



Monitoring of natural regeneration of forest species in Vallombrosa forest stands damaged by wind storms

Monitoraggio della rinnovazione naturale di specie arboree nella foresta di Vallombrosa in aree disturbate dal vento

Livia Passarino ^(a) - Giovanni Galipò ^(b) - Davide Travaglini ^{(a)(*)}

^(a) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze.

^(b) Reparto Carabinieri Biodiversità di Vallombrosa.

^(*) Corresponding Author; davide.travaglini@unifi.it

Abstract: We studied the natural regeneration of forest species in the Vallombrosa Forest in areas damaged by the wind storm that hit the Tuscany Region in 2015. The study was carried out in four areas that previously housed silver fir and spruce stands. The field work was carried out within transects arranged on the edges and within areas damaged by the wind storm. Five years after the storm, we found natural regeneration of 11 different forest tree species. Silver fir was the most frequent species, associated with other conifers such as Douglas fir and Calabrian pine, and deciduous species such as beech, chestnut and Turkey oak. The density of the regeneration ranged between 0.68 and 1.13 plants/m², with an average value of 0.83 plants/m². For silver fir, the Magini regeneration index was higher on the edges. The results of this forest monitoring experience that can help increase our knowledge on the regeneration processes in forest areas disturbed by extreme events such as wind storms.

Key words: climate change; natural disturbances; wind damages; forest recovery.

Citation: Passarino L., Galipò G., Travaglini D., 2022 - *Monitoraggio della rinnovazione naturale di specie arboree nella foresta di Vallombrosa in aree disturbate dal vento*. L'Italia Forestale e Montana, 77 (2): 71-84. <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1707>

Received: 30/01/2022 **Revised version:** 14/06/2022 **Published online:** 22/06/2022

1. INTRODUZIONE

Il vento è un importante fattore ecologico che influenza lo sviluppo e la crescita degli alberi e la diversità degli ecosistemi forestali (Ennos, 1997; Mitchell, 2013), i cui effetti si manifestano a diverse scale, dal paesaggio al popolamento, fino al singolo albero (Ulanova, 2000; Lugo, 2008).

L'influenza del vento nei confronti degli alberi e delle foreste dipende da molteplici fattori, quali le condizioni climatiche, le condizioni stazionali, la topografia e la struttura del soprassuolo (Schindler *et al.*, 2012). Venti di bassa intensità provocano impatti minimi alle foreste, ma quando le raffiche di vento raggiungono intensità superiori a circa 150 km/h possono causare lo sradicamento o

lo stroncamento di numerosi alberi e la scopertura del terreno su ampie superfici (Gardiner *et al.*, 2013; Gardiner *et al.*, 2016; Motta *et al.*, 2018). In occasione di eventi così estremi, l'azione del vento viene percepita da molti come un danno alla foresta, perché all'improvviso sono compromesse le sue funzioni economiche, ambientali, sociali e culturali.

Il vento è il principale fattore di disturbo delle foreste europee e la superficie forestale danneggiata dal vento in Europa è aumentata tra il 2000 e il 2015 (Forest Europe, 2020).

In Italia, nell'ultimo decennio si sono verificate tempeste di vento di intensità eccezionale che hanno provocato danni alle foreste in varie regioni della penisola.

Il più importante disturbo da vento avvenuto in tale periodo è la tempesta VAIA, che nel mese di ottobre del 2018 ha abbattuto ampie porzioni di foresta nelle regioni del nord, soprattutto in Lombardia, Veneto, Trentino-Alto Adige e Friuli-Venezia Giulia (Motta *et al.*, 2018). Le raffiche di vento hanno raggiunto punte di oltre 200 km/h ed hanno provocato danni su circa 42.525 ettari di foresta, per un totale di circa 8,5 milioni di m³ di legname abbattuto (Chirici *et al.*, 2019). La tempesta VAIA ha interessato soprassuoli forestali differenti per composizione specifica e struttura (Motta *et al.*, 2018), rappresentati per lo più da peccete, piceo-abieteti e piceo-abieto-faggeti (Chirici *et al.*, 2019).

In Toscana, nell'ultimo decennio si sono verificate due tempeste di vento di intensità eccezionale. Nel mese di novembre del 2013 raffiche di burrasca forte hanno raggiunto punte fino 130 km/h nelle aree montane e allo sbocco delle valli (Consorzio LaMMA, 2013). L'evento di maggiore intensità si è però verificato nel mese di marzo del 2015, quando le raffiche di vento hanno raggiunto in alcune località toscane picchi superiori a 180 km/h (Gozzini, 2016). La tempesta del 2015 ha causato la

caduta di alberi su una superficie forestale di circa 47.121 ettari e il crollo totale o quasi del soprassuolo arboreo su una superficie di circa 2.017 ettari, per un totale di circa 332 mila m³ di legname abbattuto. I danni maggiori si sono verificati nei soprassuoli artificiali di conifere: abete bianco (*Abies alba* Mill.), pino nero (*Pinus nigra* J.F. Arn.), pino marittimo (*Pinus pinaster* Ait.), pino domestico (*Pinus piena* L.) (Chirici *et al.*, 2016).

Nella Riserva Naturale Statale Biogenetica di Vallombrosa sono stati registrati danni alla foresta nel 2013 e nel 2015. Nel 2013 i danni hanno interessato una superficie complessiva di circa 565 ettari (44% della superficie totale della foresta), ma sono risultati per lo più di intensità bassa o moderata (91% della superficie danneggiata) (Bottalico *et al.*, 2015). Nel 2015 i danni sono stati superiori rispetto al 2013, ed è stato stimato che la superficie della foresta interessata dai danni sia stata di circa 230 ettari, per un totale di circa 43 mila m³ di legname abbattuto (Chirici *et al.*, 2016). Tra il 2014 e il 2019 è stato rimosso gran parte del legname caduto, impiegando differenti livelli di meccanizzazione delle operazioni in funzione delle caratteristiche stagionali e della viabilità disponibile nei lotti di intervento (basso: motosega, trattore e verricello; intermedio: motosega, *skidder* e *forwarder*; elevato: *harvester*, *forwarder*, gru a cavo e processore all'imposto). Dai dati forniti dal Reparto Carabinieri Biodiversità di Vallombrosa, che ha misurato e classificato il materiale esboscato dopo le tempeste del 2013 e del 2015, la quantità di materiale prelevato ammonta a 53.087 m³ (Tabella 1). Per quanto riguarda la ricostituzione della copertura forestale nelle aree disturbate dal vento è stato scelto di lasciar fare alla natura e di monitorare le dinamiche per prevenire il dissesto idrogeologico e la diffusione di patogeni (Tagliaferri, 2019).

Le foreste sono ecosistemi resilienti che col passare del tempo sono in grado di ricostituire

Tabella 1 - Quantitativo del materiale esboscato dalla foresta di Vallombrosa dopo i danni da vento del 2013 e del 2015 (fonte: Reparto Carabinieri Biodiversità di Vallombrosa).

Specie	Tondame (m ³)	Stangame (m ³)	Legna da ardere (m ³)	Macero (m ³)	Cippato (m ³)	Totale (m ³)
Abete bianco, A. rosso, douglasia	26.786,38	8.099,87	0,00	0,00	0,00	34.886,25
Pino laricio	229,26	898,27	0,00	0,00	0,00	1.127,53
Latifoglie	452,50	99,23	867,36	0,00	0,00	1.419,09
Conifere	0,00	0,00	0,00	8.511,41	0,00	8.511,41
Latifoglie e conifere	0,00	0,00	0,00	0,00	7.142,80	7.142,80
<i>Totale</i>	<i>27.468,14</i>	<i>9.097,37</i>	<i>867,36</i>	<i>8.511,41</i>	<i>7.142,80</i>	<i>53.087,08</i>

la copertura vegetale nelle aree danneggiate dal vento (UFAM, 2008). La rinnovazione naturale è un processo fondamentale per la ricostruzione del soprassuolo forestale nelle aree disturbate e dipende da vari fattori tra cui si segnala: l'intensità del danno e l'estensione della superficie danneggiata, le condizioni micro-climatiche, pedologiche e geomorfologiche, l'interazione con agenti di disturbo, la concorrenza con le specie erbacee e arbustive. Monitorare le dinamiche della rinnovazione naturale nelle aree compromesse dal vento è importante per comprendere tempi e modi del processo di ricolonizzazione e per approfondire le conoscenze sulle complesse interazioni tra i fattori in gioco, ciò anche per sviluppare le competenze necessarie per modulare e adattare le scelte colturali alle differenti situazioni (Bottalico *et al.*, 2016; Borghetti, 2019).

A Vallombrosa sono stati condotti studi sulla rinnovazione forestale fin dalla metà degli anni Sessanta del secolo scorso. Particolare attenzione è stata dedicata alla rinnovazione di abete bianco. Le prime indagini riguardarono semine sperimentali e piantagioni in aree sottoposte a taglio raso e a taglio di sementazione con l'obiettivo di esaminare i fattori ecologici di maggior peso nell'insediamento e nello sviluppo della rinnovazione in bosco (Magi-

ni, 1967; Giannini, 1969; Paci, 1980). Altre indagini sono state condotte a Vallombrosa e in altre località toscane (Maresca, Abetone, Casentino) per esaminare le dinamiche di insediamento e affermazione della rinnovazione naturale di abete bianco in soprassuoli puri di abete, peccio, douglasia (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), faggio (*Fagus sylvatica* L.), castagno (*Castanea sativa* Mill.) e in boschi misti di abete ed altre specie (Giannini, 1973; Ignesti e Paci, 1989; Mazzini e Paci, 1991; Bianchi *et al.*, 2006; Bottalico *et al.*, 2014), anche allo scopo di valutare il ruolo degli ungulati selvatici sulle dinamiche della rinnovazione, sia naturale (Bianchi *et al.*, 2007) sia artificiale (Fiorentini *et al.*, 2015).

Indagini sulla rinnovazione naturale dei boschi puri e misti di abete bianco dell'Appennino centro-meridionale sono stati condotti da Borghetti e Giannini (1984). Albanesi *et al.* (2008), hanno esaminato gli effetti sulle dinamiche della rinnovazione naturale determinati da tagli raso a buche di differente dimensione finalizzati alla rinaturalizzazione di soprassuoli artificiali di abete bianco in Calabria. Gli effetti del regime luminoso sulla rinnovazione naturale di abete bianco in Calabria sono stati descritti da Mercurio e Mercurio (2008).

Sulla base delle nostre conoscenze, allo stato attuale non ci sono studi che riportino i risultati di indagini finalizzate a quantificare la rinnovazione naturale nei soprassuoli disturbati dal vento dopo le tempeste che hanno colpito il nostro paese nell'ultimo decennio.

La finalità di questo lavoro è quello di presentare i risultati del monitoraggio effettuato nella foresta di Vallombrosa in soprassuoli di abete bianco e abete rosso (*Picea abies* (L.) H. Karst.) danneggiati dalla tempesta di vento del 2015, con l'obiettivo di esaminare la composizione specifica e la densità della rinnovazione naturale a distanza di 5 anni dall'evento di disturbo.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Area di studio

La Riserva Naturale Statale Biogenetica di Vallombrosa (Reggello, Firenze) si estende per circa 1.273 ettari a quote comprese tra 470 e 1.440 m s.l.m. La temperatura media annua riferita al periodo 1980-2002 è di 9,7°C, la media delle precipitazioni annue è di 1.337 mm (Ciancio, 2009). La foresta è situata su

rocce sedimentarie della formazione del Macigno del Chianti; i suoli prevalenti sono bruno acidi. Le principali formazioni forestali sono rappresentate da abetine di abete bianco, soprassuoli transitori di faggio, pinete di pino laricio (*Pinus nigra* J.F. Arn. *spp. laricio* (Poiret) Maire), boschi misti di latifoglie decidue, boschi di castagno e soprassuoli di douglasia (Ciancio, 2009).

I rilievi sono stati condotti in quattro aree danneggiate dalla tempesta di vento del 2015 (Figura 1). Le aree sono ubicate nelle località Casa al Dono (area 1), Cardinale (area 2), Croce di Goro (area 3) e Croce Rossa (area 4). Tali aree sono state scelte perché rappresentative - per estensione, ubicazione e livello di danno subito - delle diverse situazioni che si sono create nella foresta dopo il disturbo da vento. Le caratteristiche delle aree di studio in termini di estensione, quota ed esposizione sono riportate in Tabella 2. Tutte le aree sono situate nella classe di pendenza 20-40%. Le aree 2 e 4 erano state interessate dalla tempesta di vento che ha colpito la foresta nel 2013, con un livello di danno classificato da moderato a forte (Bottalico *et al.*, 2015). Prima della tempesta di vento del 2015, le aree di studio 2, 3 e 4 erano occu-

Tabella 2 - Caratteristiche delle aree di studio e numero di transect in ciascuna area.

Area	Località	Superficie (ha)	Quota (m)	Esposizione	Anno e sistema di esbosco	Numero di transect		
						Margine	Interno	Totale
1	Casa al Dono	1,0	850	NO	2017, parziale con trattore e verricello	5	1	6
2	Cardinale	0,8	1130	O	2016, parziale con trattore e verricello	8	2	10
3	Croce di Goro	0,5	1020	NO	2015, totale con <i>forwarder</i> e <i>harvester</i>	6	2	8
4	Croce Rossa	10,0	1100	NO	2016, totale con <i>harvester</i> , <i>forwarder</i> e gru a cavo	28	2	30

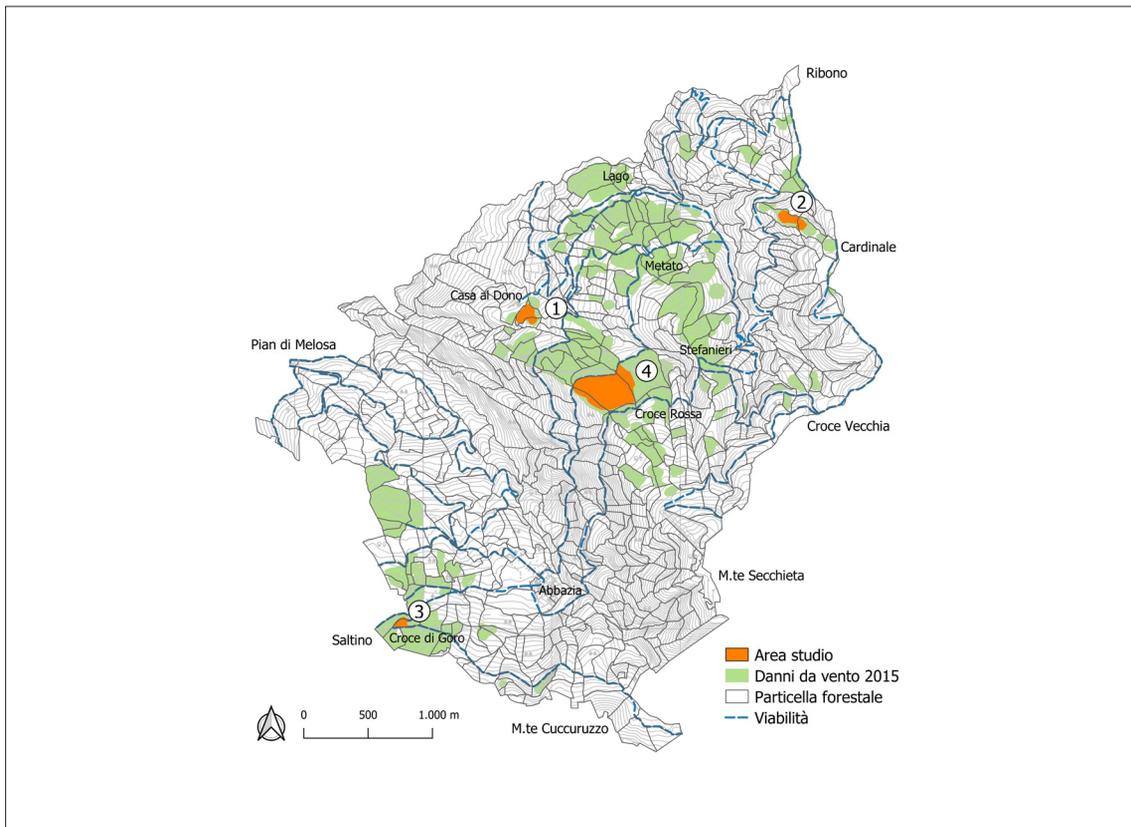


Figura 1 - Aree di studio nella Riserva Naturale Statale Biogenetica di Vallombrosa. Sullo sfondo la distribuzione delle aree danneggiate dal vento nel 2015 (fonte: Chirici *et al.*, 2016).

pate da una fustaia a prevalenza di abete bianco mentre nell'area 1 era presente una fustaia a prevalenza di abete rosso. In tutte le aree era segnalata la presenza di rinnovazione naturale di abete bianco, faggio e altre latifoglie. Inoltre, nelle aree 2, 3 e 4 era segnalata, in alcuni tratti del soprassuolo, la presenza di sottopiantagioni con abete bianco, abete rosso e faggio in stadio di perticaia (Ciancio, 2009). Oggi le aree sono colonizzate soprattutto dalla ginestra dei carbonai (*Cytisus scoparius* (L.) Link) con presenza di alberi singoli o a piccoli gruppi preesistenti lo schianto da vento (Figura 2).

2.2 Rilievi

I rilievi sono stati condotti nel mese di novembre 2020 all'interno di transect distribuiti

sui margini e all'interno delle aree di studio. Sui margini delle aree disturbate dal vento sono stati utilizzati transect di forma rettangolare, di 15 x 1 m, distanziati di almeno 15 m l'uno dall'altro. All'interno delle aree, poiché l'accessibilità era fortemente ostacolata da una folta copertura esercitata dalla ginestra dei carbonai e a tratti dalla presenza del rovo (*Rubus hirtus* Waldast. et Kit.), sono stati utilizzati transect di forma rettangolare di 5 x 1 m, anch'essi distanziati di almeno 15 m l'uno dall'altro, ma in numero minore rispetto a quelli posizionati sui margini. Complessivamente sono stati effettuati 54 transect, 47 lungo il margine e 7 all'interno delle aree danneggiate dal vento. Il numero di transect realizzati in ciascuna area di studio è riportato in Tabella 2.



Figura 2 - Veduta delle aree di studio.

All'interno di ciascun transect è stato eseguito il rilievo della rinnovazione delle specie arboree (piante di altezza ≤ 5 m) (Bianchi *et al.*, 2006) e il rilievo degli alberi preesistenti il danno da vento (piante di altezza > 5 m). Di ciascuna pianta rilevata è stata misurata l'altezza con un'asta graduata, ne è stata annotata la specie, l'origine (gamica o agamica) e la presenza/assenza di danni da fauna ungulata (brucatura e sfregatura).

Inoltre, per fornire una informazione utile dal punto di vista botanico, in ciascuna area di studio è stato effettuato il riconoscimento delle specie erbacee e arbustive presenti sui margini e all'interno delle superfici disturbate dal vento.

2.3 Analisi dei dati

I dati rilevati sono stati elaborati per esaminare i seguenti caratteri della rinnovazione e degli alberi preesistenti i danni da vento:

- composizione specifica;
- origine della rinnovazione calcolata come percentuale di piantine di origine gamica e agamica;

- impatto della fauna ungulata sulla rinnovazione calcolato come percentuale di piantine con presenza di danni (brucature e/o sfregamenti);
- densità espressa come numero di individui a metro quadro;
- indice di rinnovazione (Ir) di Magini (1967) determinato come prodotto della densità a metro quadro della rinnovazione per la sua altezza media espressa in centimetri.

In ciascuna area di studio la densità della rinnovazione è stata determinata sia come valore totale del numero di piantine a metro quadro, sia come valore del numero di piantine a metro quadro ripartite in tre classi di altezza (h) che corrispondono allo stadio di plantula (Classe 1 - $h \leq 0,2$ m), semenzale (Classe 2 - $0,2 \text{ m} < h \leq 1$ m) e rinnovazione affermata (Classe 3 - $1 \text{ m} < h \leq 5$ m) (Barbeito *et al.*, 2008).

L'indice di rinnovazione di Magini è stato calcolato sia considerando tutte le piantine con $h \leq 5$ m, sia considerando solo le piantine con $h < 3$ m per consentire il confronto con i

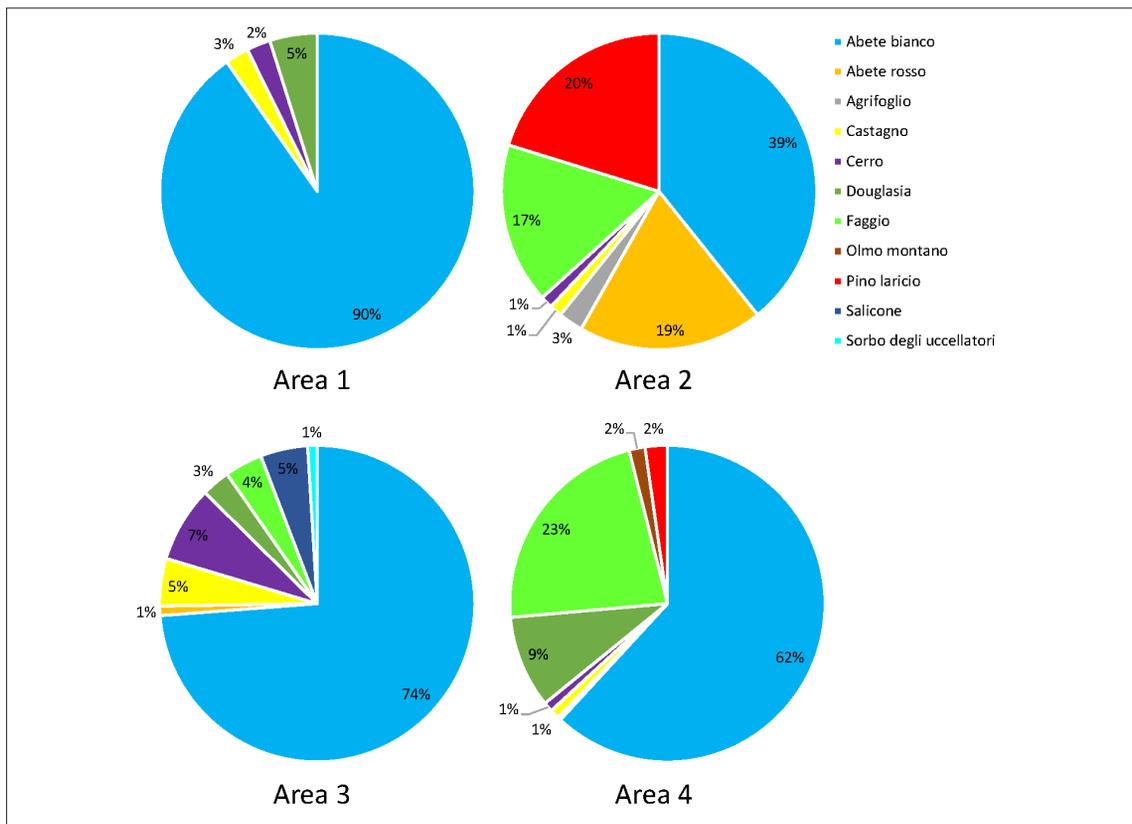


Figura 3 - Frequenza e composizione specifica della rinnovazione nelle aree di studio.

risultati riportati da altri autori (Bianchi *et al.*, 2006).

Inoltre, è stato predisposto l'elenco delle specie erbacee e arbustive presenti sulle superfici danneggiate.

3. RISULTATI

Il numero di specie arboree rilevate nelle aree di studio, considerando sia la rinnovazione ($h \leq 5$ m) sia gli alberi preesistenti lo schianto ($h > 5$ m), è stato complessivamente di 13 specie: abete bianco, abete rosso, acero riccio (*Acer platanoides* L.), agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.), castagno, cerro (*Quercus cerris* L.), douglasia, faggio, olmo montano (*Ulmus glabra* Huds), pino laricio, salicene (*Salix*

caprea L.), sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia* L.) e tiglio (*Tilia platyphyllos* Scop.).

Nel piano di rinnovazione l'abete bianco è risultata la specie più frequente in tutte le aree di studio, con percentuali superiori al 60% del numero totale di piantine rilevate nelle aree 1, 3 e 4. La rinnovazione di faggio è risultata più frequente nelle aree 2 e 4. La rinnovazione di douglasia e pino è piuttosto frequente nelle aree disturbate dal vento nella foresta di Vallombrosa, ed è stata riscontrata soprattutto nelle aree 2 e 4. In tutte le aree è presente la rinnovazione di cerro e castagno (Figura 3).

La rinnovazione di latifoglie è prevalentemente di origine gamica, solo nelle aree 3 e 4 è stata rilevata rinnovazione di origine agamica (faggio e castagno) innescata dai danni

da vento, rispettivamente il 30% e il 44% del numero delle specie decidue.

Nelle aree esaminate la rinnovazione non ha subito danni particolari da parte degli ungulati selvatici. Sfregamenti e brucature sono stati riscontrati solo lungo il margine delle aree e in numero ridotto (tra il 6% e il 9% delle piantine).

La densità della rinnovazione rilevata nei transect posizionati all'interno delle aree di studio presenta valori che oscillano tra 1,40 (area 2) e 2,10 (area 4) piantine/m², con un valore medio di 1,78 piantine/m². Nei transect posizionati sui margini delle aree di studio la densità della rinnovazione oscilla tra 0,41 (area 1) e 0,97 (area 3) piantine/m², con un valore medio di 0,65 piantine/m². Considerando tutti i transect, indipendentemente dalla loro posizione, la densità della rinnovazione nelle aree di studio oscilla tra 0,68 (area 1) e 1,13 (area 3) piantine/m², con un valore medio di 0,83 piantine/m². La densità della rinnovazione ripartita nelle classi di altezza è risultata, in media, piuttosto uniforme tra le classi, indicando la presenza di un piano di rinnovazione stratificato (Tabella 3). Considerando solo l'abete bianco, la densità della rinnovazione riscontrata per questa specie nei transect posizionati all'interno delle aree di studio (in media 0,53 piantine/m²) è risultata simile a quella riscontrata nei transect posizionati sui margini delle aree esaminate (in media 0,47 piantine/m²).

In tutte le aree di studio è stata rilevata la presenza di alberi preesistenti i danni da vento, con una densità media di 0,28 piante/m² (Tabella 3), dato che risente della presenza di ceppaie con più polloni di altezza superiore a 5 m riscontrate soprattutto nell'area 1.

In Tabella 4 sono riportati i valori dell'indice di rinnovazione di Magini. Per le piantine con altezza inferiore a 3 m, l'indice di rinnovazione calcolato per tutte le specie (Ir globale) presenta valori che oscillano tra 29 (area 2) e

87 (area 3). L'indice assume valori superiori quando si considerano anche le piantine di altezza compresa tra 3 m e 5 m, a conferma della presenza nelle aree di studio di un piano di rinnovazione stratificato. L'abete bianco e le latifoglie presentano valori dell'indice di rinnovazione superiori alle altre conifere. L'indice di rinnovazione calcolato separatamente tra margine e interno per la sola rinnovazione di abete bianco con altezza inferiore a 3 m presenta, in media, valori superiori sul margine (Ir = 29) rispetto all'interno (Ir = 17) delle aree disturbate dal vento.

Le specie erbacee e arbustive rilevate nelle aree di studio sono risultate complessivamente 38, si tratta di specie comuni che non rientrano in elenchi di specie di particolare interesse naturalistico (Tabella 5).

4. DISCUSSIONE

A distanza di cinque anni dai danni da vento che hanno interessato la foresta di Val-lombrosa, nelle aree di studio è stata rilevata la presenza di rinnovazione naturale appartenente ad 11 diverse specie arboree forestali (Figura 3). L'abete bianco è risultata la specie più frequente, associata ad altre conifere (soprattutto douglasia e pino laricio) e ad un corteggio di latifoglie (soprattutto faggio, castagno e cerro) che potenzialmente possono costituire in futuro un soprassuolo a composizione mista, di origine naturale, più stabile nei confronti del vento rispetto ai soprassuoli artificiali e tendenzialmente monospecifici prima presenti (Jactel *et al.*, 2017; Freer-Smith *et al.*, 2019). L'acero riccio e il tiglio, che sono stati rilevati tra gli alberi preesistenti il danno da vento, non sono presenti nello strato di rinnovazione.

La densità della rinnovazione è risultata più elevata nei transect situati all'interno delle aree di studio (in media 1,78 piantine/m²) rispetto

Tabella 3 - Densità della rinnovazione ($h \leq 5$ m), degli alberi ($h > 5$ m) e totale nelle aree di studio (ds = deviazione standard).

Area	Transect	Rinnovazione					Alberi		Totale	
		Totale		Classi di altezza			n/m ²	ds	n/m ²	ds
		n/m ²	ds	<0,2 m	0,2-1 m	1-5 m				
				n/m ²	ds	n/m ²	n/m ²	n/m ²	n/m ²	ds
1	Interno	2,00	-	0,40	1,20	0,40	0,40	-	2,40	-
2	Interno	1,40	0,00	1,20	0,00	0,20	0,40	0,28	1,80	0,28
3	Interno	1,60	0,28	0,70	0,10	0,80	0,50	0,14	2,10	0,14
4	Interno	2,10	0,71	0,50	0,50	1,10	0,00	0,00	2,10	0,71
<i>Media</i>		<i>1,78</i>	<i>0,33</i>	<i>0,70</i>	<i>0,45</i>	<i>0,63</i>	<i>0,33</i>	<i>0,14</i>	<i>2,10</i>	<i>0,38</i>
1	Margine	0,41	0,31	0,01	0,00	0,40	0,57	0,48	0,99	0,36
2	Margine	0,54	0,41	0,28	0,08	0,18	0,10	0,10	0,64	0,40
3	Margine	0,97	1,43	0,24	0,52	0,20	0,16	0,14	1,12	1,39
4	Margine	0,68	0,58	0,09	0,38	0,21	0,17	0,29	0,85	0,64
<i>Media</i>		<i>0,65</i>	<i>0,68</i>	<i>0,16</i>	<i>0,25</i>	<i>0,25</i>	<i>0,25</i>	<i>0,25</i>	<i>0,90</i>	<i>0,70</i>
1	Tutti	0,68	0,70	0,08	0,20	0,40	0,54	0,44	1,22	0,66
2	Tutti	0,71	0,51	0,47	0,06	0,19	0,16	0,18	0,87	0,61
3	Tutti	1,13	1,25	0,36	0,42	0,35	0,24	0,21	1,37	1,26
4	Tutti	0,78	0,68	0,12	0,39	0,27	0,16	0,28	0,94	0,70
<i>Media</i>		<i>0,83</i>	<i>0,79</i>	<i>0,26</i>	<i>0,27</i>	<i>0,30</i>	<i>0,28</i>	<i>0,28</i>	<i>1,10</i>	<i>0,81</i>

Tabella 4 - Indice di rinnovazione di Magini (Ir) nelle aree di studio calcolato per tutte le specie (Ir globale) e separatamente per l'abete bianco, le latifoglie e le altre conifere.

Area	Ir globale	Ir globale	Ir abete bianco	Ir latifoglie	Ir altre conifere
	h<5m	h<3m	h<3m	h<3m	h<3m
1	87	71	69	2	0
2	76	29	10	12	7
3	92	87	43	43	1
4	72	65	33	28	4

Tabella 5 - Specie erbacee e arbustive rilevate nelle aree di studio.

Specie	Specie arbustiva	Specie erbacea	Area			
			1	2	3	4
<i>Artemisia vulgaris</i> L.		X				X
<i>Atropa bella-donna</i> L.		X				X
<i>Bellis perennis</i> L.		X				X
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P. Beauv.		X				X
<i>Cardamine impatiens</i> L.		X			X	
<i>Chelidonium majus</i> L.		X		X		
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.		X		X		X
<i>Clematis vitalba</i> L.		X			X	
<i>Convolvulus arvensis</i> L.		X			X	
<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	X		X	X	X	X
<i>Dactylis glomerata</i> L.		X	X		X	X
<i>Daphne mezereum</i> L. subsp. <i>mezereum</i>		X		X	X	X
<i>Digitalis lutea</i> L.		X		X	X	X
<i>Dipsacus fullonum</i> L.		X		X		
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.		X		X	X	
<i>Euphorbia cyparissias</i> L.		X				X
<i>Festuca heterophylla</i> Lam.		X				X
<i>Fragaria vesca</i> L.		X		X	X	X
<i>Geranium nodosum</i> L.		X		X	X	
<i>Geranium robertianum</i> L.		X		X	X	
<i>Hedera helix</i> L.		X	X		X	
<i>Hypericum perforatum</i> L.		X		X	X	X
<i>Juncus effusus</i> L.		X		X		X
<i>Luzula nivea</i> (L.) Lam. et DC.		X		X	X	X
<i>Melica uniflora</i> Retz.		X				X
<i>Plantago lanceolata</i> L.		X		X	X	X
<i>Plantago major</i> L.		X			X	
<i>Prenanthes purpurea</i> L.		X				X
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn subsp. <i>aquilinum</i>		X	X	X		X
<i>Rubus hirtus</i> Waldast. et Kit.	X		X	X	X	X
<i>Rubus idaeus</i> L.	X			X	X	X
<i>Salvia glutinosa</i> L.		X	X		X	X
<i>Salvia verbenaca</i> L.		X			X	
<i>Sambucus ebulus</i> L.	X				X	X
<i>Sambucus nigra</i> L.	X		X		X	
<i>Senecio vulgaris</i> L.		X		X		
<i>Teucrium scorodonia</i> L.		X		X		
<i>Veronica officinalis</i> L.		X				X
Totale	5	33	7	19	22	24

a quelli situati sui margini delle aree esaminate (in media 0,65 piantine/m²). Tale risultato può essere stato influenzato dalla minore dimensione e dal minore numero dei transect posizionati all'interno delle aree di studio a causa della difficoltà di accedere alle zone più interne delle aree danneggiate dal vento. Tuttavia, le osservazioni condotte durante le fasi di rilievo hanno permesso di constatare la presenza della rinnovazione nelle porzioni più interne delle aree investigate.

Gli studi sulla rinnovazione naturale realizzati nelle abetine di Vallombrosa e in altre località dell'Appennino, anche se condotti in soprassuoli non danneggiati dal vento, consentono di effettuare un confronto con i risultati ottenuti in questo lavoro.

Ignesti e Paci (1989), che hanno esaminato le dinamiche di insediamento e affermazione della rinnovazione naturale di abete bianco nella foresta di Vallombrosa in differenti tipi di soprassuolo e in differenti ubicazioni delle aree esaminate, all'interno del bosco, al margine del bosco, nelle radure e ai margini delle radure, riportano per boschi puri di abete bianco valori di densità della rinnovazione di abete e delle latifoglie (acero montano, castagno, faggio, olmo montano, sorbo degli uccellatori, tiglio platifillo) più elevati nelle zone di margine (tra 0 e 6 piantine/m² al margine del bosco e tra 0,1 e 14 piantine/m² al margine delle radure) rispetto alle altre ubicazioni considerate. La densità della rinnovazione che abbiamo rilevato a Vallombrosa nelle aree disturbate dal vento (Tabella 3) è simile a quella riportata da Ignesti e Paci (1989) per le radure (tra 0 e 2,6 piantine/m²). Bottalico *et al.* (2014), che hanno esaminato la densità della rinnovazione nelle abetine di Vallombrosa in aperture di origine naturale di varia dimensione, riportano valori di densità della rinnovazione - di abete bianco, acero montano, castagno, faggio e altre specie - più elevati (0,97 piantine/m²)

nelle aperture di estensione inferiore a 200 m². In modo simile, Albanesi *et al.* (2008), che hanno esaminato la densità della rinnovazione nelle abetine di Serra San Bruno (Calabria) in aperture di origine artificiale di varia dimensione, dopo tre anni dal taglio riportano valori di densità della rinnovazione di abete bianco e castagno più elevati (circa 10 piantine/m²) nelle aperture di estensione inferiore a 200 m². A Vallombrosa, nelle aree disturbate dal vento, il valore più alto di densità della rinnovazione (1,13 piantine/m²) è stato registrato nell'area di estensione minore (area 3) tra quelle considerate (Tabella 3).

Per quanto riguarda l'indice di rinnovazione di Magini (Tabella 4), i valori dell'indice calcolato per tutte le specie presenti nelle aree di studio con $h < 3$ m (Ir globale compreso tra 29 e 87) rientrano nel range di valori rilevati a Vallombrosa nel 2004 da Bianchi *et al.* (2006) in abetine pure e in boschi misti di abete e pecchio (Ir globale compreso tra 1 e 110), con valori dell'indice di rinnovazione delle latifoglie più elevati nelle aree danneggiate dal vento (Ir latifoglie compreso tra 2 e 43) rispetto a quelli riportati da Bianchi *et al.* (2006) (Ir latifoglie compreso tra 2 e 7).

Se consideriamo solo l'abete bianco, l'indice di rinnovazione di Magini è risultato superiore nei transect posizionati ai margini delle aree danneggiate dal vento, dove la rinnovazione di abete si presentava spesso raggruppata in nuclei di piantine con altezze diversificate. Come riportato da altri autori (Ignesti e Paci, 1989; Mazzini e Paci, 1991; Bianchi *et al.*, 2006; Mercurio e Mercurio, 2008), le aree di margine sono più favorevoli alla rinnovazione naturale dell'abete bianco per la minore concorrenza esercitata dalle specie erbacee e arbustive e le migliori condizioni di illuminazione per la rinnovazione.

Nelle aperture create dal vento si è insediata rapidamente una copertura di specie erbacee

e arbustive, soprattutto ginestra dei carbonai, che ha dato origine ad un mosaico di situazioni differenti. Anche se non sono state effettuate analisi sulla concorrenza che le specie erbacee e arbustive potrebbero avere sulla rinnovazione delle specie arboree, i risultati sulla rinnovazione all'interno delle aree disturbate dal vento a distanza di cinque anni dall'evento sembrano indicare che la componente erbacea e arbustiva non impedisce l'insediamento e lo sviluppo della rinnovazione naturale, ma piuttosto sembra svolgere un ruolo complesso sulla rinnovazione, sia di protezione che di competizione. Molte delle specie erbacee e arbustive presenti sono note per la loro capacità di fissare e rendere disponibile l'azoto nel terreno, elemento di cui potrà beneficiare la rinnovazione. Nei transect effettuati all'interno delle aree di studio, latifoglie come faggio e cerro sono le specie che sono riuscite più velocemente a sopraffare la copertura erbacea e arbustiva. L'affermazione delle latifoglie crea nel tempo condizioni più favorevoli alla rinnovazione dell'abete bianco come già osservato nelle abetine di Vallombrosa (Ignesti e Paci, 1989).

5. CONCLUSIONI

A distanza di cinque anni dall'evento di disturbo, nelle aree esaminate si osserva una copertura forestale rappresentata prevalentemente da specie arbustive, soprattutto ginestra dei carbonai. Il processo di rinnovazione delle specie arboree è iniziato con l'ingresso di diverse specie, soprattutto rinnovazione di abete bianco associata a rinnovazione di altre conifere (douglasia e pino laricio) e di latifoglie (faggio, castagno e cerro).

La tempesta di vento del 2015 ha creato nella foresta di Vallombrosa un mosaico di situazioni differenti in relazione all'intensità del danno subito dal soprassuolo, alle condizioni

stagionali, alla copertura esercitata dalle specie erbacee ed arbustive, alla rinnovazione preesistente e a quanta di essa è rimasta, alla rinnovazione che si sta insediando dopo il disturbo da vento. In questo variegato mosaico, il bosco si ricostituirà con tempi che saranno diversi da situazione a situazione.

I risultati di questo studio indicano una dinamica della rinnovazione naturale orientata alla costituzione di formazioni tendenzialmente miste, una strategia che potrebbe consentire una maggiore resistenza nei confronti delle tempeste che si verificheranno in futuro e una maggiore biodiversità forestale. Per fare previsioni più affidabili è comunque necessario avere pazienza e proseguire il monitoraggio della rinnovazione nelle aree disturbate dal vento.

Ringraziamenti

Si ringraziano Elisa Pelagani e Duccio Baldassini del Reparto Carabinieri Biodiversità di Vallombrosa per la collaborazione fornita durante i rilievi.

RIASSUNTO

In questo lavoro è stata esaminata la rinnovazione naturale di specie arboree forestali nella foresta di Vallombrosa in soprassuoli danneggiati dalla tempesta di vento del 2015. Il lavoro è stato condotto in quattro aree di studio che in precedenza ospitavano fustaie di abete bianco e di abete rosso. I rilievi sono stati eseguiti all'interno di transect disposti sui margini e all'interno delle aree disturbate dal vento. Dopo cinque anni dalla tempesta, nelle aree di studio è stata rilevata la presenza di rinnovazione di 11 diverse specie arboree forestali. L'abete bianco è risultata la specie più frequente, associata ad altre conifere come douglasia e pino laricio e a latifoglie decidue come faggio, castagno e cerro. La densità della rinnovazione nelle aree esaminate è compresa tra 0,68 e 1,13 piantine/m², con un valore medio di 0,83 piantine/m². Per l'abete bianco, l'indice di rinnovazione di Magini è risultato superiore sui margini delle aree investigate. Lo studio presenta i risultati di un'attività di monitoraggio che può aiutare a migliora-

re le conoscenze sulle dinamiche dei processi della rinnovazione forestale in aree disturbate da eventi estremi come le tempeste di vento.

BIBLIOGRAFIA

- Albanesi E., Gugliotta O.I., Mercurio I., Mercurio R., 2008 - *Effects of gap size and within-gap position on seedlings establishment in silver fir stands*. iForest, 1: 55-59. <https://doi.org/10.3832/ifor0448-0010055>.
- Barbeito I., Pardos M., Calama R., Cañellas I., 2008 - *Effect of stand structure on Stone pine (Pinus pinea L.) regeneration dynamics*. Forestry, 81: 617-629. doi:10.1093/forestry/cpn037.
- Bianchi L., Paci M., Bartolini D., 2006 - *Dinamiche evolutive di post-selvicultura nella foresta di Vallombrosa*. Forest@, 3: 63-71. <https://doi.org/10.3832/efor0339-0030063>.
- Bianchi L., Paci M., Tartaglia C., 2007 - *Rinnovazione naturale di abete bianco: caratteri del novellame e danni da fauna*. Sherwood. Foreste ed Alberi Oggi, 129: 7-12.
- Borghetti M., 2019 - *Dopo la tempesta, i piani dell'uomo e la ricostituzione della foresta*. Forest@, 16: 1-2. <https://doi.org/10.3832/efor0071-016>.
- Borghetti M., Giannini R., 1984 - *Indagini sulla rinnovazione naturale dei boschi puri e misti di abete bianco dell'Appennino centro-meridionale*. L'Italia Forestale e Montana, 4: 161-184.
- Bottalico F., Travaglini D., Fiorentini S., Lisa C., Nocentini S., 2014 - *Stand dynamics and natural regeneration in silver fir (Abies alba Mill.) plantations after traditional rotation age*. iForest, 7: 313-323. <https://doi.org/10.3832/ifor0985-007>.
- Bottalico F., Bottacci A., Galipò G., Nocentini S., Torrini L., Travaglini D., Ciancio O., 2015 - *Formazione dei gap causati dal vento in soprassuoli coetanei di abete bianco (Abies alba Mill.). Un caso di studio nella montagna appenninica (Italia centrale)*. In: Atti del II Congresso Internazionale di Selvicoltura. Progettare il futuro per il settore forestale, Firenze, 26-29 novembre 2014. Firenze: Accademia Italiana di Scienze Forestali. Vol. 1, p. 257-262. ISBN 978-88-87553-21-5.
- Bottalico F., Nocentini S., Travaglini D., 2016 - *Linee guida per la ricostituzione del potenziale forestale nelle aree danneggiate dal vento: il caso dei boschi della Toscana*. L'Italia Forestale e Montana, 71: 227-238. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2016.4.04>.
- Chirici G., Bottalico F., Giannetti F., Rossi P., Del Perugia B., Travaglini D., Nocentini S. *et al.*, 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: 197-213. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2016.4.02>.
- Chirici G., Giannetti F., Travaglini D., Nocentini S., Francini S., D'Amico G., Calvo E. *et al.*, 2019 - *Stima dei danni della tempesta "Vaia" alle foreste in Italia*. Forest@, 16: 3-9. <http://dx.doi.org/10.3832/efor3070-016>.
- Ciancio O., 2009 - *Riserva Naturale Statale Biogenetica di Vallombrosa. Piano di Gestione e Silvomuseo 2006-2025*. Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Vallombrosa. Tipografia Coppini, Firenze.
- Consorzio LaMMA, 2013 - *Report meteorologico 10-11 novembre 2013*. Firenze, p. 1-7.
- Ennos A.R., 1997 - *Wind as an ecological factor*. Trends in Ecology & Evolution, 12: 108-111. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(96\)10066-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(96)10066-5).
- Fiorentini S., Degl'Innocenti N., Bartolozzi L., Galipò G., Travaglini D., Nocentini S., 2015 - *L'impatto dei cervidi sulla rinnovazione artificiale di abete bianco. Primi risultati di una prova di impianto a piccolissimi gruppi*. L'Italia Forestale e Montana, 70: 83-98. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2015.2.01>.
- Forest Europe, 2020 - *State of Europe's Forests 2020*. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe - Forest Europe. 392 p.
- Freer-Smith P., Muys B., Bozzano M., Drössler L., Farrelly N., Jactel H., Korhonen J., Minotta G., Nijnik M., Orazio C., 2019 - *Plantation forests in Europe: challenges and opportunities. From Science to Policy 9*. European Forest Institute. 52 p. <https://doi.org/10.36333/fs09>.
- Gardiner B., Chuck A., Schelhaas M.J., Orazio C., Blennow K., Nicoli B., 2013 - *Living with storm damage to forests: what science can tell us*. European Forest Institute, Joensuu, Finland, 133 p. <https://doi.org/10.13140/2.1.1730.2400>.
- Gardiner B., Berry P., Moulia B., 2016 - *Wind impacts on plant growth, mechanics and damage*. Plant Science, 245: 94-118. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.01.006>.
- Giannini R., 1969 - *Risultati di semine sperimentali di abete bianco a Vallombrosa*. Annali. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Vol. XXIII.
- Giannini R., 1973 - *Rapporti fra alcune caratteristiche del soprassuolo arboreo e rinnovazione naturale dell'abete*

- bianco*. Annali. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Vol. XXIII: 201-209.
- Gozzini B., 2016 - *La tempesta di vento del 4-5 marzo 2015*. L'Italia Forestale e Montana, 71: 187-195. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2016.4.01>.
- Ignesti S., Paci M., 1989 - *Studio sulla rinnovazione naturale dell'abete bianco nella foresta di Vallombrosa*. Annali. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Vol. XXXVIII: 541-584.
- Jactel H., Bauhus J., Boberg J., Bonal D., Castagneyrol B., Gardiner B., Gonzalez-Olabarria J.R. et al., 2017 - *Tree Diversity Drives Forest Stand Resistance to Natural Disturbances*. Current Forestry Reports, 3: 223-243. <http://dx.doi.org/10.1007/s40725-017-0064-1>.
- Lugo A.E., 2008 - *Visible and invisible effects of hurricanes on forest ecosystems: an international review*. Austral Ecology, 33: 368-398. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2008.01894.x>.
- Magini E., 1967 - *Ricerche sui fattori della rinnovazione naturale dell'abete bianco sull'Appennino*. L'Italia Forestale e Montana, 22: 261-270.
- Mazzini A., Paci M., 1991 - *Distribuzione e caratteristiche del novellame di abete bianco cresciuto in differenti condizioni d'illuminazione in alcuni boschi della Toscana*. Annali. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Vol. XL: 237-270.
- Mercurio I., Mercurio R., 2008 - *Effetto del regime luminoso sulla rinnovazione naturale dell'abete bianco (Abies alba Mill.) nel bosco di Archiforo, Calabria*. Forest@, 5: 171-175. <https://doi.org/10.3832/efor0524-0050171>.
- Mitchell S.J., 2013 - *Wind as a natural disturbance agent in forests: a synthesis*. Forestry, 86: 147-157. <https://doi.org/10.1093/forestry/cps058>.
- 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. <https://doi.org/10.3832/efor2990-015>.
- Paci M., 1980 - *Risultati di ricerche sperimentali su abete bianco (Abies alba Mill.) e faggio (Fagus sylvatica L.)*. Annali. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Vol. XXIX: 201-209.
- Schindler D., Bauhus J., Mayer H., 2012 - *Wind effects on trees*. European Journal of Forest Research, 131: 159-163. <http://dx.doi.org/10.1007/s10342-011-0582-5>.
- Tagliaferri L., 2019 - *Monitoraggio dei coleotteri scolitidi di Vallombrosa*. Tesi di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali. Università degli Studi di Firenze, A.A. 2018/2019.
- UFAM, 2008 - *Manuale relativo ai danni da tempesta. Aiuto all'esecuzione per far fronte ai danni alle foreste provocati da tempeste d'importanza nazionale*. Ufficio Federale dell'Ambiente, Berna, Switzerland. 105 p.
- Ulanova N.G., 2000 - *The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review*. Forest Ecology and Management, 135: 155-167. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00307-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00307-8).