

## Stima dei danni della tempesta “Vaia” alle foreste in Italia

G Chirici<sup>(1)</sup>, F Giannetti<sup>(1)</sup>, D Travaglini<sup>(1)</sup>, S Nocentini<sup>(1)</sup>, S Francini<sup>(1)</sup>, G D’Amico<sup>(1)</sup>, E Calvo<sup>(2)</sup>, D Fasolini<sup>(2)</sup>, M Broll<sup>(3)</sup>, F Maistrelli<sup>(3)</sup>, J Tonner<sup>(3)</sup>, M Pietrogiovanna<sup>(3)</sup>, K Oberlechner<sup>(3)</sup>, A Andriolo<sup>(3)</sup>, R Comino<sup>(4)</sup>, A Faidiga<sup>(4)</sup>, I Pasutto<sup>(5)</sup>, G Carraro<sup>(5)</sup>, S Zen<sup>(5)</sup>, F Contarin<sup>(5)</sup>, L Alfonsi<sup>(5)</sup>, A Wolynski<sup>(6)</sup>, M Zanin<sup>(6)</sup>, C Gagliano<sup>(6)</sup>, S Tonolli<sup>(6)</sup>, R Zoanetti<sup>(6)</sup>, R Tonetti<sup>(7)</sup>, R Cavalli<sup>(8)</sup>, E Lingua<sup>(8)</sup>, F Pirotti<sup>(8)</sup>, S Grigolato<sup>(8)</sup>, D Bellingeri<sup>(9)</sup>, E Zini<sup>(9)</sup>, D Gianelle<sup>(10)</sup>, M Dalponte<sup>(10)</sup>, E Pompei<sup>(11)</sup>, A Stefani<sup>(11)</sup>, R Motta<sup>(12)</sup>, D Morresi<sup>(12)</sup>, M Garbarino<sup>(12)</sup>, G Alberti<sup>(13)</sup>, F Valdevit<sup>(13)</sup>, E Tomelleri<sup>(14)</sup>, M Torresani<sup>(14)</sup>, G Tonon<sup>(14)</sup>, M Marchi<sup>(15)</sup>, P Corona<sup>(15)</sup>, M Marchetti<sup>(16)</sup>

### Forest damage inventory after the “Vaia” storm in Italy

On October 29, 2018, the Vaia storm hits the North-Eastern regions of Italy by wind gusts exceeding 200 km h<sup>-1</sup>. The forests in these regions have been seriously damaged. This contribution illustrates the methodology adopted in the emergency phase to estimate forest damages caused by Vaia storm, both in terms of damaged forest areas and growing stock volume of fallen trees. 494 Municipalities registered forest damages caused by Vaia, destroyed or intensely damaged forest stands amounted to about 42,500 ha, spread in Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Lombardy and, only marginally, Piedmont and Valle d’Aosta. The growing stock volume of fallen trees was about 8.5 millions m<sup>3</sup>.

**Keywords:** Windstorms, North-Eastern Italy, Wind Damages, Forest Damage Inventory

### Introduzione

I danni causati dal vento agli ecosistemi forestali sono in aumento in Europa, anche a latitudini che fino a qualche decennio fa erano risparmiate da questi fenomeni (Gardiner et al. 2013, Motta et al. 2018).

Tra sabato 27 e le prime ore di martedì 30 ottobre 2018 l’Italia è stata interessata dagli effetti di una profonda depressione denominata “Vaia” che, soprattutto lunedì 29, ha determinato violentissime raffiche di scirocco, mareggiate, straordinarie onde di marea sull’alto Adriatico, e piogge alluvionali soprattutto sulle Alpi orientali (Fig. 1).

La depressione “Vaia” si è sviluppata sabato 27 ottobre

2018 tra il Baltico e il Mediterraneo occidentale e ha stazionato sui mari tra il Golfo del Leone, le Baleari e la Sardegna fino al mattino di lunedì 29 (Fig. 2 – <http://www.nimbus.it/eventi/2018/181031TempestaVaia.htm>).

L’irruzione di aria fredda ha alimentato il vortice depressionario determinando il rinforzo dei venti di scirocco prima e di libeccio poi.

Tra il mattino e il pomeriggio di lunedì 29 ottobre le potenti raffiche di vento meridionale si sono talora combinate con ulteriori rinforzi e turbolenze locali in corrispondenza dei rilievi, raggiungendo punte di oltre 200 km h<sup>-1</sup> (Fig. 3).

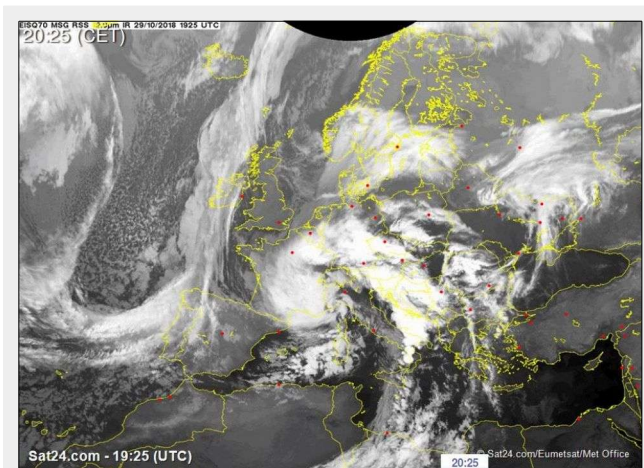
□ (1) geoLAB - Laboratorio di Geomatica Forestale, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze, v. San Bonaventura 13, 50145 Firenze; (2) Ente Regionale per i Servizi all’Agricoltura e alle Foreste, Regione Lombardia, v. Pola 12, 20140 Milano; (3) Ripartizione Foreste, Provincia Autonoma di Bolzano, p.za S. Magnago 1, I-39100 Bolzano; (4) Direzione centrale risorse agroalimentari, forestali e ittiche, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, v. Sabbadini 31, I-33100 Udine; (5) Direzione AdG FEASR Parchi e Foreste, U.O. Parchi e Foreste, v. Torino 110, 30172 Mestre (VE); (6) Ufficio Pianificazione, Selvicoltura ed Economia forestale, Provincia Autonoma di Trento, v. Trener 3, 38121 Trento; (7) Direzione Generale Agricoltura, Alimentazione e Sistemi Verdi, Struttura Sviluppo delle Politiche Forestali e della Montagna, P.O. Pianificazione, Tutela e Gestione Forestale, Arboricoltura, Regione Lombardia, p.za Città di Lombardia 1, 20124 Milano; (8) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, v.le dell’Università 16, 35020 Legnaro PD; (9) Direzione Tecnico-Scientifica, U.O. Ricerca, innovazione, integrazione delle conoscenze, ARPA Lombardia, v. Rosellini 17, 20124 Milano; (10) Dipartimento di Agroecosistemi Sostenibili e Biorisorse, Centro Ricerca e Innovazione, Fondazione Edmund Mach, v. E. Mach 1, 38100 San Michele all’Adige (TN); (11) Direzione Generale Foreste - Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, v. XX Settembre 20, 00187 Roma; (12) Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università degli Studi di Torino, l.go Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO); (13) Dipartimento di Scienze Agroalimentari, Ambientali ed Animali, Università di Udine, v. delle Scienze 206, 33100 Udine; (14) Libera Università di Bolzano, p.za Università 5, 39100 Bolzano; (15) Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria, Centro di ricerca Foreste e Legno, v.le S. Margherita 80, 52100 Arezzo; (16) Dipartimento Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise, c.da F.te Lappone snc, Pesche (IS)

@ Gherardo Chirici ([gherardo.chirici@unifi.it](mailto:gherardo.chirici@unifi.it))

Ricevuto: Feb 14, 2019 - Accettato: Feb 15, 2019

**Citazione:** Chirici G, Giannetti F, Travaglini D, Nocentini S, Francini S, D’Amico G, Calvo E, Fasolini D, Broll M, Maistrelli F, Tonner J, Pietrogiovanna M, Oberlechner K, Andriolo A, Comino R, Faidiga A, Pasutto I, Carraro G, Zen S, Contarin F, Alfonsi L, Wolynski A, Zanin M, Gagliano C, Tonolli S, Zoanetti R, Tonetti R, Cavalli R, Lingua E, Pirotti F, Grigolato S, Bellingeri D, Zini E, Gianelle D, Dalponte M, Pompei E, Stefani A, Motta R, Morresi D, Garbarino M, Alberti G, Valdevit F, Tomelleri E, Torresani M, Tonon G, Marchi M, Corona P, Marchetti M (2019). Stima dei danni della tempesta “Vaia” alle foreste in Italia. *Forest@* 16: 3-9. - doi: [10.3832/efor3070-016](https://doi.org/10.3832/efor3070-016) [online 2019-02-15]

Editor: Gabriele Bucci

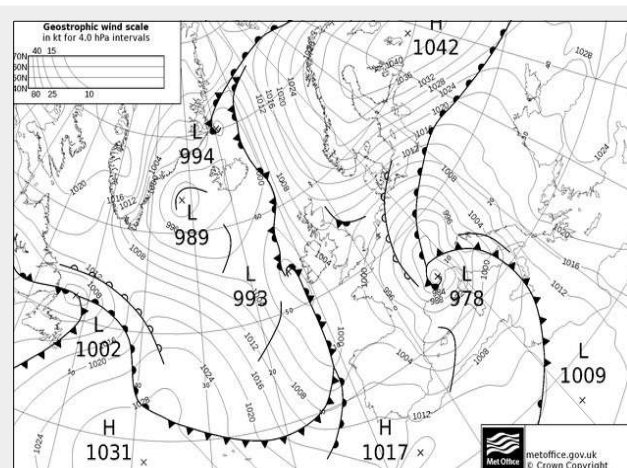


**Fig. 1** - La tempesta Vaia dal satellite Meteosat alle 20:25 del 29 Ottobre 2018.

Nella mattinata del 30 ottobre i media riportavano estensivamente gli effetti distruttivi di Vaia sulle foreste delle Regioni del Nord-Est.

La Direzione Foreste (DIFOR) del Ministero per le Politiche Agricole, Alimentari Forestali e del Turismo (MIPAAFT) ha quindi avviato una collaborazione con una rete di enti territoriali e di istituti di ricerca finalizzata alla produzione di una prima stima dei danni alle foreste, in termini di superfici danneggiate e di relativa provvigione legnosa a terra. Il geoLAB - Laboratorio di Geomatica del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali dell'Università degli Studi di Firenze ha svolto un ruolo di coordinamento, aggregazione e armonizzazione delle informazioni che venivano via via raccolte dagli enti territoriali e dagli organismi di ricerca coinvolti, rendendole quindi disponibili ai diversi portatori d'interesse.

Questo contributo ha lo scopo di presentare i risultati di questa prima fase emergenziale di stima degli effetti della tempesta Vaia sulle superfici forestali Italiane.



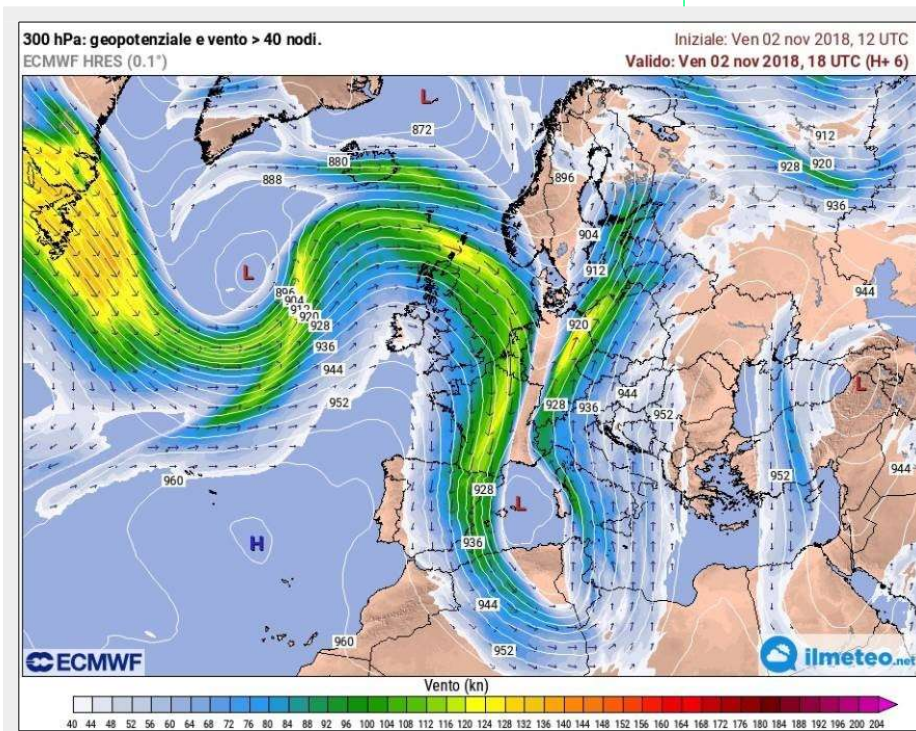
**Fig. 2** - La tempesta Vaia con la sua profonda depressione al 29 Ottobre 2018.

### Materiali e metodi

Il principale obiettivo che ha guidato la scelta delle metodologie operative da utilizzare nella fase emergenziale per la stima dei danni causati dalla tempesta Vaia è stato di ottenere un risultato omogeneo su tutta l'area interessata nel più breve tempo possibile, in maniera da fornire una prima stima attendibile del danno arrecato agli ecosistemi forestali utile a coordinare i primi interventi in campo e ad una prima quantificazione dei possibili danni in termini monetari.

Per questo motivo ogni Regione e Provincia Autonoma ha operato con le proprie risorse e in piena autonomia, ma con lo scopo condiviso di giungere ad una stima per ogni Comune della superficie forestale danneggiata e della relativa provvigione legnosa. Il tavolo di lavoro, coordinato da DIFOR-MIPAAFT, con la partecipazione di tutte le Regioni e Province Autonome interessate e da numerosi ricercatori di Università e Enti di Ricerca, ha avuto il compito di mettere a fattor comune i procedimenti di acquisizione dei dati e di stima.

Per le Province Autonome di Trento e di Bolzano, per la



**Fig. 3** - Principali campi di vento della tempesta Vaia (da: [ilmeteo.net](https://www.ilmeteo.net/) - <https://www.ilmeteo.net/>).



**Fig. 4** - Esempio dei danni provocati dalla tempesta Vaia (foto da SAPR in Provincia di Bolzano).

Regione Autonoma del Friuli Venezia Giulia e per le Regioni Piemonte e Valle d'Aosta sono state prodotte le perimetrazioni dei singoli schianti, mentre per le Regioni Lombardia e Veneto sono state prodotte stime già accorpate per unità amministrative. Le stesse Autorità hanno inoltre fornito una prima stima della massa a terra, anche con il supporto delle informazioni già presenti nelle rispettive banche dati.

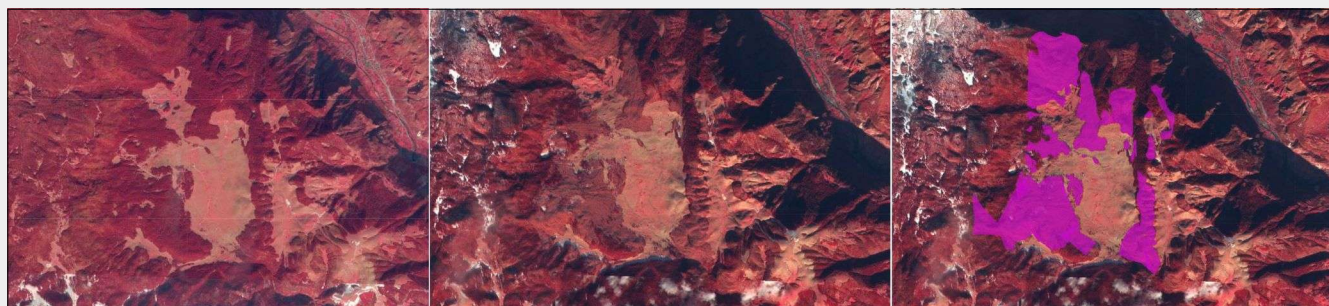
Nella gran parte dei casi le perimetrazioni sono state prodotte attraverso sopralluogo in campo, o tramite sor-

volo delle aree colpite con elicotteri. Nel caso della Provincia Autonoma di Bolzano le fotografie da elicottero o da drone sono state utilizzate per produrre ortofoto digitali che sono state successivamente fotointerpretate (Fig. 4).

In Lombardia è stata prodotta una mappatura preliminare sulla base del satellite *Sentinel-2* a supporto della delimitazione dei danni, poi realizzata dalle Comunità Montane; è stato inoltre realizzato un rilievo da SAPR in Valgrigna (BS) con lo scopo di validare la mappatura da satellite



**Fig. 5** - Immagine di esempio relativa al rilievo SAPR realizzato all'interno dell'area demaniale in Val Grigna (BS).



**Fig. 6** - Esempio di mappatura delle aree danneggiate mediante immagine Sentinel-2, pre- (a sinistra) e post-evento (a destra). Area di Campomulo, a cavallo tra Veneto e Trentino Alto-Adige.

(Fig. 5).

La disponibilità di immagini multispettrali Sentinel-2 ha un ruolo chiave nella individuazione delle aree colpite. L'acquisizione combinata da Sentinel 2A e 2B permette infatti una frequenza teorica di acquisizione di cinque giorni. Il cambiamento di risposta spettrale, in particolare nella regione del vicino e del medio infrarosso, tra un'immagine pre- e post-evento, permette di evidenziare le aree che hanno subito un danno esteso, mentre, data la relativamente limitata risoluzione spaziale, non è invece possibile la mappatura dei danni più diffusi (Fig. 6).

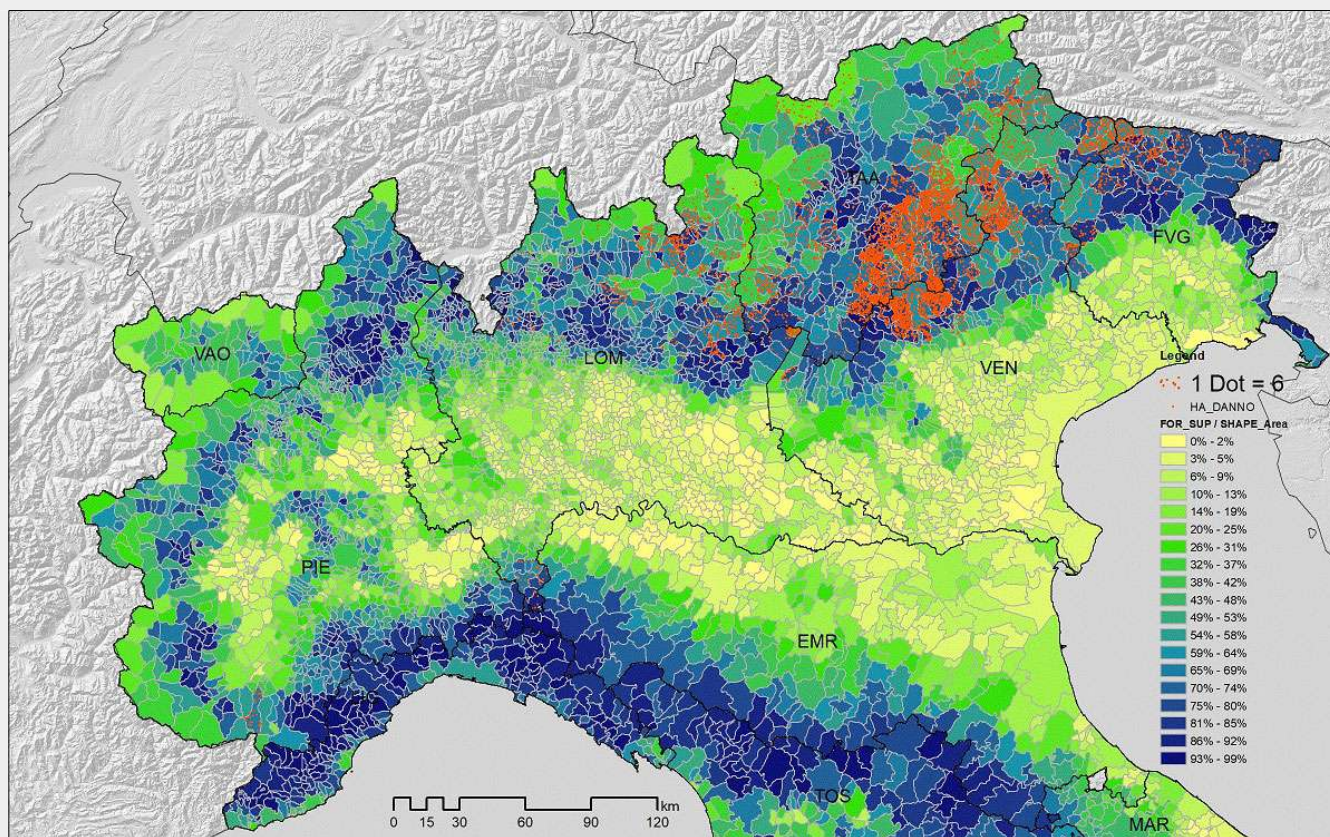
Contemporaneamente alle attività del gruppo di lavoro nazionale è stato anche attivato il sistema Copernicus Emergency Mapping che, probabilmente a causa della forte copertura nuvolosa nelle immagini ottiche utilizzate, ha potuto mappare solo alcune delle aree danneggiate, per circa 4000 ha (per maggiori informazioni, vedi <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR334>).

Per le Regioni e le Province Autonome che hanno fornito le perimetrazioni dei singoli schianti, i valori sono stati aggregati per Comune. L'area danneggiata per ogni Comune è stata quindi espressa in percentuale rispetto alla superficie forestale desunta dallo strato informativo Copernicus High Resolution Layer (HRL - <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers>).

### Risultati

Per quanto riguarda i danni alle foreste, si stima che la tempesta Vaia abbia interessato 494 Comuni, un territorio complessivo di 2.306.968 ha. Si tratta di un'area con una dominante copertura del suolo a bosco, in particolare peccete, piceo-abieteti e piceo-abieto-faggeti. A partire dalle informazioni cartografate dal Copernicus HRL, la copertura forestale è stimata pari a 1.399.483 ha, che corrisponde a oltre il 60% della superficie territoriale dei 494 Comuni (Fig. 7).

L'area nella quale sono stati riscontrati danni consistenti



**Fig. 7** - Coefficiente di boscosità per Comune e area di impatto dei danni alle foreste della tempesta Vaia. I punti in rosso sono proporzionali ai danni alle foreste causati da Vaia calcolati su base Comunale (1 punto = 6 ha di danno).

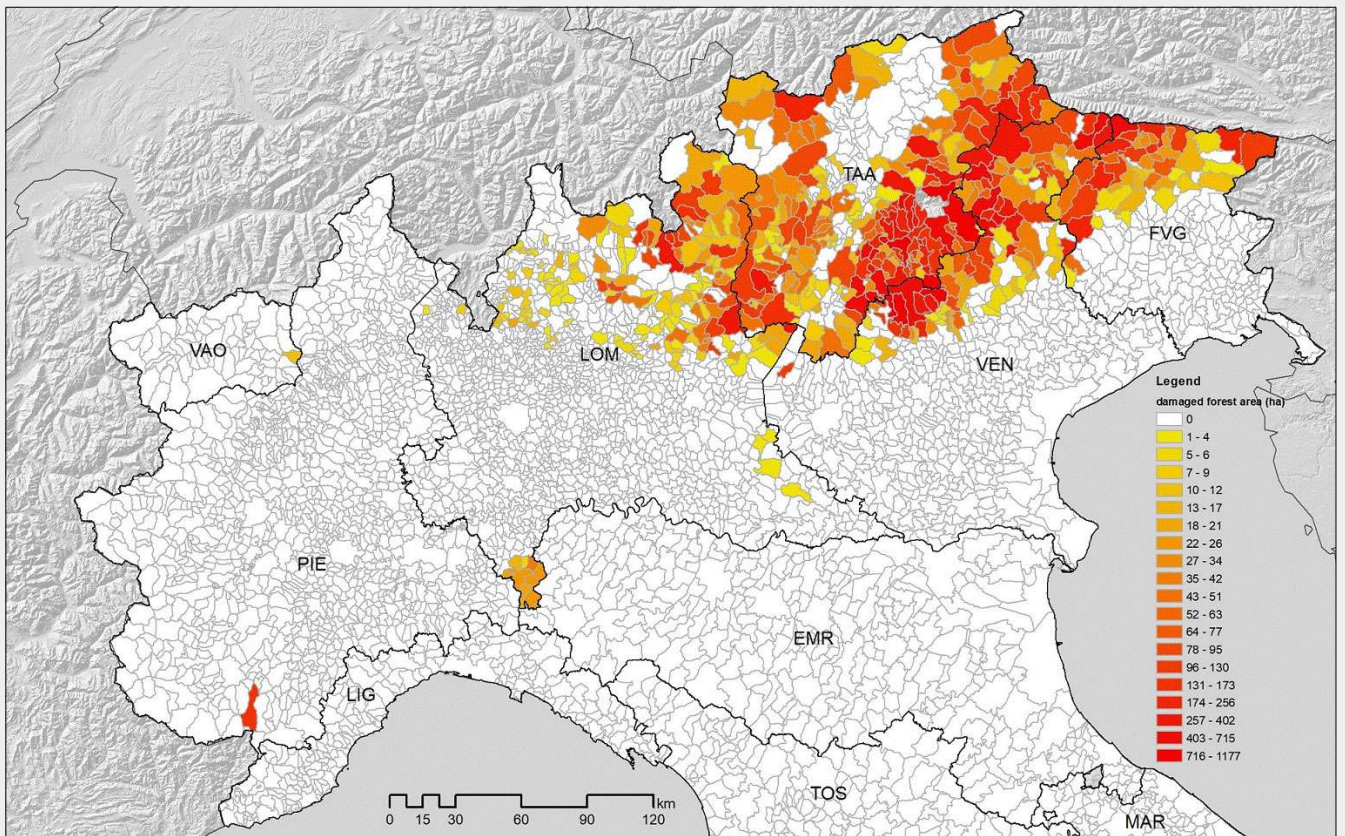


Fig. 8 - Superficie forestale distrutta dalla tempesta Vaia per Comune.

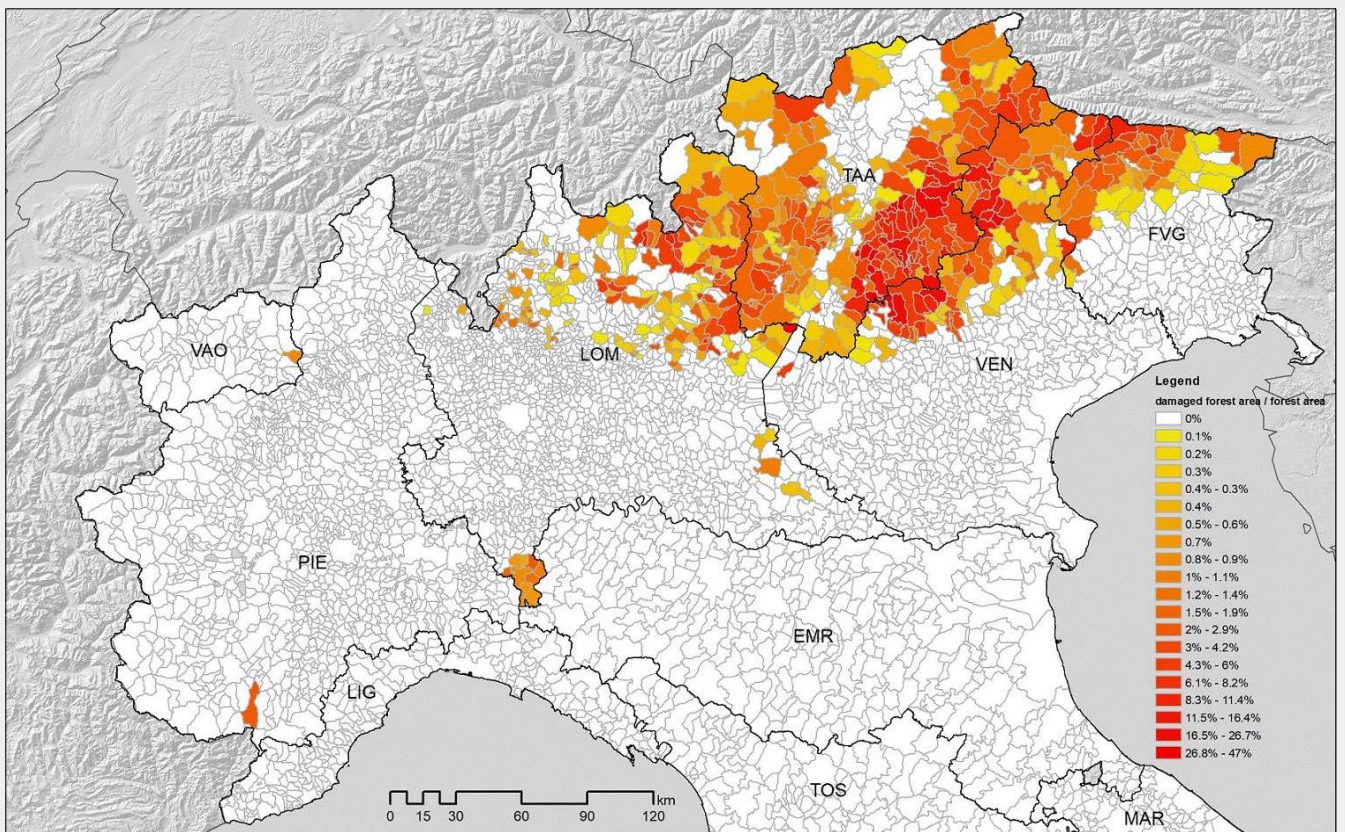
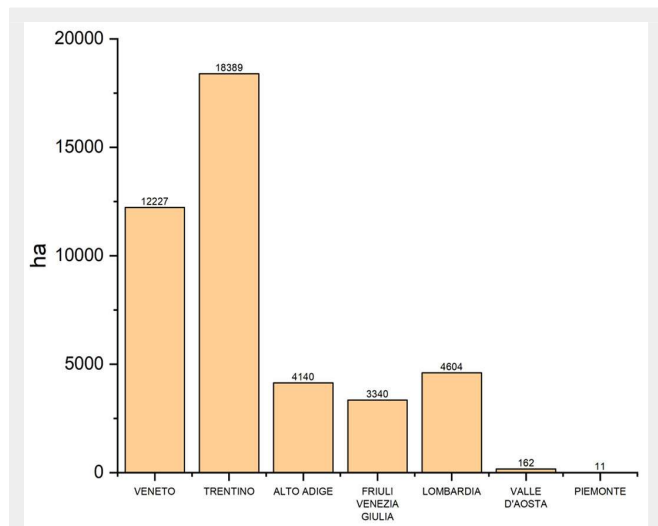
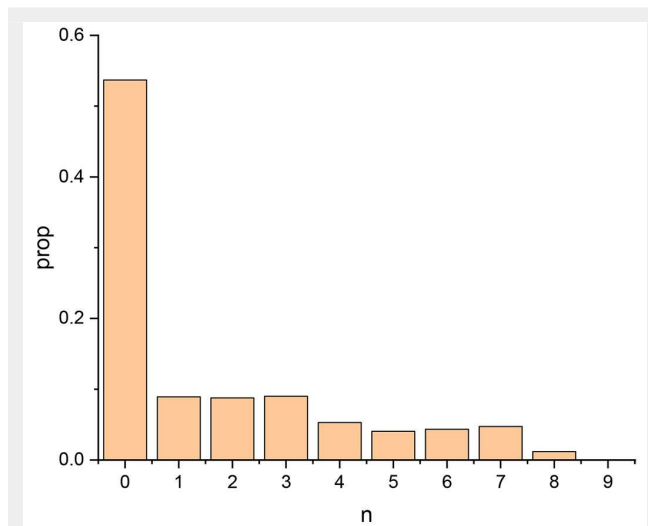


Fig. 9 - Percentuale di superficie forestale distrutta dalla tempesta Vaia.



**Fig. 10** - Estensione delle foreste danneggiate dalla tempesta Vaia. Valori in ettari.



**Fig. 11** - Proporzione di pixel Sentinel-2 nei Comuni interessati dalla tempesta Vaia in base al numero di immagini Sentinel-2 cloud free disponibili dal 29/10/2018 al 29/01/2019.

o la completa distruzione del bosco sono pari a 42.525 ettari (Fig. 8), per un totale di circa 8.5 milioni di m<sup>3</sup> di legname a terra. Nei 494 Comuni i danni hanno complessivamente interessato circa il 3% della superficie forestale, sebbene in alcune aree i danni abbiano rappresentato fino al 47% della superficie forestale comunale (Fig. 9).

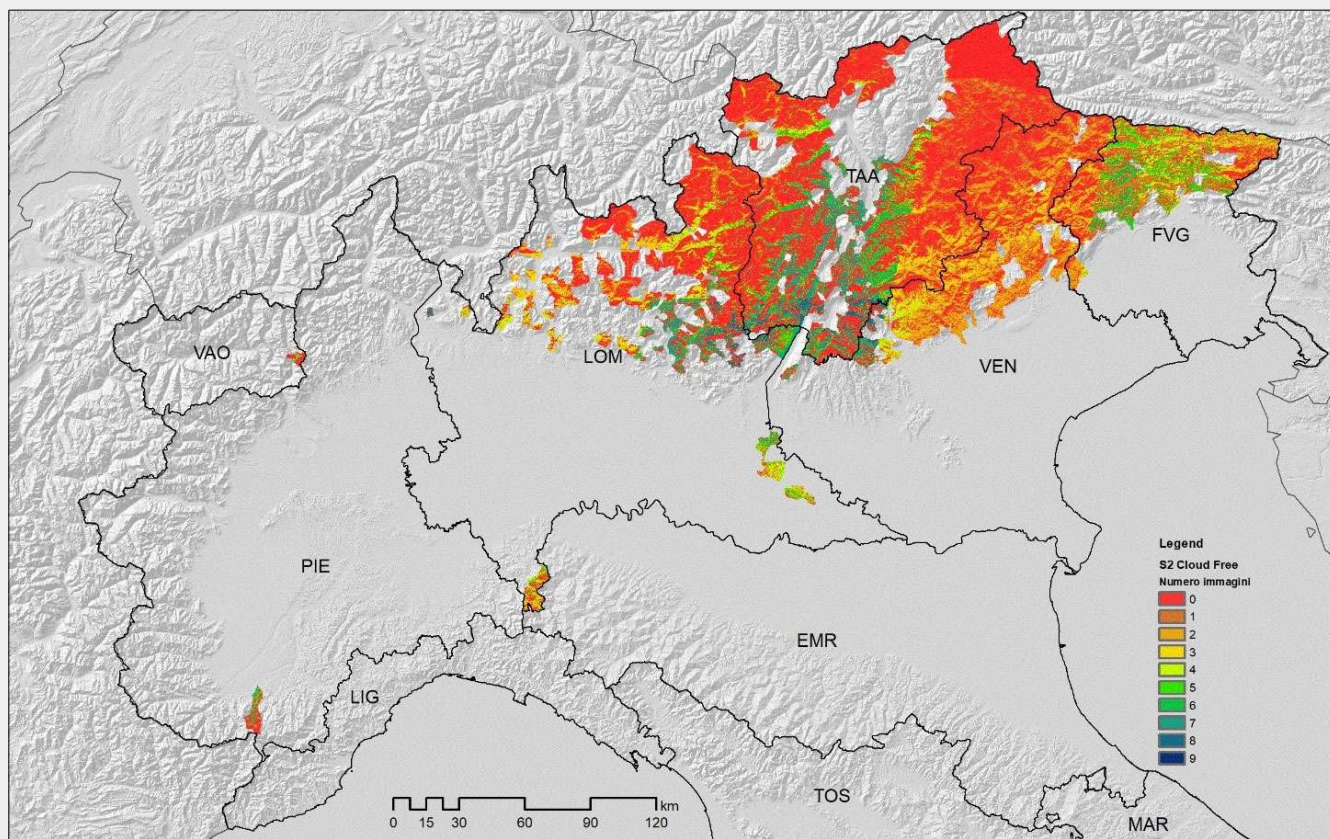
Le Regioni maggiormente interessate dai danni alle foreste della tempesta Vaia sono il Trentino Alto Adige e il Veneto, seguiti da Lombardia, Friuli Venezia Giulia e, margi-

nalmente, Piemonte e Valle d'Aosta (Fig. 10).

**Discussione e conclusioni**

Da questi primi risultati appare evidente come la tempesta Vaia sia l'evento di maggior impatto agli ecosistemi forestali mai registrato fino ad oggi in Italia.

I risultati di questa prima indagine hanno avuto lo scopo di evidenziare le superfici forestali maggiormente danneggiate al fine di pianificare le azioni da intraprendere in



**Fig. 12** - Numero di immagini Sentinel-2 cloud free disponibili dal 29/10/2018 al 29/01/2019 per i Comuni interessati dalla tempesta Vaia.

questa fase emergenziale. È molto probabile che le superfici effettivamente danneggiate (e conseguentemente il legname atterrato) possano essere sensibilmente superiori a questa prima stima per due motivi principali: (1) presenza di foreste danneggiate in zone non cartografate a causa della presenza di copertura nuvolosa o di neve a terra che limita l'uso di immagini satellitari ottiche; (2) presenza di danni diffusi non cartografabili da remoto perché di entità spazialmente ridotta o perché determinanti un danno diffuso al bosco. Anche a seguito dell'esperienza di monitoraggio dei danni da vento verificatasi in Toscana nel 2015 (Chirici et al. 2016), è dunque molto probabile che la stima finale dei danni possa essere complessivamente superiore rispetto a quella fin qui quantificata.

Da evidenziare come le immagini *Sentinel-2* costituiscano potenzialmente un ottimo supporto per l'individuazione delle aree danneggiate; la loro operatività è stata però fortemente limitata dalla presenza di ombre e neve a terra, oltre che dalla copertura nuvolosa verificatasi nelle settimane successive all'evento: oltre il 50% della superficie dei Comuni interessati risultava alla fine di Gennaio, cioè a quattro mesi dall'evento, ancora privo di un'immagine libera da nuvole (Fig. 11, Fig. 12).

Probabilmente le immagini *Sentinel-2*, così come ogni altra immagine ottica, permetteranno una migliore ricognizione delle aree danneggiate a partire dalla primavera; con il diradarsi della copertura nuvolosa e lo scioglimento della neve, sarà possibile osservare l'andamento differenziato della ripresa vegetativa tra soprassuoli danneggiati e non danneggiati. Da notare che in queste condizioni anche le immagini a microonde, quali quelle del satellite *Sentinel-1*, potranno essere particolarmente utili ed efficaci in quanto non sono occluse dalla copertura nuvolosa e non dipendono dall'illuminazione della scena, per cui possono essere particolarmente efficaci nella mappatura degli schianti da vento (Rüetschi et al. 2019).

In ogni caso per una precisa e completa valutazione dei danni alle foreste causate dalla tempesta Vaia si raccomanda l'acquisizione di un nuovo dato da *Airborne Laser Scanning (ALS)* o per via fotogrammetrica per la ricostruzione tridimensionale dei soprassuoli e, ove disponibili

analoghi dati pregressi, il confronto diacronico con la situazione pre-evento. Solo in questo modo si potrà arrivare a una precisa valutazione dei danni, base irrinunciabile per la definizione delle più idonee attività di intervento e programmazione forestale per la ricostituzione boschiva (Confederazione Svizzera 2008, Borghetti 2019).

### Ringraziamenti

Si ringraziano tutti gli operatori degli Enti Territoriali e degli istituti di ricerca coinvolti nell'acquisizione dei dati a terra o da varie piattaforme di telerilevamento.

In particolare si ringrazia per le informazioni di campo e per i dati forniti Flavio Vertui e Jean-Claude Haudemand (Regione Autonoma Valle d'Aosta), Riccardo Lussignoli (Parco Naturale Alpi Marittime) e Diego Noveri (Carabinieri Forestali).

### Bibliografia

- Borghetti M (2019). Dopo la tempesta, i piani dell'uomo e la ricostituzione della foresta. *Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 16: 1-2. - doi: [10.3832/efor0071-016](https://doi.org/10.3832/efor0071-016)
- Chirici G, Botalico F, Giannetti F, Rossi P, Del Perugia B, Travaglioli D, Nocentini S, Marchi E, Foderi C, Fioravanti M, Fattorini L, Guariglia A, Ciancio O, Bottai L, Corona P, Gozzini B (2016). Stima dei danni da vento ai soprassuoli forestali in regione toscana a seguito dell'evento del 5 marzo 2015. *L'Italia Forestale e Montana* 71 (4): 197-213. - doi: [10.4129/ifm.2016.4.02](https://doi.org/10.4129/ifm.2016.4.02)
- Confederazione Svizzera (2008). Manuale relativo ai danni da tempesta. Aiuto all'esecuzione per far fronte ai danni alle foreste provocati da tempeste d'importanza nazionale. Berna, Svizzera, pp. 113.
- Gardiner B, Schuck A, Schelhaas MJ, Orazio C, Blennow K, Nicoll B (2013). Living with Storm Damage to Forests. European Forest Institute, Jorssuu, Finland, pp. 133. [online] URL: [http://www.efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/efi\\_wsctu3\\_2013.pdf](http://www.efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/efi_wsctu3_2013.pdf)
- Motta R, Ascoli D, Corona P, Marchetti M, Vacchiano G (2018). Selvicoltura e schianti da vento. Il caso della "tempesta Vaia". *Forest@* 15: 94-98. - doi: [10.3832/efor2990-015](https://doi.org/10.3832/efor2990-015)
- Rüetschi M, Small D, Waser LT (2019). Rapid detection of windthrows using Sentinel-1 C-Band SAR data. *Remote Sensing* 11 (2): 115.