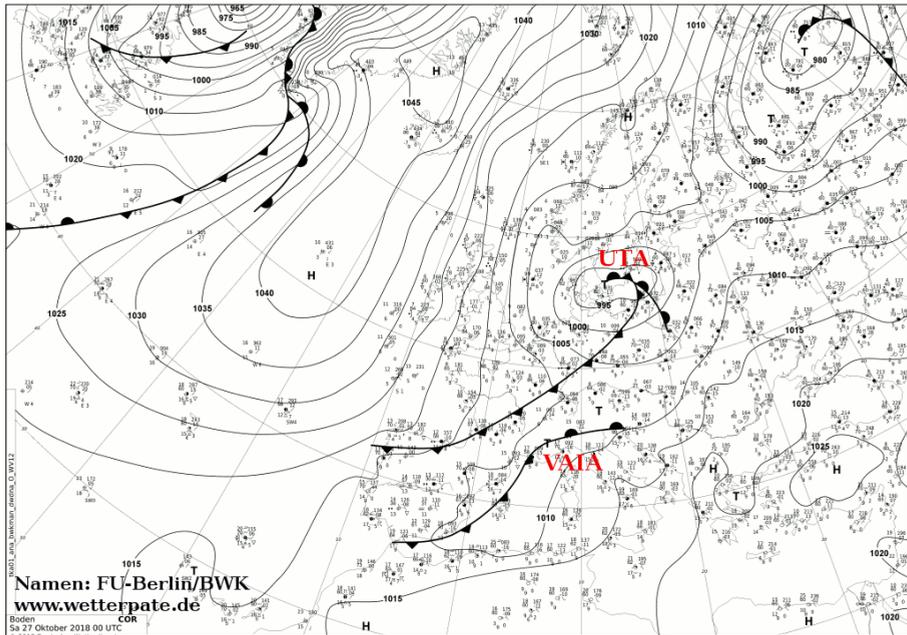


Fig. 6 *Analisi sinottica relativa alle ore 02 locali del 27 ottobre a cura dell'Università di Berlino*

LA TEMPESTA VAIA

Sinottica ed evoluzione meteo: dopo un inizio di autunno caratterizzato da prevalenti condizioni di alta pressione sulla nostra penisola, con poche precipitazioni e con temperature superiori alle medie, a partire dal 27 ottobre una vasta depressione atlantica si approfondisce inizialmente sulla Spagna per poi muovere molto lentamente verso est interessando gran parte del Mediterraneo centro-occidentale ove si assiste a un progressivo calo della pressione al suolo (figg. 4 e 5).

A tale perturbazione viene attribuito il nome di VAIA nella nomenclatura ufficiale curata dall'Istituto per la Meteorologia dell'Università di Berlino e a essa risulta inizialmente associato un sistema frontale, con il fronte freddo che si estende da Gibilterra fino alle Baleari e il fronte caldo che si estende dalle Baleari fino a nord della nostra penisola (fig. 6).

La configurazione del campo barico determina una circolazione spesso associata a eventi alluvionali in particolare sulle regioni tirreniche e su quelle settentrionali della penisola, oltre che a tempeste di vento e mareggiate: si viene infatti a instaurare un lungo e persistente flusso di correnti meridionali

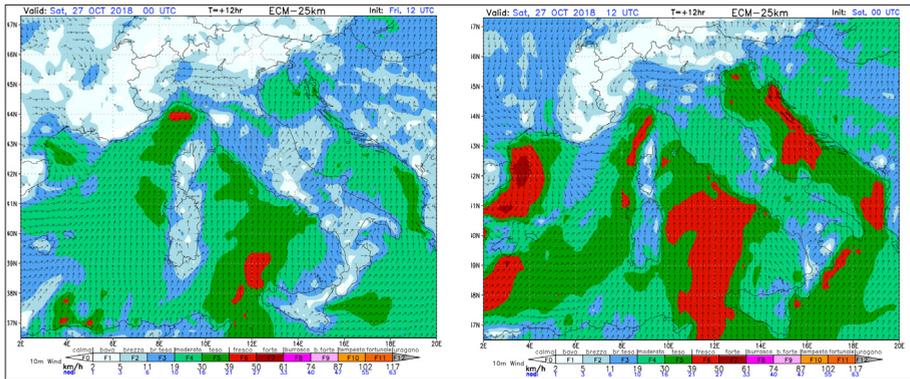


Fig. 7 Vento al suolo (10 metri) alle ore 02 e alle ore 14 ora locale del 27 ottobre

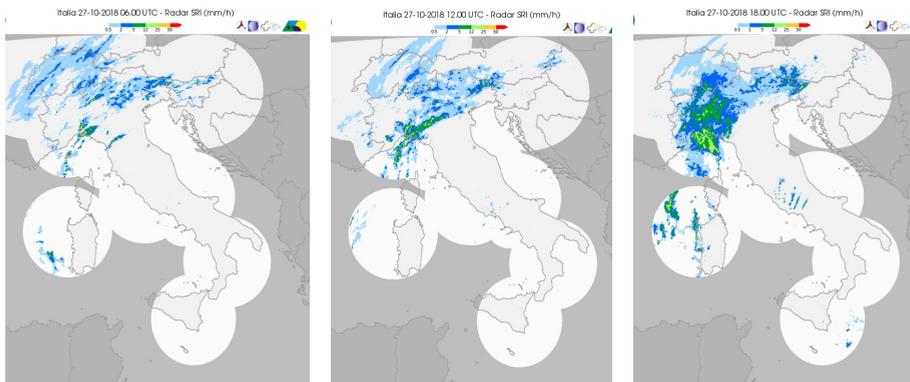


Fig. 8 Segnale di precipitazione rilevato dalla rete nazionale radar meteorologici alle ore 8, 14 e 20 locali del 27 ottobre

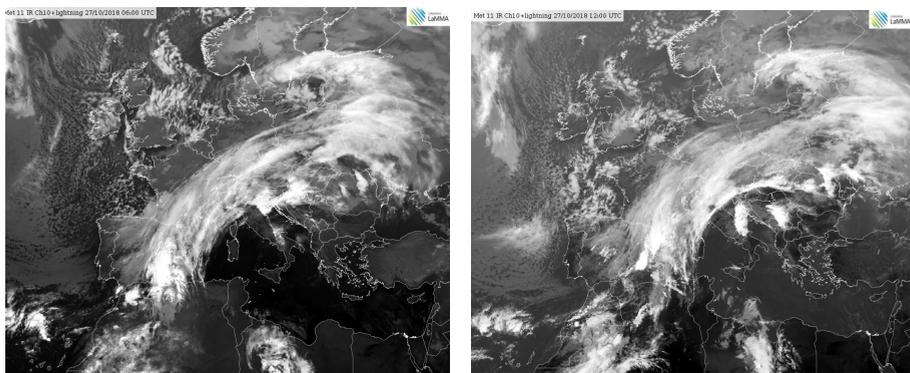


Fig. 9 Immagini radar nel canale dell'infrarosso alle ore 8 e 14 locali del 27 ottobre

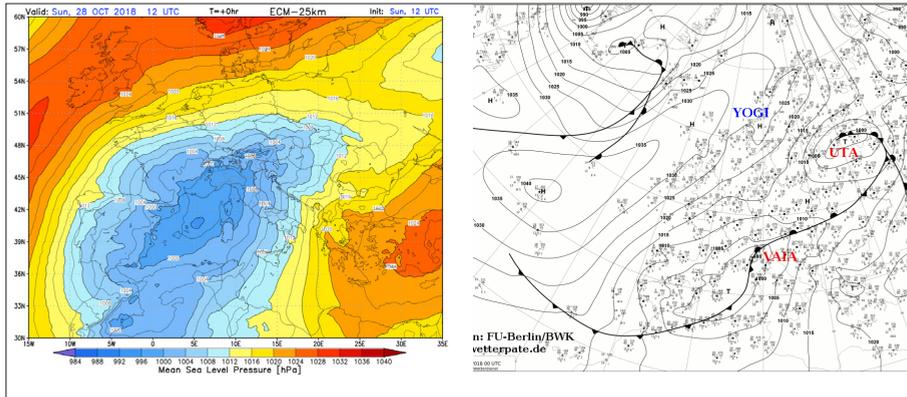


Fig. 10 *Pressione al suolo alle ore 13 ora locali del 28 ottobre e analisi sinottica e dei fronti a cura di a cura dell'Università di Berlino*

miti che scorrono dalle coste dell'Africa settentrionale fino alla nostra penisola (fig. 7), ove generalmente scaricano sotto forma di precipitazioni diffuse e insistenti gran parte dell'umidità di cui si sono arricchite scorrendo su gran parte del Mediterraneo.

Già dalle prime ore del 27 infatti, come si può vedere dalle immagini del radar meteorologico in figura 8 e dalle immagini del satellite europeo nel canale dell'infrarosso in figura 9, si registrano precipitazioni diffuse e insistenti sulla Liguria e sulle regioni alpine con i massimi precipitativi osservati in particolare sulla Liguria.

Il giorno successivo, il 28 di ottobre, la depressione si presenta stazionaria sul Mediterraneo occidentale con minimo al suolo di 996 hPa posizionato tra Baleari e Corsica e il sistema frontale che si estende dall'entroterra Algerino e fino all'Europa centro settentrionale (fig. 10). Il centro nord della penisola risulta quindi ancora interessato dalla presenza di un sistema frontale a carattere caldo quasi stazionario e sotto l'influenza di un intenso flusso mite e umido meridionale, che favorisce ancora piogge diffuse e insistenti; si osserva inoltre una progressiva intensificazione della velocità del vento (fig. 11).

Nel corso della giornata le precipitazioni iniziano a interessare anche le regioni centrali e meridionali della penisola, come risulta dal segnale radar riportato in figura 12.

Nel contempo sull'Europa orientale si va irrobustendo un campo di alta pressione che inizia a esercitare un'azione di blocco sulla perturbazione VAIA che di conseguenza si mantiene quasi stazionaria sul Mediterraneo anche per la giornata del 29 di ottobre. Si assiste inoltre a un ulteriore deciso approfondo-

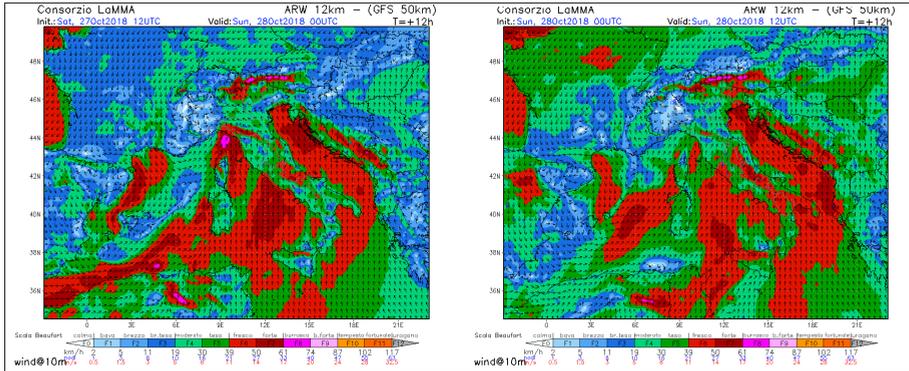


Fig. 11 Vento al suolo (10 metri) alle ore 01 e alle ore 13 ora locale del 28 ottobre previsto dal modello GFS

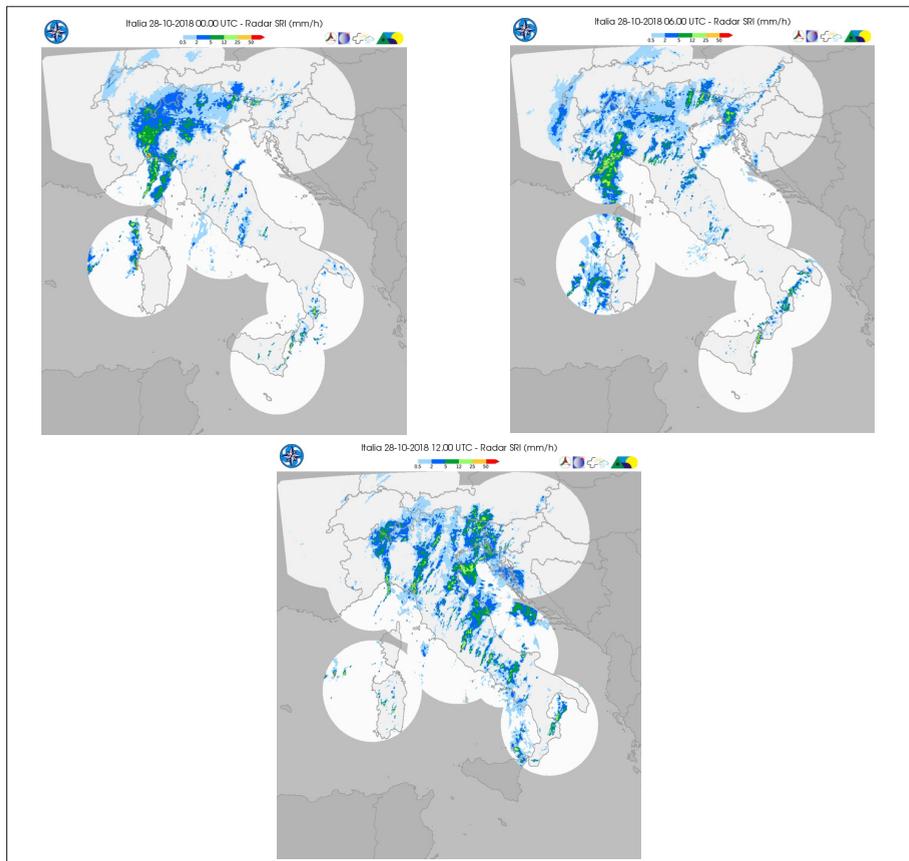


Fig. 12 Segnale di precipitazione rilevato dalla rete nazionale radar meteorologici alle ore 1, 7 e 13 locali del 28

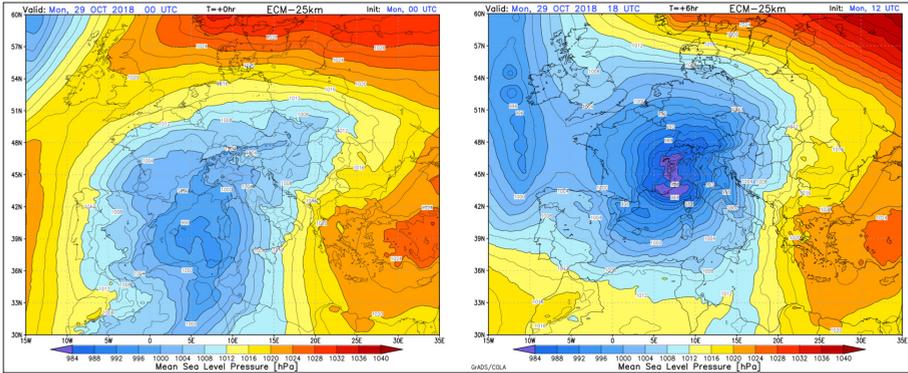


Fig. 13 Pressione al suolo prevista alle 01 ora locale del 29 ottobre e alle 19 ora locale del 29 ottobre

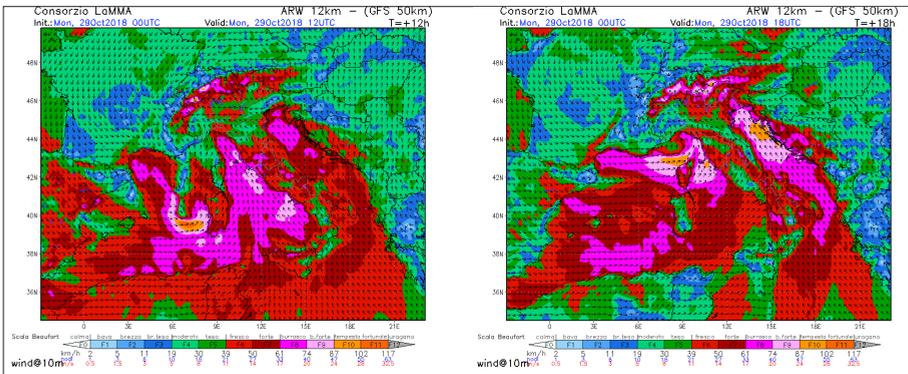


Fig. 14 Vento al suolo (10 metri) alle ore 13 e alle ore 19 locali del 29 ottobre previsto dal modello GFS

Si riportano alcuni valori di velocità del vento registrati da alcune stazioni:

STAZIONE:	KM/H	STAZIONE	KM/H
Monte Giovi	158	Pontremoli	88
Monte Gomito	204	Gorgona	155
Monte Rest	200	Monte Cesen	192
Spezia	171	Marina di Loano	180
Colle di Cadibona	155	Follonica	171
Capo Carbonara	148		

dimento del minimo ancora presente tra Corsica e Baleari, come si vede dalla mappa delle pressioni al suolo in figura 13; in questa figura si può anche notare una rapida ciclogenisi sul Mar di Sardegna, Mar di Corsica, Mar Ligure

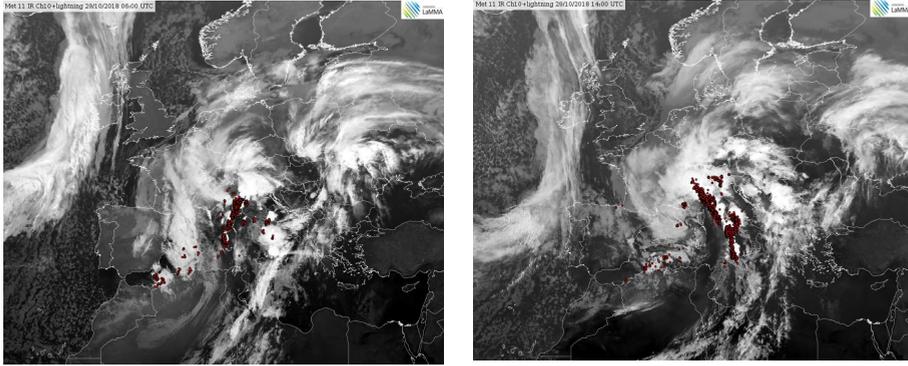


Fig. 15 Immagini radar nel canale dell'infrarosso alle ore 7 e 13 locali del 29

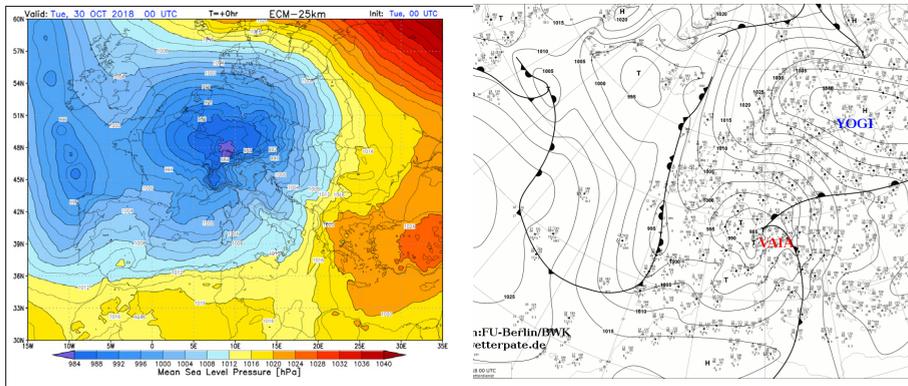


Fig. 16 Pressione al suolo alle ore 01 ora locali del 30 ottobre e analisi sinottica e dei fronti a cura dell'Università di Berlino

con la pressione che cala di circa 20 hPa in 18 ore (da circa 1000 a 979 hPa) e nello stesso tempo il forte gradiente barico tra il Mediterraneo occidentale e il Mediterraneo orientale (ove la pressione si mantiene attorno a 1020 hPa), che ha come conseguenza un'ulteriore intensificazione dei venti meridionali su tutta la penisola che raggiungono tra il pomeriggio e la sera del 29 ottobre valori decisamente eccezionali (fig. 14).

In questa fase si assiste inoltre al transito della parte fredda del fronte perturbato, che risulta essere quella caratterizzata dai fenomeni temporaleschi più diffusi e più intensi: le immagini dal satellite nel canale dell'infrarosso riferite alle ore 7 locali e alle ore 12 locali (fig. 15) mostrano intensa attività temporalesca inizialmente a carattere persistente su Liguria e alta Toscana, successivamente a carattere molto diffuso su gran parte della penisola.

Il transito del fronte freddo rappresenta anche la fase risolutiva della perturbazione: nel corso della notte tra il 29 e il 30 infatti la perturbazione VAIA dopo essere rimasta quasi stazionaria per oltre due giorni sul Mediterraneo centrale inizia a muovere rapidamente verso nord raggiungendo l'Europa centrale; anche il sistema frontale a essa associato transita definitivamente verso l'Europa continentale e i Balcani, mentre sul Mediterraneo centrale e sulla penisola italiana si assiste a un graduale aumento della pressione e a un miglioramento generale delle condizioni meteorologiche (fig. 16).

I valori di pioggia e di vento registrati durante VAIA sono decisamente inusuali con raffiche che raggiungono valori uguali o superiori alla categoria "uragani" della scala Beaufort. Questi valori rientrano comunque in un quadro di un clima che sta cambiando in grado di creare situazioni meteorologiche caratterizzate da gradienti termici e barici sempre più accentuati che si traducono in un incremento delle condizioni di instabilità foriere di fenomeni sempre più intensi.

I DANNI DELLE TEMPESTE DI VENTO

I danni causati da Vaia hanno interessato un'area di circa 41.491 ettari con venti superiori a 190 km/h e hanno interessato 8,6 milioni di metri cubi di legname, 7 volte la quantità di tronchi da sega in media lavorati annualmente in Italia, per un danno economico che si aggira sui 630 milioni di euro, dati che la identificano come la tempesta più forte mai avvenuta in Italia in termini di danni al legname.

Se allarghiamo il campo si possono confrontare i dati di Vaia con quelli stimati relativi alle 10 tempeste di vento particolarmente significative che sono avvenute negli ultimi 30 anni in Europa. In pratica dai report che annualmente aggiornano le compagnie di assicurazioni (in figura 17 si riporta il riepilogo di Munich Re del 2015) si può evidenziare come tutti questi 10 eventi sono stati nettamente superiori a VAIA. Infatti solo le due tempeste del 1999 Lothar e Martin hanno determinato un abbattimento di circa 240 milioni di m³ di legname.

POSSIBILI TRENDS NELL'INTENSITÀ DELLE TEMPESTE

Una sistematica e vasta review di tutti gli articoli scientifici disponibili relativi alla ricerca e valutazione dell'occorrenza di un potenziale trend a medio-lun-

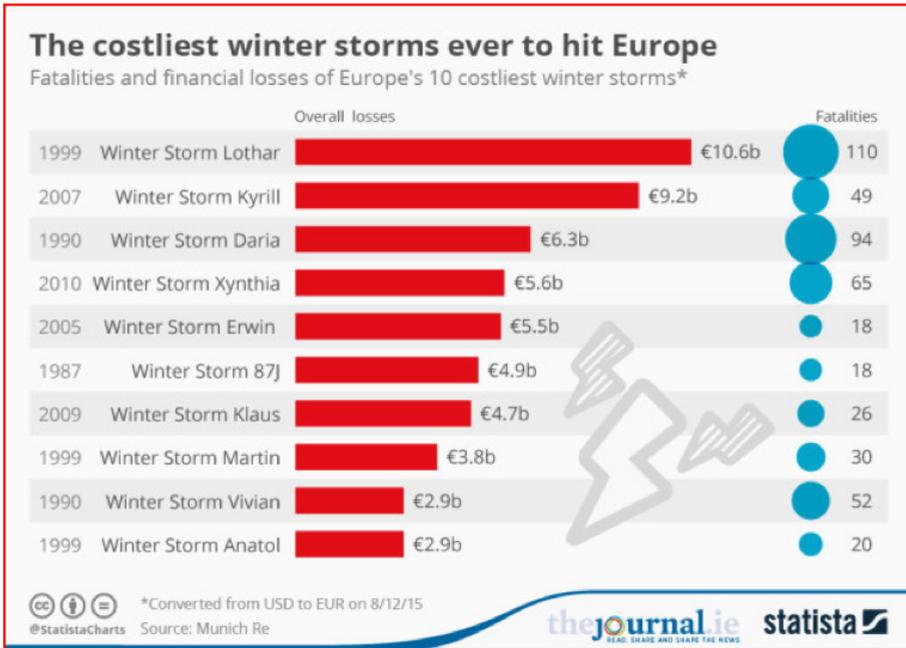


Fig. 17 *Le perdite in vite umane ed economiche delle 10 tempeste di vento che hanno colpito l'Europa. Dati: Munich Re*

go termine inerente le tempeste di vento in Europa è stata svolta da Feser et al. 2015. I trend sono stati classificati a seconda delle differenti aree geografiche, dataset, periodi di ritorno e soprattutto in base ai dati utilizzati vale a dire misure da stazioni, proxy data, reanalisi, modelli climatici globali e regionali.

La maggior parte dei modelli e delle reanalisi per il passato indicano un aumento nella frequenza delle tempeste di vento per il Nord Atlantico e per il Mare del Nord. I risultati sono più contrastanti per il Mar Baltico e il Centro Europa dove quasi lo stesso numero di articoli identifica un trend in aumento e altrettanti in diminuzione. Al contrario per quanto riguarda l'intensità delle tempeste quasi tutti gli articoli sono concordi nel rilevare un segnale di un aumento della stessa in tutte le aree studiate. Nel sito dell'Agenzia Europea dell'Ambiente nella pagina Data and Maps si trova il documento "Projected changes in extreme wind speed based on GCM and RCM ensembles" (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/future-changes-in-european-winter>) dove si dichiara che tutti gli studi modellistici sono generalmente d'accordo nel rilevare un aumento dell'intensità con tempeste che potenzialmente possono causare danni sempre più consistenti ed estesi in tutte le regioni europee. L'incremento

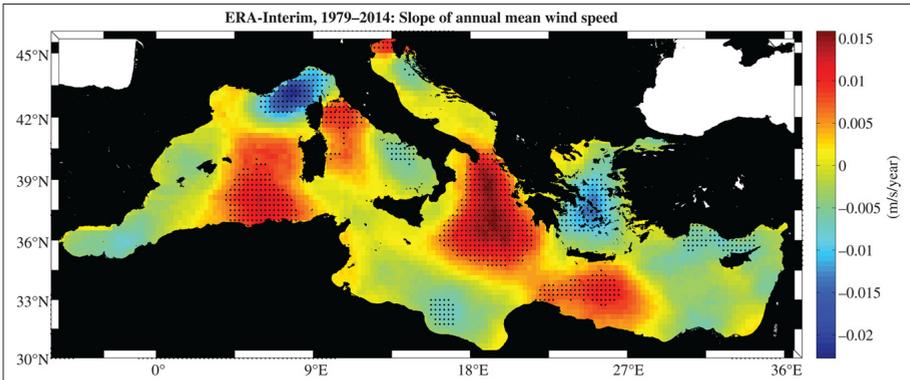


Fig. 18 *Distribuzione spaziale del trend (raffigurato come slope in $\text{ms}^{-1}\text{anno}^{-1}$) della velocità media annuale sul Mar Mediterraneo. Le aree punteggiate mostrano trend statisticamente significativi*

più accentuato si rileva nell'Europa centro-occidentale mentre un leggerissimo decremento nel Sud-Europa. Conclude dicendo che il rischio di “severe winter storm”, e molto probabilmente anche di quelle autunnali, è destinato ad aumentare in molte regioni europee, in particolare nel Nord Atlantico e nell'Europa nord-occidentale e centrale. Anche sul percorso che di solito seguono le tempeste i risultati mostrano divergenze con articoli che rilevano uno spostamento verso i poli ed altri verso il sud dell'Europa.

Uno studio relativo all'analisi long-term delle caratteristiche del vento offshore nel Mar Mediterraneo è stato svolto utilizzando i dati di ERA-Interim per il periodo 1974-2014 (Takvour Soukissian et al., 2017). Sono stati presi in considerazioni tre aspetti dell'analisi della climatologia dei venti: l'andamento spazio-temporale dei due parametri velocità e direzione del vento a scala annuale e mensile, l'analisi congiunta della velocità e direzione del vento sempre annuale e mensile ed infine i trends nella velocità ed i cambiamenti nella direzione.

L'articolo riporta i trend nella velocità del vento annuale rappresentati secondo la pendenza, positiva per un aumento dell'intensità e negativa per una riduzione. Nella figura 18 viene riportata la distribuzione spaziale della pendenza lineare della velocità media annuale del vento dove vengono evidenziate le aree dove questa presenta un trend in aumento segnalando con i punti dove questo incremento è statisticamente significativo. L'area dove il vento offshore sta aumentando sono le zone di mare comprese fra Sardegna e Baleari, il Tirreno e lo Ionio.

ALTRE TIPOLOGIE DI EVENTI POTENZIALMENTE DANNOSI

Oltre alle tempeste di vento caratterizzate da una situazione sinottica ben determinata, esistono altre tipologie di eventi che possono portare a colpi di vento e raffiche tali da creare danni alle alberature seppur in zone ristrette e limitate. Questi sono soprattutto legati a sistemi temporaleschi in grado di innescare “gropi di vento” tali da arrivare a raffiche superiori ai 100 kmh che possono essere generate da situazioni di convergenza per esempio sul mare, alimentate da valori di temperatura del mare superiori alla norma, si spostano verso l’entroterra e scaricano la loro energia sulle zone costiere più vulnerabili. Questa tipologia di evento può portare a molti danni alle persone, alle strutture, al verde urbano e al patrimonio boschivo.

Si riportano a titolo di esempio due eventi avvenuti sulla città di Firenze fra il 2014 e il 2015.

Grandinata del 19 settembre 2014

Nella tarda mattinata di venerdì 19 settembre 2014 la provincia di Firenze, compresa la città, è stata interessata da un forte sistema temporalesco. Le due caratteristiche principali di questo evento sono state:

- 1) il vento, le cui violente raffiche superano i 100 km/h;
- 2) le forti e diffuse grandinate, con diametro dei chicchi anche maggiore di 2-3 cm.

Durante la notte del 19 settembre si è formata una cella temporalesca sul Mar Ligure davanti all’alta Versilia, con caratteristiche di stazionarietà fino a metà mattina. In seguito il sistema temporalesco comincia a muovere verso ESE, andando a interessare, intorno alle ore 10, la Versilia e la Lucchesia. In questa fase i fenomeni prevalenti sono intense precipitazioni con intensità fino a 20-25 mm in 15 minuti, ma di breve durata (30-40 minuti, con accumuli totali fino a 40-50 mm). I danni quindi sono principalmente limitati a locali allagamenti delle aree depresse e problemi di circolazione stradale. Successivamente, dopo le 12 il sistema temporalesco si sposta rapidamente verso l’interno intensificandosi risalendo la valle dell’Arno. In rapida successione tra le 12 e le 13 sono interessati i comuni lungo una direttrice ovest-est che va dal comune di Cerreto Guidi verso Firenze città; i fenomeni sono molto violenti soprattutto per quanto riguarda le raffiche del vento e le grandinate. La città di Firenze viene interessata tra le 12:40 e le 12:55 ora locale. Il cumulato di pioggia rilevato dalle stazioni presenti nell’area fiorentina raggiunge 20-25

mm in meno di 15 minuti (possibile che cumulati superiori siano caduti in alcune zone della città). Le grandinate, anche di grosso diametro, risultano abbondanti con forti accumuli al suolo. Le raffiche di vento, forse l'aspetto più rilevante dell'evento, in alcune stazioni prossime alla città raggiungono i 100 km/h; tuttavia è molto probabile che i valori possano essere stati molto superiori, considerando gli ingenti danni con alberi sradicati e con tetti scoperti. Alcune stazioni amatoriali riportano raffiche fino a 150-160 km/h.

Fortunale del 1 agosto 2015

il 1° agosto 2015 una saccatura collegata a una circolazione depressionaria sulle Isole Britanniche transita sull'Italia centro-settentrionale determinando un generale peggioramento delle condizioni meteorologiche. Il sistema, associato ad aria fredda in quota, determina la formazione di numerose linee di instabilità, una delle quali interessa direttamente la Toscana. Quest'ultima favorisce l'innescò di un attivo fronte temporalesco che, inserito nel flusso sud-occidentale alla media troposfera, tende a spostarsi rapidamente verso nord-est interessando gran parte della Toscana centro-settentrionale tra il tardo pomeriggio e le prime ore della sera. Nel suo movimento verso levante il sistema tende a intensificarsi grazie all'aumento dell'instabilità legata all'avanzamento della saccatura.

Nel pomeriggio del 1° agosto l'avvicinamento della saccatura associata ad aria fredda in quota determina la formazione di una linea di instabilità lungo la costa centro-settentrionale della Toscana e sull'Elba dove, tra le 16:00 e le 17:00, si assiste alla formazione di una prima cella temporalesca. Quest'ultima, a causa della presenza di un intenso e umido flusso di correnti sud-occidentali alle medie quote, si sposta verso nord-est.

Tra le 18:00 e le 19:00 l'ingresso della cella nell'entroterra determina piogge intense sulle province di Livorno, Pisa, Lucca e sulla parte più occidentale della provincia di Firenze. Tra le 19:00 e le 20:00 si assiste alla formazione di una seconda cella temporalesca al confine tra le province di Firenze e Prato cui si associano forti piogge, intense raffiche di vento e locali grandinate (fig. 19). L'innescò al suolo di questa seconda cella temporalesca sembra legato all'orografia locale (rilievi del Montalbano), mentre il rapido sviluppo della stessa in quota è favorito, oltre che dagli elementi sinottici fin qui descritti, dall'ambiente particolarmente ricco di energia con valori di CAPE (energia potenziale) e K-Index (probabilità di occorrenza di temporali) molto elevati.

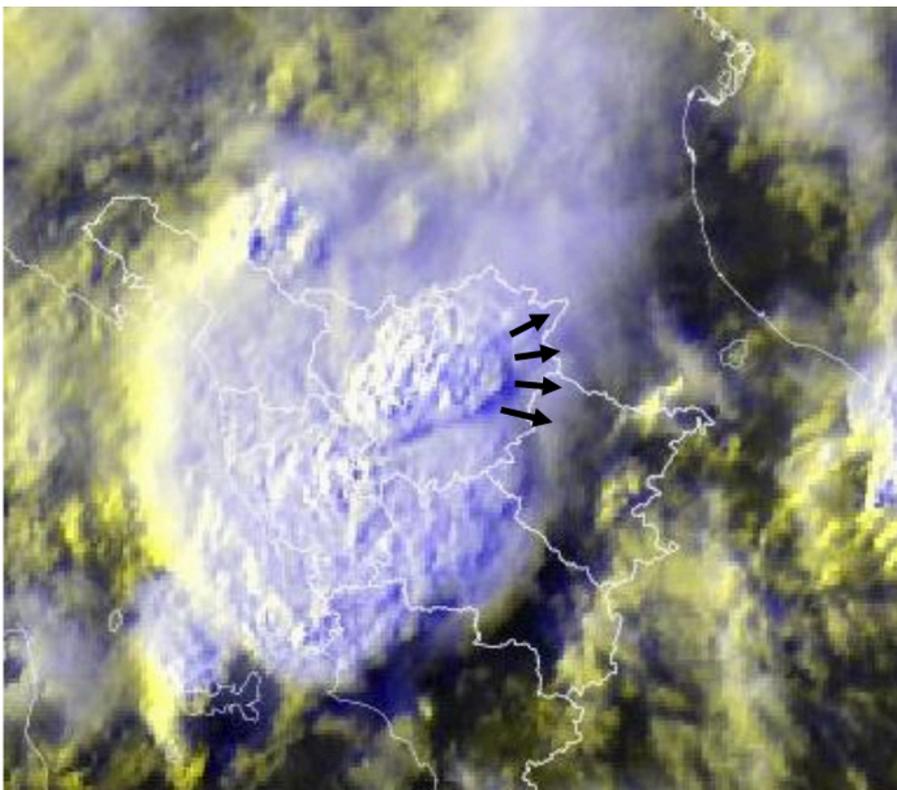


Fig. 19 La posizione della cella temporalesca alle ore 18:45; il sistema avanza verso est e nella zona frontale si generano i downbursts (probabilmente responsabili dei danni nella zona sud est di Firenze)

Relativamente alle violente raffiche di vento che hanno colpito la parte sud-orientale di Firenze si presume che siano state causate da intense correnti discendenti generate dalla cella temporalesca e non da una tromba d'aria; questa ipotesi è suffragata dall'osservazione dei danni osservati attraverso la quale si evince, ad esempio, che gli alberi sono stati abbattuti sullo stesso lato, senza torsione e hanno conservato la chioma (in presenza di tornado, al contrario, gli alberi vengono totalmente defogliati, si osservano torsioni del tronco e i fusti abbattuti possono distare centinaia di metri dalla loro base).

In effetti, in una cella temporalesca è sempre presente una corrente ascendente (*updraft*) che fornisce l'alimentazione del temporale e una discendente (*downdraft*) in cui sono presenti le precipitazioni. Queste ultime, evaporando durante la caduta, contribuiscono a rendere più fredda e quindi più densa e pesante la massa d'aria in discesa. Quando, per svariati motivi, tra cui una marcata



Fig. 20 *Danni causati dalle forti raffiche di vento sul Lungarno Colombo a Firenze il 1 agosto 2015*

differenza di temperatura tra l'*updraft* e il *downdraft* o l'immissione di aria secca nelle parti alte del sistema temporalesco, la corrente discendente diventa molto intensa e violenta, si forma il cosiddetto *downburst*. Quando il *downburst* raggiunge il suolo si diffonde in tutte le direzioni (ma con maggior intensità nella direzione di spostamento del sistema temporalesco), favorendo raffiche di vento estremamente forti, che possono produrre danni simili a quelli delle trombe d'aria. In realtà le caratteristiche fisiche del *downburst* sono abbastanza diverse da quelle delle trombe d'aria, in quanto in questo ultimo caso i venti ruotano attorno a un asse verticale e i danni sono concentrici rispetto alla zona di passaggio. Quando il *downburst* è associato anche a precipitazioni (sia pioggia sia grandine) viene chiamato *wet downburst* (come nel caso in esame), mentre se le precipitazioni sono assenti o non significative, viene chiamato *dry downburst*.

I Medicanes

Il Mar Mediterraneo è considerato una delle aree a più alta ciclogenese dovuta anche alla conformazione orografica delle sue coste e delle isole. Nel suo ba-

cino si possono sviluppare i cosiddetti TLC (Tropical Like Cyclon) vale a dire cicloni tropicali mediterranei detti anche Medicane dalla fusione delle parole MEDIterranean hurriCANE. I Medicanes sono sistemi particolarmente intensi che presentano delle caratteristiche del tutto simili agli uragani, vale a dire ai cicloni tropicali, non raggiungendo comunque i valori di velocità del vento delle categorie superiori. Presentano comunque un potenziale che può risultare estremamente distruttivo soprattutto sulle isole e sulle zone costiere. La frequenza media è di circa 1/2 eventi all'anno anche se sussiste ancora una grande incertezza soprattutto nella difficoltà relativa alla distinzione fra i medicane e l'ampio spettro di sistemi ciclonici presenti nel Mediterraneo. I Medicanes sono più frequenti nella stagione autunnale, quasi il doppio rispetto all'inverno e con pochissimi casi nella stagione calda. In effetti le intrusioni di aria fredda dalle alte latitudini in autunno determinano le condizioni favorevoli al loro sviluppo soprattutto nel Mediterraneo centro-occidentale e le circostanze ideali per costruire il disequilibrio termodinamico fra il mare e l'atmosfera necessario per la loro evoluzione. Diversi studi sono stati fatti per valutare l'impatto del cambiamento climatico su questi fenomeni (Romero et al., 2013) che indicano una riduzione nella loro frequenza ma in controposizione un incremento della violenza con raffiche che potrebbero arrivare a superare gli 80 nodi (circa 148 kmh). Occorre anche considerare che gli attuali modelli Global Circulation Models utilizzati presentano una sottostima dell'intensità delle tempeste nel clima attuale per cui questa futura incidenza dei medicane estremi potrebbe essere peggiore rispetto a quello previsto.

CONCLUSIONI

Risulta abbastanza evidente da quanto riportato che il clima sta cambiando anche relativamente al regime eolico dell'Europa, del Mediterraneo e della Penisola Italiana. Sia le tempeste di vento sia i groppi di vento determinati da sistemi temporaleschi si stanno intensificando, incrementando la loro intensità e quindi la loro capacità distruttiva nei confronti di un territorio sempre più vulnerabile.

La tipologia di eventi che determinano raffiche di vento sempre più forti si stanno diversificando in seguito alle modifiche nella circolazione generale dell'atmosfera determinate dal global warming.

Infine bisogna considerare che oltre al vento, gli ecosistemi naturali quali quelli boschivi sono fortemente influenzati da altri rischi naturali legati alle situazioni meteorologiche che determinano siccità, ondate di calore ed hanno

come conseguenza gli incendi boschivi, fenomeni questi destinati ad aumentare (Turco et al., 2017). Il Bacino del Mediterraneo è stato identificato come “hot spot” dove è previsto un aumento nell’intensità e nella persistenza dei periodi siccitosi e per un incremento nel numero e nella durata delle ondate di calore. La combinazione di questi due eventi, siccità e temperature molto alte, rappresentano le condizioni ottimali per lo sviluppo di incendi boschivi di vaste dimensioni ormai in tutta Europa.

In questo senso l’anno 2017 ha rappresentato un primo assaggio di quello che potrebbe essere lo scenario futuro per l’Italia, con una forte e persistente siccità, ondate di calore lunghe con temperature decisamente calde, l’innescarsi di incendi anche di vasta entità su tutto il territorio e l’insorgere di situazioni favorevoli allo sviluppo di eventi estremi quali l’alluvione di Livorno del 9/10 settembre 2017 con 8 morti e danni ingenti alla città.

RIASSUNTO

«Siamo sull’orlo di una crisi climatica globale, per scongiurare la quale occorrono misure concordate a livello globale». Queste sono le parole utilizzate dal Presidente della Repubblica Sergio Mattarella il 12 marzo scorso al Teatro comunale di Belluno durante la commemorazione delle 3 vittime venete della tempesta Vaia. L’European Environment Agency nel report n°15 del 2017 “Change adaptation and disaster risk reduction in Europe”, riporta che, nel periodo dal 1980 al 2015, le perdite economiche per i 33 paesi europei causate da “extreme weather- and climate-related events” ammontano a circa 433 miliardi di euro. Il 2018 si è concluso risultando l’anno più caldo sia in Italia che in Europa dal 1880 ad oggi con un aumento della temperatura media superiore a 1,5°, quindi sopra la soglia individuata come limite da non superare nel famoso accordo sottoscritto dalla COP 21 a Parigi nel 2015. Dal 27 al 30 ottobre 2018 la tempesta Vaia ha interessato tutta la penisola italiana causando 16 morti e danni ingenti. Vengono descritte le principali caratteristiche meteorologiche di Vaia evidenziando i forti gradienti termici e di pressione che si sono venuti a creare; valori inusuali che rientrano in un quadro di un clima che cambia provocando accentuazioni nelle condizioni di instabilità e favorendo così fenomeni sempre più intensi. Questi ultimi sono caratterizzati non solo da piogge particolarmente intense ma anche da venti particolarmente forti con raffiche che raggiungono valori uguali o superiori alla categoria uragani della scala Beaufort. Nella presentazione verranno analizzati alcune tipologie di eventi descrivendone le differenti caratteristiche meteorologiche e di conseguenza i diversi impatti che possono avere sul territorio.

ABSTRACT

«We are on the edge of a global climate crisis, to avoid which we need agreed measures at global level». These are the words used by the President of the Republic Sergio Mattarella

on March 12th at the Municipal Theater of Belluno during the commemoration of the 3 Venetian victims of the Vaia storm. The European Environment Agency in the report n° 15 of 2017 “Change adaptation and disaster risk reduction in Europe”, reports that, in the period from 1980 to 2015, the economic losses for the 33 European countries caused by “extreme weather- and climate- related events” amount to about 433 billion euros. 2018 ended up being the hottest year both in Italy and in Europe from 1880 to today with an average temperature increase exceeding 1.5 °, therefore above the threshold identified as a limit not to be exceeded in the famous agreement signed by the COP 21 in Paris in 2015. From 27 to 30 October 2018 the Vaia storm affected the entire Italian peninsula causing 16 deaths and significant damage. The main meteorological characteristics of Vaia are described, highlighting the strong temperature and pressure gradients that have arisen; unusual values that fall within a framework of a changing climate, causing accentuations in the conditions of instability and thus favoring ever more intense phenomena. The latter are characterized not only by particularly intense rains but also by particularly strong winds with gusts that reach values equal to or greater than the hurricane category on the Beaufort scale. The article analyzes some types of events describing the different meteorological characteristics and consequently the different impacts they can have on the territory.

BIBLIOGRAFIA

- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2017): *Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe - Enhancing coherence of the knowledge base, policies and practices*, UE Publications Office, 172 pp., ISBN 978-92-9213-893-6, doi:10.2800/938195.
- FESER F., BARCIKOWSKA M., KRUEGER O., SCHENK F., WEISSE R. AND XIA L. (2015): *Storminess over the North Atlantic and northwestern Europe—A review*, «Q. J. R. Meteorol. S.», 141, pp. 350-382, doi:10.1002/qj.2364.
- ROMERO R. and EMANUEL K. (2013): *Medicane risk in a changing climate*, «J. Geophys. Res. Atm.», 118, 5992-6001, doi:10.1002/jgrd.50475.
- SOUKISSIAN T., KARATHANASI F., AXAPOULOS P., VOUKOUVALAS E. AND KOTRONI V. (2017): *Offshore wind climate analysis and variability in the Mediterranean Sea*, «Int. J. Climatol.», vol. 38, 384-402, <https://doi.org/10.1002/joc.5182>.
- TURCO M., VON HARDENBERG J., AGHAKOUCHAK A., LLASAT M.C., PROVENZALE AND TRIGO R. M. (2017): *On the key role of droughts in the dynamics of summer fires in Mediterranean Europe*, «Scientific Reports», Vol. 7: 81, 1-10, DOI:10.1038/s41598-017-00116-9.