

## FORMAZIONE DEI *GAP* CAUSATI DAL VENTO IN SOPRASSUOLI COETANEI DI ABETE BIANCO (*ABIES ALBA* MILL.). UN CASO DI STUDIO NELLA MONTAGNA APPENNINICA (ITALIA CENTRALE)

Francesca Bottalico<sup>1</sup>, Alessandro Bottacci<sup>2</sup>, Giovanni Galipò<sup>3</sup>, Susanna Nocentini<sup>1</sup>  
Luca Torrini<sup>3</sup>, Davide Travaglini<sup>1</sup>, Orazio Ciancio<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari Alimentari e Forestali, Università degli Studi di Firenze, Firenze, Italia; [davide.travaglini@unifi.it](mailto:davide.travaglini@unifi.it)

<sup>2</sup>Corpo forestale dello Stato, Ufficio per la Biodiversità, Roma, Italia

<sup>3</sup>Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Vallombrosa, Reggello (FI), Italia

<sup>4</sup>Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, Italia

In questo studio sono state esaminate le modalità di formazione dei *gap* causati dal vento in abetine coetanee di origine artificiale. Lo studio è stato svolto nella foresta di Vallombrosa (Firenze) dopo una tempesta di vento che si è verificata nel 2013. Le domande specifiche che abbiamo affrontato sono: (i) quale è il livello di danno causato dalla tempesta di vento nelle abetine? (ii) quale è la dimensione dei *gap*? (iii) quale è il modello di distribuzione spaziale dei *gap*? L'impatto della tempesta di vento è stato registrato in tutti i soprassuoli della foresta sulla base di rilievi a terra e classificato in quattro classi di danno sulla base di una valutazione visiva. La dimensione dei *gap* è stata registrata su un campione di abetine con misure a terra supportate da un ricevitore GPS. La distribuzione dei *gap* è stata esaminata con un modello di analisi spaziale. I risultati indicano che le classi di danno basso e medio sono le più frequenti nelle abetine colpite dal vento. Una parte dei *gap* rilevati non sono di nuova formazione, ma piuttosto derivano dall'ampliamento di *gap* esistenti, e più frequentemente hanno dimensioni inferiori a 200 m<sup>2</sup>. Nella maggioranza dei casi i nuovi *gap* hanno una dimensione inferiore a 100 m<sup>2</sup>.

*Parole chiave:* boschi coetanei, *Abies alba* Mill., disturbi naturali, *gap*.

*Keywords:* even-aged forest, *Abies alba* Mill., natural disturbances, canopy gaps.

<http://dx.doi.org/10.4129/2cis-fb-for>

### 1. Introduzione

La formazione di aperture (*gap*) nella copertura forestale, indotta dall'uomo o da cause naturali, svolge un ruolo importante nei processi di rinnovazione e per la diversificazione della struttura forestale e del sottobosco. Infatti, la dimensione e la distribuzione dei *gap* influiscono sulla capacità di affermazione della rinnovazione e sul modello di organizzazione spaziale dei soprassuoli (Woods, 1984; Lertzman, 1992; Bobiec, 2007). In Appennino centrale la maggior parte dei boschi di abete bianco (*Abies alba* Mill.) sono di origine artificiale. Questi soprassuoli sono stati gestiti con il trattamento a taglio raso e con un turno di circa 100 anni. Negli ultimi decenni in molti casi la gestione attiva delle abetine di abete bianco si è interrotta e gli obiettivi della gestione si sono orientati prioritariamente verso finalità di carattere conservazionistico (Vazzano *et al.*, 2011; Bottacci *et al.*, 2012).

In un recente lavoro, Bottalico *et al.* (2014) hanno esaminato a posteriori la formazione dei *gap* in boschi di abete bianco senza investigare le cause che hanno determinato la creazione delle aperture.

L'indagine è stata effettuata nella foresta di Vallombrosa (Firenze) per il periodo 1983-2007 sulla base della fotointerpretazione di immagini aeree.

In questo studio abbiamo voluto esaminare le modalità di formazione dei *gap* causati da una tempesta di vento in abetine coetanee di origine artificiale sulla base di rilievi a terra.

L'obiettivo generale è quello di verificare come un fattore di disturbo forte e relativamente raro può condizionare il processo di formazione dei *gap* al fine di costituire una base di conoscenze utili per la definizione di approcci selvicolturali coerenti con i processi naturali che si instaurano in boschi coetanei di abete.

Lo studio è stato svolto nella foresta di Vallombrosa dopo una burrasca di vento che si è verificata nell'inverno del 2013. Le domande specifiche che abbiamo affrontato sono: (i) quale è il livello di danno causato dalla tempesta di vento nelle abetine? (ii) quale è la dimensione dei *gap*? (iii) quale è il modello di distribuzione spaziale dei *gap*?

### 2. Materiali e metodi

#### 2.1 Area di studio

Lo studio è stato svolto nella foresta di Vallombrosa (Firenze). La foresta è una Riserva Naturale Statale Biogenetica amministrata dal Corpo Forestale dello Stato (CFS) e Sito di Interesse Comunitario (SIC IT5140012) e Regionale (SIR 46).

L'area di studio è situata a quote comprese tra 470 e 1440 m s.l.m. La temperatura media annua è di 9,7°C e la precipitazione media annua è di 1337 mm. Secondo la classificazione di Pavari la foresta di Vallombrosa rientra nella zona fitoclimatica del *Castanetum* sotto i 1000 m di quota e nella zona del *Fagetum* sopra tale altitudine. La foresta è situata su rocce sedimentarie della formazione del Macigno del Chianti. I suoli bruni sono prevalenti ma alcuni tratti della foresta presentano suoli con caratteri podzolici. La profondità è variabile ma suoli poco profondi sono rari.

La superficie complessiva della Riserva è di 1273 ha così suddivisi nelle principali formazioni forestali (Ciancio e Travaglini, 2009): abetina di abete bianco (53%), faggeta (16%), pineta (12%), bosco misto di latifoglie (9%), castagneto (3%), douglasieta (2%), altro (5%). Sono tutti soprassuoli coetanei e le formazioni pure di conifere sono esclusivamente di origine artificiale.

Tra la notte e la mattina dell'11 novembre 2013 si sono verificate forti raffiche di vento che hanno interessato gran parte della Toscana. I dati registrati dal Consorzio LaMMA (2013) riportano raffiche di burrasca forte (Forza 9-10 Beaufort) nelle aree pianeggianti, lungo le aree costiere e sull'Arcipelago, con punte di 84,7 km/h a Sesto Fiorentino (Firenze), 87,4 km/h a Grosseto e 100 km/h alla Gorgona. Nelle aree di montagna e in corrispondenza dello sbocco delle valli sono state registrate raffiche fino a 130 km/h (126 km/h sul Passo del Giogo, 880 m s.l.m., Firenze). I dati rilevati la sera del 10 novembre segnalano sulla Toscana la convergenza tra venti provenienti da nord ovest e venti occidentali.

Le raffiche di vento hanno determinato a Vallombrosa come in altre località della Toscana la caduta di alberi e la formazione di aperture nelle coperture forestali.

## 2.2 Rilievi

I rilievi a terra sono stati condotti nel periodo 2013-2014 in due fasi consecutive.

Nella prima fase è stata effettuata dal personale del CFS una ricognizione generale su tutta la superficie della Riserva per verificare l'intensità dei danni provocati dalle raffiche di vento ai soprassuoli forestali.

L'intensità del danno è stata valutata in ciascuna unità colturale della foresta (ex-particella forestale) ed è stata classificata in 4 classi di danno sulla base di osservazioni a vista: basso, medio, alto e molto alto. La classe di danno basso è stata attribuita alle unità colturali che presentavano un numero ridotto di piante sradicate; un danno alto è stato assegnato alle unità colturali che presentavano una riduzione significativa della copertura arborea; un danno molto alto è stato considerato per le unità colturali che mostravano un crollo pressoché totale della copertura forestale; la classe di danno medio è stata attribuita alle situazioni intermedie tra le classi di danno basso e alto.

Sulla base dei risultati emersi dalle osservazioni effettuate nella prima fase di rilevamento, nella seconda fase le indagini si sono concentrate su una porzione della foresta rappresentativa delle principali

classi di danno, con l'intento di rilevare in questa zona la distribuzione spaziale e la dimensione dei *gap*.

La superficie percorsa con i rilievi di seconda fase è di 26,5 ha ed è situata tra l'Abbazia di Vallombrosa e la località Saltino (Fig. 1). In questa zona le quote sono comprese tra 880 e 980 m s.l.m.; le esposizioni nord e nord-est sono prevalenti. Questa parte di foresta è interamente caratterizzata da soprassuoli di abete.

L'età dei popolamenti alla data dei rilievi (2014) oscilla tra 48 e 171 anni. La superficie occupata dai popolamenti di età  $\geq 70$  anni corrisponde all'84% della superficie esaminata. Sono stati delimitati i *gap* di neoformazione e i *gap* che si sono ampliati a causa della tempesta di vento del 2013, rilevando tutte le aperture nella copertura superiore dei soprassuoli determinate dalla caduta di piante singole o di gruppi di piante. Ciascun *gap* è stato delimitato da una squadra di 2-3 operatori utilizzando un ricevitore GPS Trimble Juno 3B Handheld con 2-5 m di accuratezza, una bussola Suunto KB-14/360 R e un ipsometro Vertex IV ad ultrasuoni.

La procedura adottata per la delimitazione è la seguente: a) il GPS è stato utilizzato in modalità statica per rilevare le coordinate x,y di un punto  $P_0$  situato all'incirca nella posizione centrale del *gap*, registrando ogni volta almeno 200 posizionamenti; b) facendo stazione in  $P_0$ , per ciascuna pianta situata sul margine dell'apertura è stata misurata con il Vertex la distanza topografica tra  $P_0$  e il punto  $P_1$  individuato a vista in corrispondenza della proiezione a terra della chioma prendendo come riferimento il ramo posizionato più internamente all'apertura; c) facendo sempre stazione in  $P_0$ , per ciascuna pianta situata sul margine è stato misurato con la bussola l'angolo rispetto al nord della direzione passante tra  $P_0$  e  $P_1$ .

## 2.3 Analisi

I dati acquisiti nella prima fase di rilevamento sono stati utilizzati per caratterizzare i livelli di danno riscontrati sull'intera superficie della foresta e per individuare le formazioni forestali maggiormente danneggiate dal vento.

I dati raccolti nella seconda fase di rilevamento sono stati utilizzati per determinare la distribuzione spaziale e la dimensione dei *gap*.

I dati sono stati elaborati per derivare, sulla base di semplici funzioni trigonometriche, le coordinate x,y dei punti corrispondenti alla proiezione a terra della chioma delle piante situate sui margini delle aperture. Tali coordinate sono state poi inserite in un sistema informativo geografico per ottenere la distribuzione spaziale dei vertici dei *gap*. In seguito, utilizzando comuni operatori di analisi spaziale è stato delimitato il perimetro di ciascun *gap* attraverso la generazione di un poligono derivato automaticamente dalla unione dei vertici. Di ogni poligono è stata determinata la superficie e sulla base di questa informazione è stata analizzata la dimensione dei *gap*.

Il modello di distribuzione spaziale dei *gap* è stato esaminato con la funzione  $L(d)$  descritta da Besag (1977), che rappresenta una versione trasformata della funzione  $K$  di Ripley (Ripley, 1977). La versione

univariata della funzione  $L(d)$  è stata utilizzata per esaminare se la distribuzione spaziale dei *gap* è di tipo casuale, regolare o a gruppi utilizzando la posizione centrale dei *gap*.

La versione bivariata della funzione  $L_{1,2}(d)$  è stata utilizzata per esaminare se vi sono relazioni spaziali tra la distribuzione dei nuovi *gap* e la distribuzione dei *gap* esistenti (ampliamenti). In questo caso i nuovi *gap* sono stati rappresentati attraverso la loro posizione centrale, mentre i *gap* esistenti sono stati rappresentati come poligoni e la loro posizione è stata mantenuta fissa durante l'analisi. Lo studio del modello di distribuzione spaziale dei *gap* è stato condotto su una superficie di forma rettangolare di 700 m x 200 m (Fig. 1) utilizzando il *software* Programita (Wiegand e Moloney, 2004; Wiegand *et al.*, 2006).

Sono state testate distanze tra 1 e 50 m per la versione univariata della funzione  $L(d)$  e distanze tra 1 e 25 m per la versione bivariata. Per valutare la significatività della deviazione della distribuzione osservata da una distribuzione completamente casuale è stato utilizzato il Monte Carlo test, generando 999 ripetizioni per ottenere un intervallo di confidenza del 99% (Besag e Diggle, 1977).

### 3. Risultati

La superficie delle unità colturali che presentano danni causati dalla tempesta di vento del 2013 ammonta complessivamente a 565 ha, che corrisponde al 44% della superficie totale della foresta di Vallombrosa.

I danni si sono verificati soprattutto nelle abetine di abete bianco (86% della superficie danneggiata), secondariamente nelle pinete (7% della superficie danneggiata) e in misura minore nelle altre formazioni forestali (7% della superficie danneggiata).

L'intensità dei danni provocati dalle raffiche di vento nella maggioranza dei casi è risultata bassa (61% della superficie danneggiata) o media (30% della superficie danneggiata). Danni di intensità alta (8% della superficie danneggiata) o molto alta (1% della superficie danneggiata) sono stati osservati in un numero relativamente ridotto di casi situati per lo più nelle località Stefanieri, Croce Rossa e Campali (Fig. 2).

Complessivamente sono stati rilevati a terra 78 *gap* (Fig. 2). Di questi, il 44% è costituito da nuovi *gap* che si sono formati a seguito della tempesta di vento del 2013 e il 56% è costituito da *gap* esistenti che si sono ampliati a causa delle raffiche di vento.

La superficie dei *gap* oscilla tra 18 e 377 m<sup>2</sup> per i *gap* di neoformazione, con un valore medio di 81 m<sup>2</sup>, e tra 36 e 578 m<sup>2</sup> per gli ampliamenti, con un valore medio di 188 m<sup>2</sup>.

Dall'analisi della distribuzione di frequenza dei *gap* in classi di superficie (Fig. 3) si evince che i *gap* di neoformazione e gli ampliamenti hanno, nella maggioranza dei casi, dimensioni rispettivamente inferiori a

100 e 200 m<sup>2</sup>. Questi valori sono simili a quelli rilevati da Bottalico *et al.* (2014) sulla base della foto-interpretazione di immagini aeree relative al periodo 1983-2007.

Il modello di distribuzione spaziale dei *gap*, esaminato con la versione univariata della funzione  $L(d)$ , è risultato di tipo casuale per tutte le distanze considerate (Fig. 4a). L'analisi condotta con la versione bivariata della funzione  $L_{1,2}(d)$  non ha evidenziato relazioni spaziali tra la distribuzione dei nuovi *gap* e la distribuzione degli ampliamenti (Fig. 4b).

### 4. Conclusioni

La tempesta di vento che ha colpito la Riserva di Vallombrosa nel mese di novembre del 2013 ha provocato una serie di sradicamenti che hanno interessato soprattutto i soprassuoli di conifere di origine artificiale e in particolare le formazioni coetanee di abete bianco. I danni riscontrati più frequentemente sono risultati di intensità bassa e moderata ma vi sono popolamenti dove sono stati osservati danni di intensità superiore e in casi limitati il crollo totale del soprassuolo arboreo.

Il processo di formazione dei *gap* indotti dal vento in abetine coetanee di origine artificiale è caratterizzato prevalentemente dalla creazione di piccolissime aperture nella copertura forestale associata all'ampliamento delle aperture esistenti con un modello di distribuzione spaziale di tipo casuale.

Questo processo rappresenta una conferma dell'approccio colturale del Piano di gestione per la foresta di Vallombrosa basato sulla selvicoltura sistemica (Ciancio, 2009), che prevede, per la rinaturalizzazione dei boschi coetanei di abete bianco, i seguenti interventi principali: diradamenti nei popolamenti di età inferiore a 65 anni anche al fine di aumentare la stabilità dei soprassuoli nei confronti di eventi meteorici; taglio a scelta a piccoli e/o piccolissimi gruppi (di ampiezza compresa tra 50 e 80-100 m<sup>2</sup>) nei popolamenti di età superiore a 70 anni con lo scopo di interrompere la continuità strutturale del bosco e creare i presupposti per l'insediamento e l'affermazione della rinnovazione naturale.

### Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare Valerio Papi, Revisore Capo del Corpo Forestale dello Stato dell'Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Vallombrosa per avere effettuato la verifica dei danni alla foresta.

Si ringraziano gli studenti del Corso di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali dell'Università degli Studi di Firenze, Virginia Costagli, Francesco Mirri, Lorenzo Pinzani e Bianca Rompatò per avere partecipato ai rilievi in foresta.

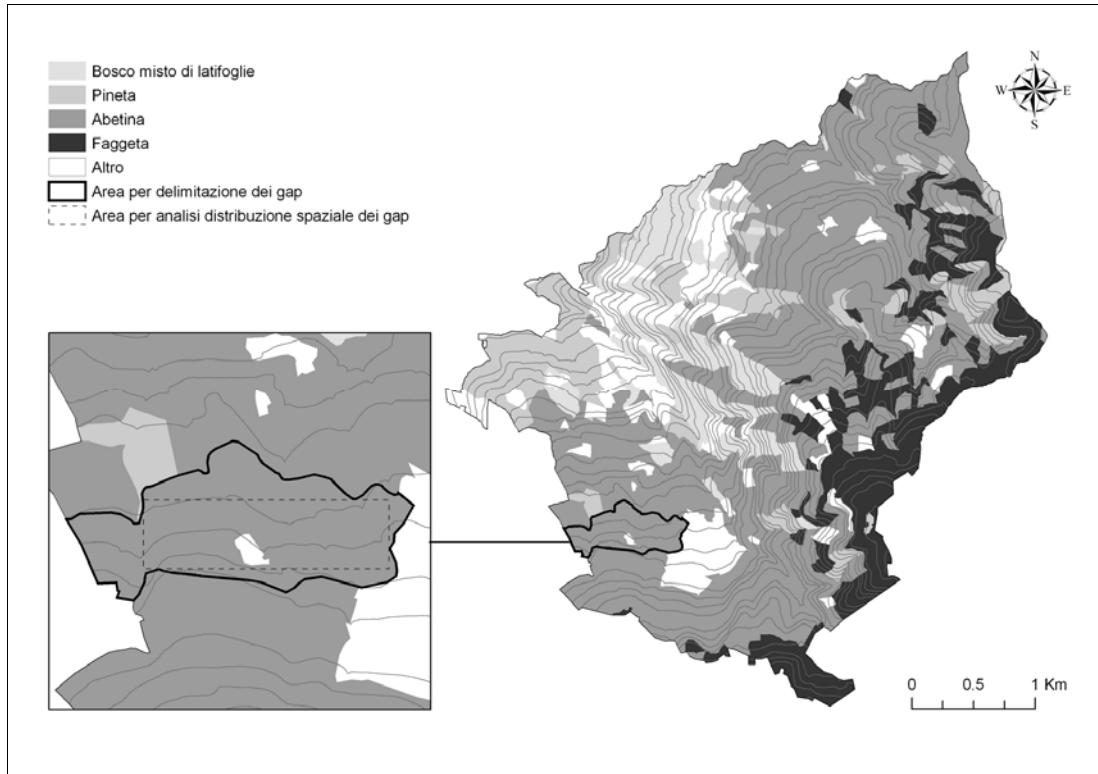


Figura 1. Area di studio.  
Figure 1. Study area.

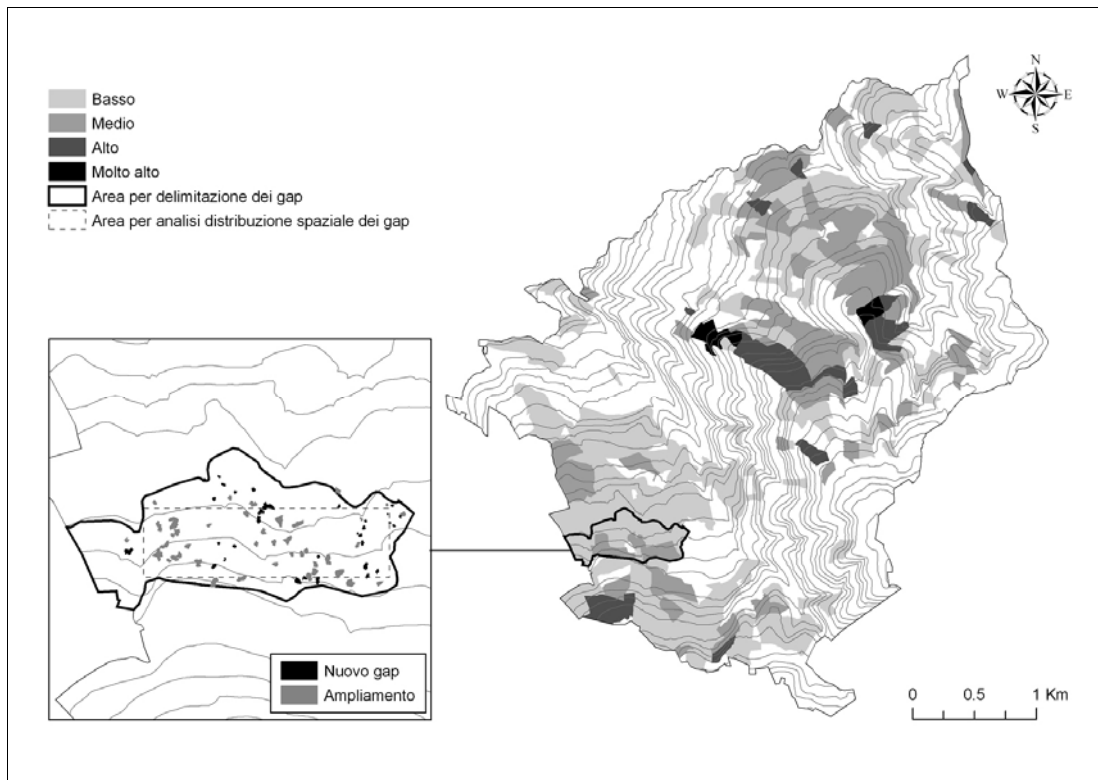


Figura 2. Intensità dei danni da vento (a destra) e distribuzione spaziale dei *gap* (a sinistra).  
Figure 2. Level of damage induced by the windstorm (on the right) and spatial distribution of gaps (on the left).

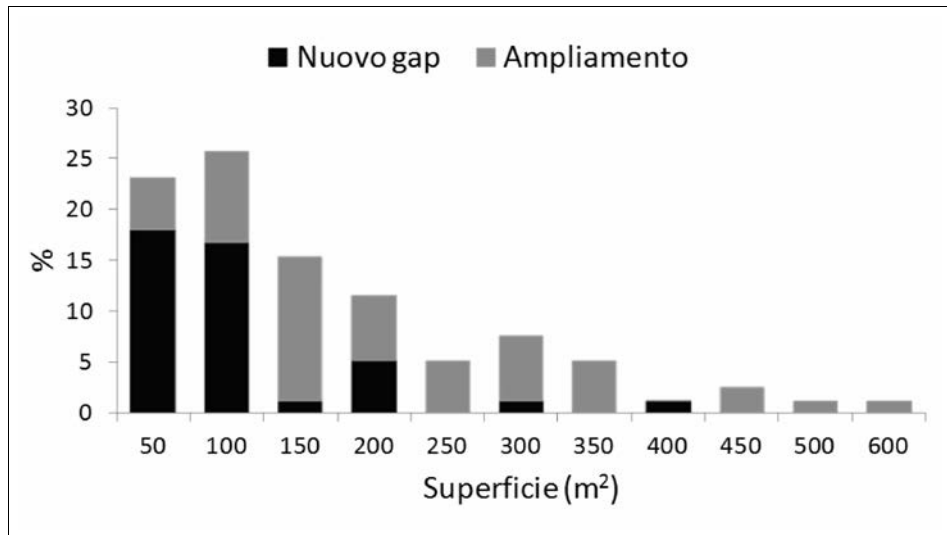


Figura 3. Distribuzione dei *gap* in classi di superficie.  
 Figure 3. Gap distribution in size classes.

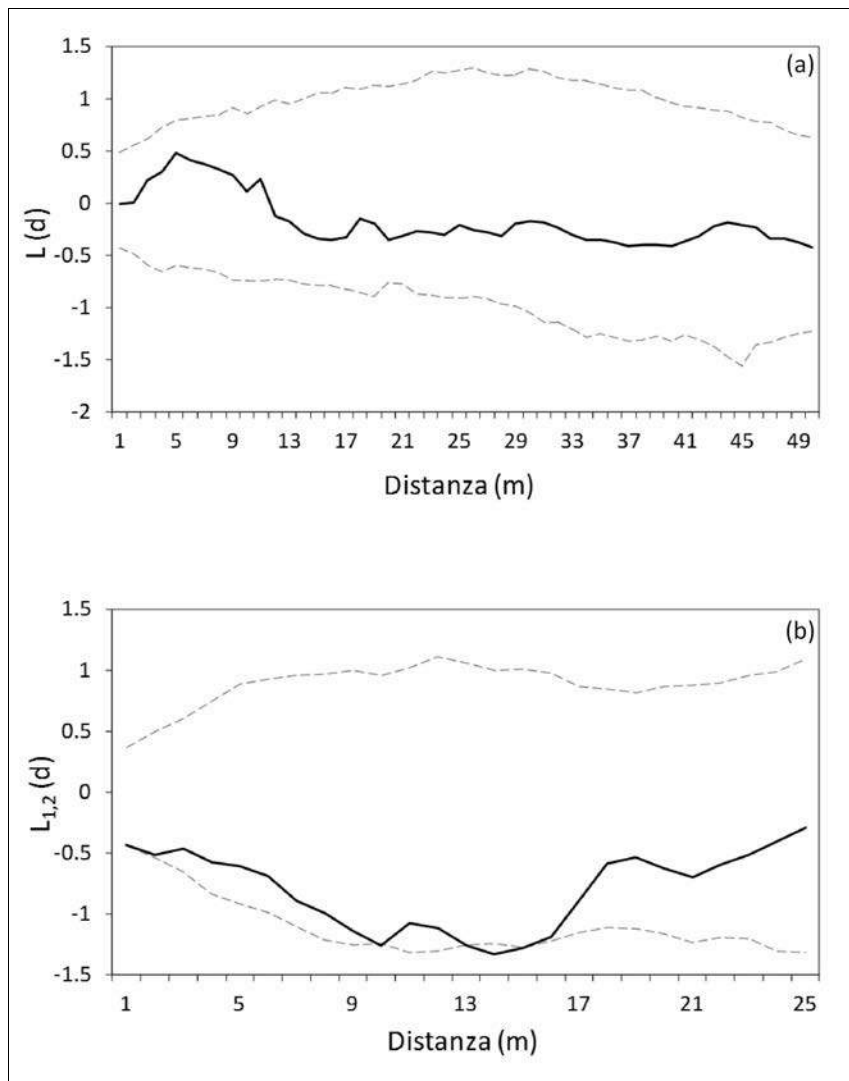


Figura 4. a)  $L(d)$  rispetto alla distanza per tutti i *gap*. b)  $L_{1,2}(d)$  rispetto alla distanza tra nuovi *gap* e *gap* in ampliamento. La linea grigia tratteggiata rappresenta l'intervallo di confidenza del 99%.

Figure 4. a)  $L(d)$  versus distance for all gaps. b)  $L_{1,2}(d)$  versus distance between new gaps and existing gaps. Grey line is the 99% confidence envelop.

## SUMMARY

### **Naturally-induced gap formation in even-aged silver fir (*Abies alba* Mill.) stands. A case study in the Apennine mountains (central Italy)**

In this study we analyze naturally-induced gap formation in even-aged silver fir stands. The study was carried out in the Vallombrosa forest (Florence), after a windstorm that occurred in 2013. We addressed the following issues: (i) what is the level of damage induced by the windstorm in silver fir stands? (ii) what is the size of gaps? (iii) what is the spatial distribution of naturally-induced gaps?

The impact of the windstorm was recorded in all stands based on field surveys and classified into four damage classes by visual inspection. Gap size was recorded in a sample of stands based on field measurements supported by a GPS device.

The distribution of gaps was investigated using a point pattern analysis. Our results show that low and medium damage classes prevailed in silver fir stands affected by the windstorm. Part of the recorded gaps were not new, being rather the extension of existing gaps, generally smaller than 200 m<sup>2</sup>. In most of the cases the new gaps were smaller than 100 m<sup>2</sup>.

## BIBLIOGRAFIA

- Besag J.E., 1977 – *Discussion on Dr Ripley's paper*. In: *Modelling spatial patterns (with discussion)*. a cura di B.D. Ripley. Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 39: 172-212.
- Besag J., Diggle P.J., 1977 – *Simple Monte Carlo test for spatial pattern*. Journal of the Royal Statistical Society. Series C, 26: 327-333.  
<http://dx.doi.org/10.2307/2346974>
- Bobiec A., 2007 – *The influence of gaps on tree regeneration: a case study of the mixed lime-hornbeam (Tilio-Carpinetum Tracz. 1962) communities in the Bialowieza a Primeval Forest*. Polish Journal of Ecology, 55: 441-455.
- Bottacci A., Padula M., Radicchi S., Grasso E., 2012 – *Rilievi dendrometrici preparatori al Piano di gestione della Riserva naturale biogenetica di Camaldoli*. L'Italia Forestale e Montana, 67: 317-328.  
<http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2012.4.01>
- 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.  
<http://dx.doi.org/10.3832/ifer0985-007>
- 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, pp. 1-449.
- Ciancio O., Travaglini D., 2009 – *Suddivisione della foresta*. In: *Riserva Naturale Statale Biogenetica di Vallombrosa, Piano di Gestione e Silvomuseo 2006-2025*. A cura di O. Ciancio. Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Vallombrosa. Tipografia Coppini, Firenze, pp. 55-57.
- Consorzio LaMMA, 2013 – *Report meteorologico 10-11 novembre 2013*. Firenze, pp. 1-7.
- Lertzman K.P., 1992 – *Patterns of gap-phase replacement in a subalpine, old-growth forest*. Ecology, 73: 657-669. <http://dx.doi.org/10.2307/1940772>
- Ripley B.D., 1977 – *Modelling spatial patterns (with discussion)*. Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 39: 172-212.
- Vazzano E., Quilghini G., Travaglini D., Nocentini S., 2011 – *Evoluzione della copertura forestale nella Foresta della Lama (Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi) dal Piano di assestamento di Siemoni e Seeland del 1837 a oggi*. Forest@, 8: 78-87.  
<http://dx.doi.org/10.3832/efor0655-008>
- Wiegand T., Moloney K.A., 2004 – *Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology*. Oikos, 104: 209-229.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12497.x>
- Wiegand T., Kissling W.D., Cipriotti P.A., Aguiar M.R., 2006 – *Extending point pattern analysis for objects of finite size and irregular shape*. Journal of Ecology, 94: 825-837.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01113.x>
- Woods K.D., 1984 – *Patterns of tree replacement: canopy effects on understory pattern in hemlock-northern hardwood forests*. Plant Ecology, 56: 87-107.