

Utilizzo di diversi metodi di telerilevamento per la caratterizzazione del danno da schianti su bosco: esperienza post-tempesta VAIA

Francesco Pirotti (^{ab}), Stefano Schiavon(^a), Stefano Grigolato(^a), Giulio Marchetti (^a), Emanuele Lingua (^a)

(^a) Dipartimento TESAF, Università degli Studi di Padova, Viale dell'Università 16 35020 Legnaro (PD) (*francesco.pirotti, stefano.schiavon, stefano.grigolato, emanuele.lingua*)@unipd.it

(^b) CIRGEO – Centro Interdipartimentale di Ricerca di Geomatica - Università degli Studi di Padova, Viale dell'Università 16 35020 Legnaro (PD).

Sommario

L'informazione primaria richiesta dalle autorità dopo un evento che causa un danno significativo sul territorio è la quantificazione dello stesso e la sua geolocalizzazione. Il telerilevamento fornisce la risposta più evidente per fornire questa informazione in modo semi-automatico in tempi brevi. Come riportato nel seguente lavoro, le complessità sono diverse e richiedono soluzioni non immediate per ottenere un dato puntuale ed affidabile. Nel lavoro presentato si riportano le esperienze in alcune aree di studio identificate dopo i danni riportati dalla tempesta VAIA in aree forestali nel Veneto. Le esperienze riguardano sia l'utilizzo di immagini satellitari per un rilievo estensivo che immagini da drone per una stima più dettagliata.

I sensori del programma Copernicus i.e. il gruppo Sentinel, della European Space Agency, in particolare il Sentinel-1 e Sentinel-2, sono la scelta più ovvia dato il libero accesso, il tempo di ritorno di pochi giorni e la risoluzione spaziale relativamente alta. Le elaborazioni presentano delle sfide significative, ovvero la presenza di atmosfera non libera da nuvole - per quanto riguarda i sensori ottici - o i coni d'ombra che si presentano nelle aree montane; per quanto riguarda i sensori radar la differenza tra bosco danneggiato e bosco non danneggiato non è facilmente identificabile. Nel seguente lavoro vengono presentati e discussi i risultati ottenuti usando diversi metodi.

Introduzione

Nel continente Europeo sono stati registrati eventi meteorologici estremi che hanno causato ingenti danni sia al comparto ambientale sia al comparto urbano. Nel caso della tempesta VAIA però, non si sta parlando di un "semplice" disturbo da vento, ma di una vera e propria catastrofe ambientale. Le prime osservazioni sui disturbi da vento nelle foreste sono scarse. Solo nella seconda metà del XIX secolo il numero di segnalazioni è aumentato, specialmente nei paesi dell'Europa centro-occidentale. Tuttavia, è probabile che le informazioni non siano complete e armonizzate, poiché non esisteva un sistema di monitoraggio Europeo rivolto a tali eventi (Gardiner et al., 2013).

Le ricerche scientifiche stimano che circa lo 0,12% del volume dei popolamenti forestali Europei viene danneggiato ogni anno (media 1950–2010) equivalente a circa 38 milioni di m^3 $anno^{-1}$ (Gardiner et al., 2013). Il danno alle foreste è dovuto ad una moltitudine di disturbi. Per quanto riguarda i danni abiotici, il vento è il più importante. È il responsabile di circa il 51% di tutti i danni registrati, seguono incendi con il 16%, neve 4% e altri danni abiotici con il 6%. Il danno biotico aggiunge il 17% ed è principalmente causato da scarabei di corteccia (scolitidi). Il restante 6% è costituito da combinazioni di danni che non possono essere direttamente contabilizzati (Gardiner et al., 2013) – vedi figura 1.

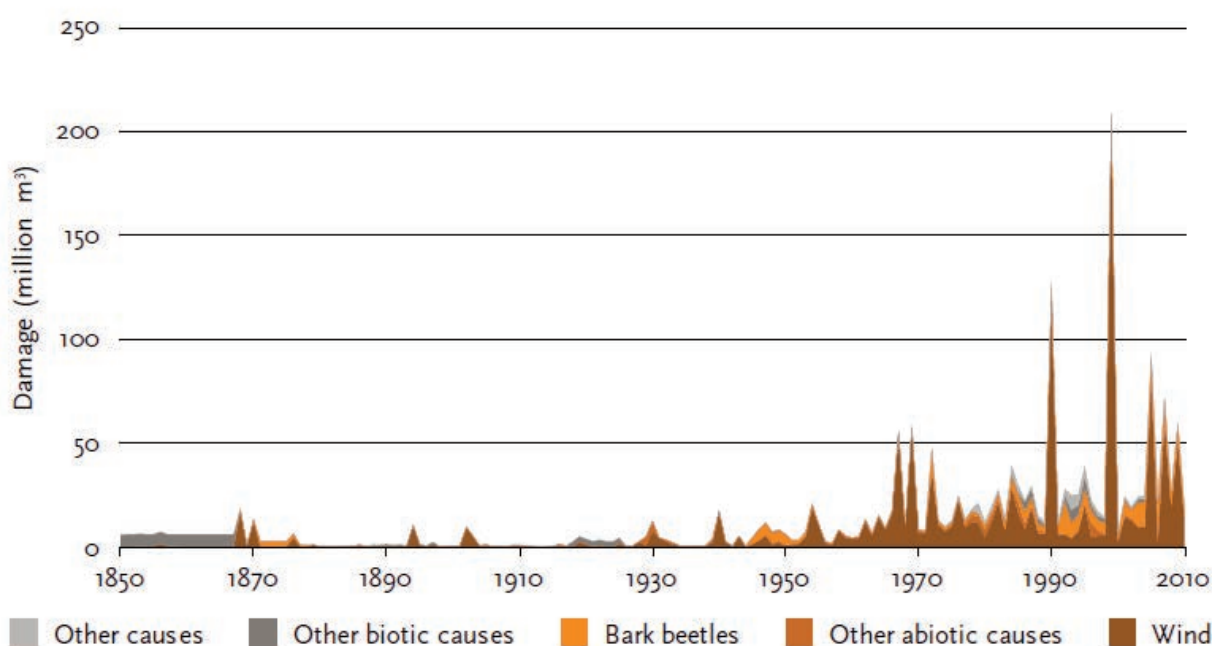


Figura 1 - Danni totali verificatisi nelle foreste europee a causa di diversi disturbi. La categoria "altre cause" comprende danni antropici, cause non identificate e cause miste; modificato da Fonte: (Gardiner et al., 2013).

In figura 2 sono rappresentate in un'unica mappa molte tempeste che hanno causato ingenti danni alla copertura forestale, dal 1950 al 2009. Nel periodo compreso tra il 25 gennaio e il 2 marzo 1990, vasta parte dell'Europa ha subito otto cicloni invernali extratropicali, fenomeno denominato "Vivian", con velocità del vento superiore a livello 12 della scala di Beaufort. E' dunque chiaro che in Europa, in tempi relativamente recenti, si sono verificati vari eventi estremi legati a tempeste e che quasi tutti hanno portato un livello di distruzione del comparto forestale superiore rispetto a VAIA.

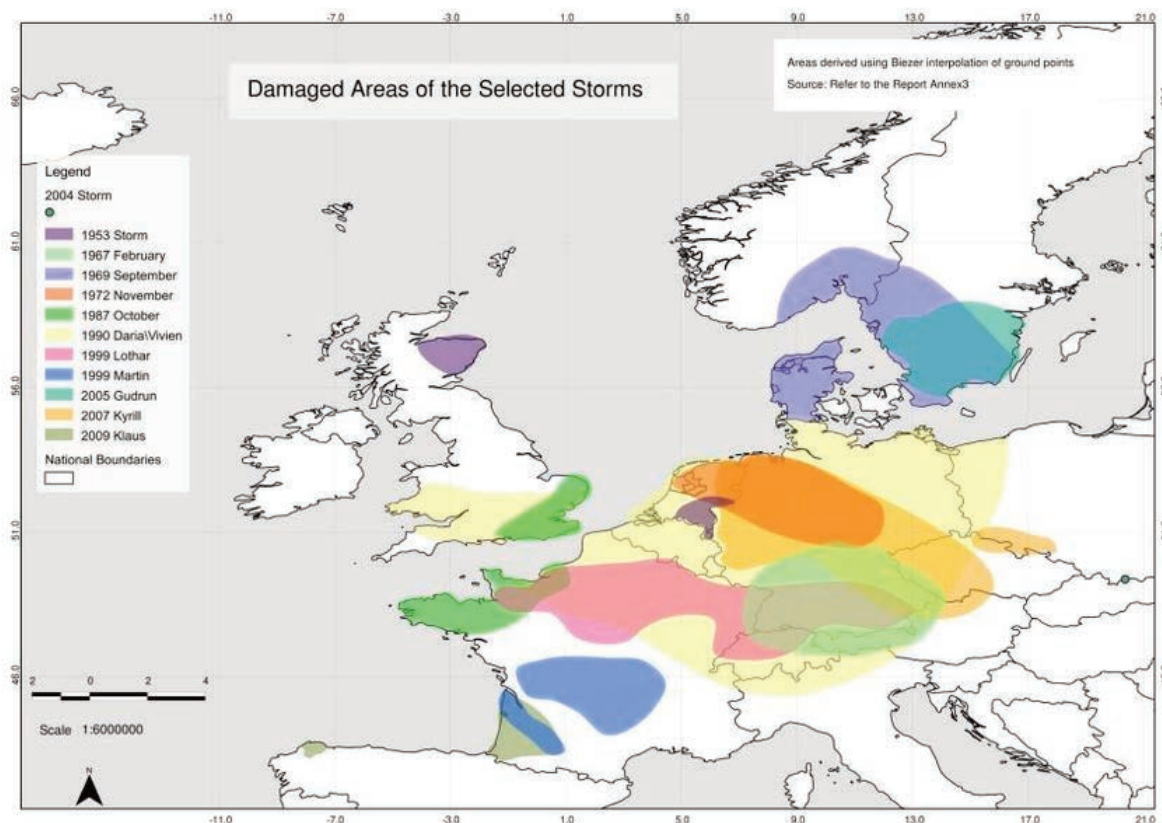


Figura 2 - Zone stimate in Europa colpite da grandi temporali (Fonte: Gardiner et al., 2010).

Come si può vedere in figura 2 sopra, la zona alpina italiana è stata solamente sfiorata da due eventi: uno nel 1967 e uno nel 1990 (Vivian). L'Italia è dunque stata relativamente al sicuro da eventi di tale intensità e dimensioni. Anche per questi motivi, la tempesta VAIA è stato un evento per il quale non c'erano strutture già testate, sia organizzative che logistiche, per una risposta concertata e organizzata. Le organizzazioni addette alla gestione del territorio e la popolazione si è dunque trovata a dover affrontare la sfida complessa di rispondere all'evento mettendo in programma decisioni importanti in poco tempo.

Tabella 1 - Principali tempeste avvenute in Europa negli ultimi 30 anni.

Storm	Anno	m³ x10³ (danno)
Viviane	1990	60
Lothar & Martin	1999	240
Gudrun	2005	75
Kyrill	2007	66
Klaus	2009	47
Vaia	2018	~8.5

La tempesta VAIA

Tra il 27 ed il 30 ottobre 2018, oltre ad intense piogge, i monti del triveneto sono stati interessati da venti molto forti ad oltre 120 km h⁻¹, con un picco addirittura di 196 km h⁻¹ (Tabella 2) misurato dalla stazione ARPAV del Monte Cesen (TV) a quota 1552 m s.l.m. Il forte vento non ha generato la classica tromba d'aria, che normalmente agisce in modo piuttosto localizzato, ma

un'estesa azione della tempesta che ha colpito ampie superfici (vedi Figura 3).

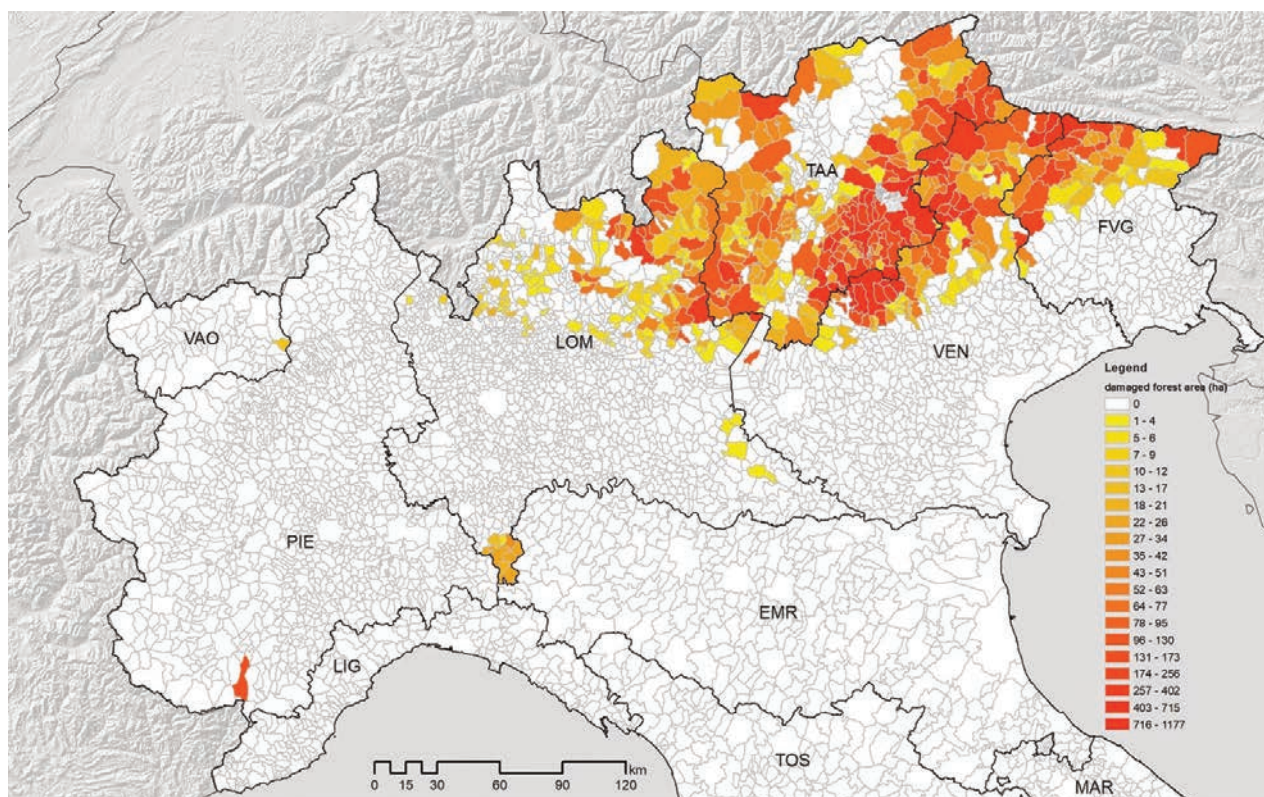


Figura 3 1- Estensione dei danni causati da Vaia nel Nord-Est Italia (Chirici et al. 2019).

Si è trattato di una profonda depressione transitata nelle sue massime intensità il giorno 29 sulle Alpi occidentali, raggiungendo un minimo barico eccezionale. La pressione atmosferica è arrivata a ben 978.7 hPa, valore tra i più bassi mai registrato; questo ha permesso la generazione di una potente "forza traente" capace, a sua volta, di originare un vento di scirocco sull'Italia nord-orientale e di libeccio sulle coste tirreniche, di notevole intensità. Le persistenti e intense piogge e il fortissimo vento caldo di scirocco hanno avuto un effetto devastante sulle aree forestali, probabilmente amplificato anche dall'orografia, che ha favorito in molti casi l'innesco di venti di versante. Questo fenomeno avviene quando la massa d'aria, spinta violentemente sui rilievi montuosi, accelera ulteriormente (effetto Venturi), come l'acqua di un torrente che improvvisamente supera dei massi presenti in alveo (Durrant D. R., 2002).

La suscettibilità allo schianto degli alberi dipende da diversi fattori, oltre che dalla velocità del vento anche gestionali, ma per quanto sia robusto l'ancoraggio offerto dall'apparato radicale, esiste comunque un limite di velocità (circa 150 km/h) oltre il quale il vento, pur non sradicando l'albero, ha un'alta probabilità di spezzarlo (Virost E., 2016).

Tabella 2 - Velocità massime del vento registrate il 29.10.2018 in alcune località del triveneto. Fonte: ARPAV, ARPA FVG, Meteo Trentino, Meteo Alto Adige. Tratto da (Carraro V. 2019).

Stazione	Prov.	Quota m s.l.m	Ora	Direzione	Velocità Km h⁻¹
Monte Cesen	TV	1552	18:23	SSE	192.2
Monte Verena	VI	2002	20:01	SE	166.7
Monte Zoncolan	UD	1705	n.d	SE	139
Monte Matajur	UD	1630	n.d	S	131
Monte Avena Feltre	BL	1415	18:37	SE	126.4
Dobbico Cima Piatta	BZ	2906	18	SE	125
Cansiglio	TV	1022	21:06	SSO	121.3
Bondone	TN	1490	n.d	SE	121
Perarolo di Cadore	BL	525	21:17	NNE	121
Pian delle Fugazze	TN	1170	n.d	SE	119
Rifugio la Guardia	VI	1130	18:05	E	114.1
Caprile	BL	1000	21:20	NO	113.8
Piana di Marcesina	VI	1310	18:07	SE	113

Materiale e metodi

In questo lavoro si analizzano diverse possibili soluzioni per identificare e caratterizzare le aree che hanno subito danni. Per prima cosa sono state identificate diverse aree dove il danno è stato quantificato empiricamente da esperti. Queste aree hanno permesso di stabilire l'accuratezza dei metodi testati.

I metodi che si vogliono valutare sono i seguenti:

- ∞ Sensori passivi a media risoluzione (Sentinel-2 e Landsat-8)
- ∞ Sensori passivi a risoluzione medio-alta (Sentinel-3 e MODIS)
- ∞ Sensori attivi radar (Sentinel-1 e Cosmo SkyMed)

In questa fase si riportano i risultati dei sensori ottici a media risoluzione ed alcuni risultati preliminari di analisi dei dati Sentinel-1. I metodi utilizzati sono quelli dell'utilizzo di classici indici vegetazionali per identificare dove c'è stato un cambiamento di valore pre e post evento, per quanto riguarda i sensori nell'ottico. I metodi utilizzati invece per i sensori attivi, ovvero il Sentinel-1 in questo caso specifico, fanno uso dell'intensità di "backscatter" del segnale. I valori di questa intensità rappresentano la capacità degli oggetti di riflettere il segnale a microonde emesso dal sensore. Il Sentinel-1 porta dei sensori che utilizzano la banda C, ovvero alcuni studi fatti recentemente presentano metodi promettenti anche se non immediati e che richiedono di creare immagini composte usando il metodo del "local resolution weighting (LRW)" usando diverse immagini pre e post evento (Rüetschi et al., 2019). Il risultato con questo metodo consente di identificare un'area minima danneggiata di 0.5 ha con valori di accuratezza di 0.88 e 0.85 rispettivamente per l'accuratezza sui falsi negativi (errori di omissione) e quella sui falsi positivi (errori di commissione). Nel nostro caso è stato utilizzato un metodo più semplice,

basato su soglie applicate alla differenza di bande VH dopo il pre-processamento indicato in figura sotto.

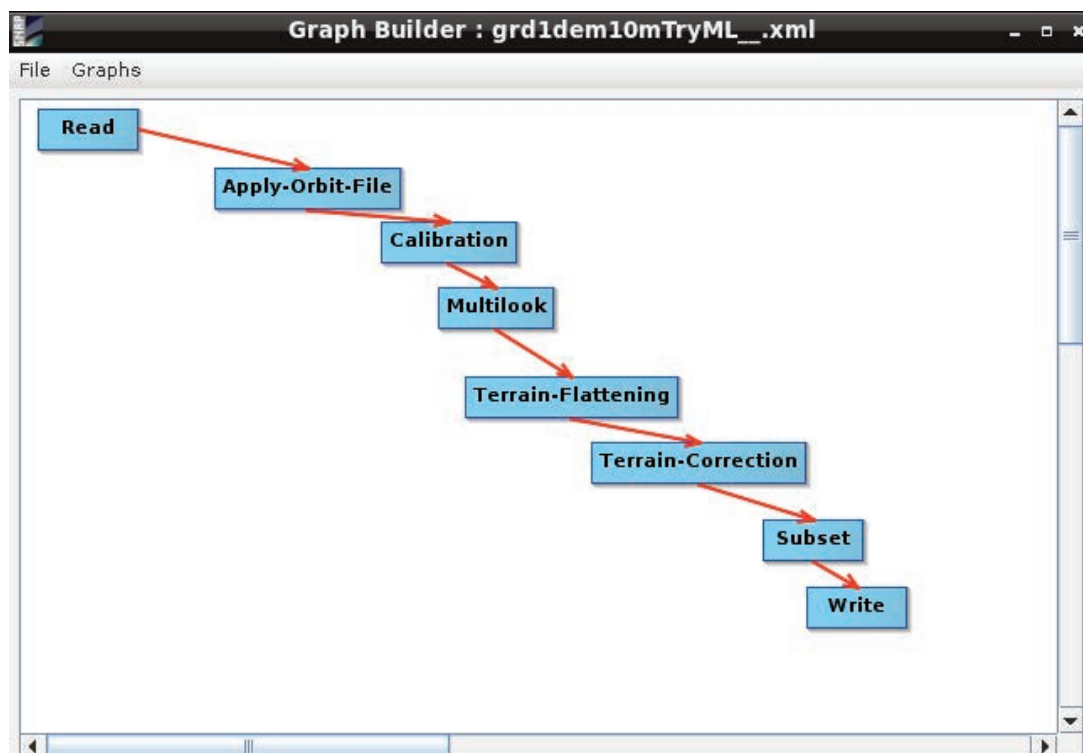


Figura 4 – Schema di lavoro per la parte di pre-processamento dell'immagine Sentinel-1

Risultati e discussione

La questione della copertura nuvolosa è stata la maggior causa di difficoltà per quanto riguarda una veloce identificazione delle aree danneggiate nei giorni immediatamente successivi all'evento mediante l'uso di sensori passivi. Non è stato possibile ottenere immagini dove le aree di interesse fossero sufficientemente prive di nuvole. Anche mediante immagini composte da più ritorni, la presenza di nuvole era sempre preponderante per diversi mesi. In futuro potrà essere più promettente l'inclusione di un approccio diverso, usando un satellite a risoluzione spaziale minore ma tempi di ritorno più brevi, come il Sentinel-3, che ogni 2 giorni circa riprende la stessa area. In figura 5 sotto sono visibili i risultati ottenuti con l'utilizzo di soglie sulla differenza dei valori del *normalized difference vegetation index* (NDVI). Questo indice, ben noto in letteratura, è sensibile alla capacità fotosintetica della vegetazione sfruttando la zona red-edge dello spettro elettromagnetico – l'area tra il rosso e l'infrarosso vicino (*near infrared* – NIR). I valori di NDVI dopo uno schianto saranno sicuramente più bassi dato il danno alla vegetazione ed all'esposizione di tronchi e rami invece della tipica chioma dell'albero, strutturata per intercettare i raggi del sole e assorbire nell'area dello spettro elettromagnetico corrispondente al blu ed al rosso.

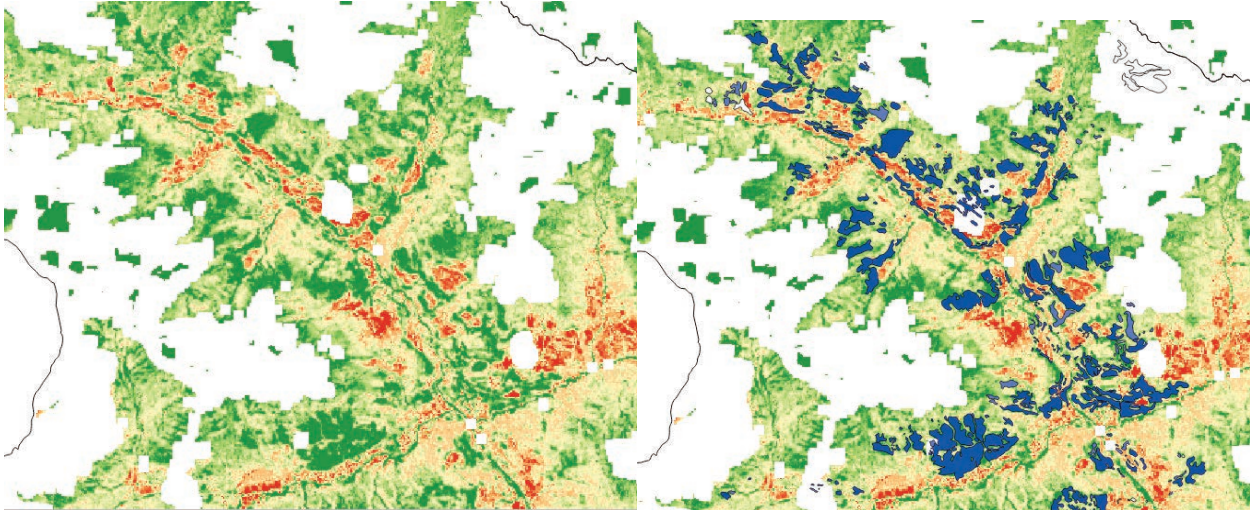


Figura 5 – In verde le zone che si stima abbiano avuto più danni. A destra dei poligoni di aree identificate come effettivamente danneggiate.

Per quanto riguarda il sensore Sentinel-1, i risultati del metodo applicato non sono stati significativi. Come si evince dall'immagine seguente, le differenze di backscatter (σ_0) sono molto sensibili all'angolo di incidenza con il terreno. Questo nonostante siano state il più possibile compensate con le operazioni di pre-processamento indicate nella sezione precedente.

Conclusioni

L'utilizzo del telerilevamento è sicuramente uno strumento valido per una stima semi-automatica dei danni da schianti da vento in ambito forestale. Nonostante tutto va marcata la forte dipendenza con le condizioni atmosferiche dell'utilizzo di sensori che registrano il visibile. Va dunque applicato uno schema di lavoro che dia più peso all'integrazione di sensori diversi in modo da poter sfruttare il complessivo tempo di ritorno che sicuramente può aiutare a fornire un'immagine composta dal segnale di diversi sensori con caratteristiche diverse, ma comunque completa. Per quanto riguarda i sensori attivi, le prime analisi indicano che le complessità orografiche delle aree colpite incidono significativamente e dunque non consentono l'utilizzo del Sentinel-1 per questi scopi. Nonostante tutto vanno indagati ulteriormente diverse soluzioni legate a sensori attivi, su bande diverse, e con metodi più complessi, in quanto il vantaggio di non dipendere dalle condizioni atmosferiche, nelle situazioni post-evento ed in emergenza, presentano sicuramente un vantaggio non trascurabile.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Agenzia Veneta per i Pagamenti in Agricoltura (AVEPA) e le Unità Organizzative forestali della Regione Veneto per la disponibilità all'accesso dei dati vettoriali che identificano le aree boschive danneggiate.

Riferimenti bibliografici

Carraro V. (2018) "La furia del vento che ha danneggiato le foreste dell'arco alpino", Centro Studi per l'Ambiente Alpino L. Susmel
<http://intra.tesaf.unipd.it/cms/Sanvito/doc/CicloneVaia.pdf>

Chirici C., Giannetti, G., Travaglini T., Nocentini N., Francini F., D'Amico D., Calvo C., Fasolini F., Broll B., Maistrelli M., Tonner, T., Pietrogiovanna P., Oberlechner O., Andriol, A., Comino, C., Faidiga, F., Pasutto, P., Carraro, C., Zen, Z., Contarin, C., Alfonsi A., Wolynski W., Zanin Z., Gagliano G., Tonolli T., Zoanetti Z., Tonetti T., Cavalli C., Lingua L., Pirotti P., Grigolato G., Bellingeri B., Zini Z., Gianelle G., Dalponte D., Pompei P., Stefani S., Motta M., Morresi M., Garbarino G., Alberti A., Valdevit V., Tomelleri T., Torresani T., Tonon T., Marchi M., Corona C., Marchetti M. (2019), "Stima dei danni della tempesta "Vaia" alle foreste in Italia", *Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale*, 16(1), 3. <https://doi.org/10.3832/EFOR3070-016>

Durrán D. R. (2003). DOWNSLOPE WINDS. In *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227090-8/00288-8>

D'Este M., Pirotti F. (2017), "Stima della proporzione di specie forestali decidue sfruttando NDVI", in: *XXI Conferenza Nazionale ASITA*. Salerno, 21-23.

Gardiner B., Blennow K., Carnus J., Fleischer P., Ingemarson F., Landmann G., ... Usbeck T. (2010), "Destructive Storms in European Forests : Past and Forthcoming Impacts." *Final Report to European Commission - DG Environment* (07.0307/2009/SI2.540092/ETU/B.1).

Gardiner B., Schuck A., Schelhaas M.-J., Orazio C., Blennow K., Nicoll B. (2013) "Living with storm damage to forests." In *Living with storm damage to forests. What science Can Tell Us* 3. <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0111-0>

Schelhaas M.-J., Schuck A., Varis S. (2003), Database on forest disturbances in europe – technical description. Database.

Virost E., Ponomarenko A., Dehandschoewercker Quéré D., Clanet C. (2016), "Critical wind speed at which trees break". *Physical Review E*, 93.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.93.023001>

Rüetschi M., Small D., Waser L. (2019), "Rapid Detection of Windthrows Using Sentinel-1 C-Band SAR Data". *Remote Sensing*, 11, 115.
<https://doi.org/10.3390/rs11020115>