MATTIA PATACCHINI, GIADA LAZZERINI, UMBERTO DI SALVATORE, PAOLO CANTIANI

Influenza dei diradamenti sulla stabilità dei popolamenti artificiali di pino nero. Primi risultati sperimentali nel breve periodo

How thinning affects the stability of artificial black pine stands. First experimental results in the short term

Introduzione

In questi ultimi decenni in Europa la principale causa di danni ai popolamenti forestali è il vento. I recenti mutamenti climatici hanno causato una mutazione del regime eolico per la quale gli eventi ventosi estremi sono più intensi e frequenti che in recente passato. Negli ultimi anni gli eventi catastrofici ai danni dei boschi europei si registrano con una media di due l'anno (BRUCHERT E GARDINER, 2006; MOTTA *et al*., 2018).

I popolamenti maggiormente suscettibili al danno da vento sono quelli monospecifici a struttura monoplana (PRETZSCH, 2014; MITCHELL E RUEL, 2016). Tipico esempio di boschi con tale struttura verticale semplificata e omogenea su vaste superfici sono i popolamenti di conifere da impianto artificiale. Le evidenze relative agli eventi catastrofici di questi ultimi anni hanno dimostrato però che oltre determinate soglie di intensità ventose qualunque bosco subisce danni (MOTTA *et al*., 2018).

Dalla metà del 1800 il pino nero ha rappresentato la specie principale in Europa nei rimboschimenti di aree montane degradate (ENESCU *et al*., 2016; DIACI *et al*., 2019). In Italia, l'opera di rimboschimento montano intrapresa dagli inizi del secolo scorso e proseguita fino agli anni 70, ha rappresentato il maggiore sforzo di politica forestale pubblica operata a livello nazionale. Gli interventi hanno interessato, soprattutto nella fascia appenninica, suoli completamente denudati dalla vegetazione o gravemente degradati soprattutto a causa dell'eccesso di sfruttamento (pascolo e utilizzazioni forestali) soprattutto nei periodi bellici. Gli obiettivi prioritari della politica di rimboschimento con pino nero sono stati quindi quelli di protezione idrogeologica (fig. 1)



Figura 1 - Pratomagno: zona di margine tra fustaia di pino nero e area non rimboschita

e di ricostituzione del bosco come primo tassello della successione verso popolamenti misti costituiti da specie autoctone. Da non trascurare anche la valenza sociale del rimboschimento, infatti

i lavori di impianto e di prime cure colturali hanno rappresentato una preziosa fonte lavorativa per le popolazioni montane soprattutto nei periodi immediatamente successivi alle due guerre mondiali. Dall'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi forestali di Carbonio del 2005 (GASPARINI E TABACCHI, 2011) i boschi di pino nero e di pino laricio in Italia occupano una superficie di circa 235.000 ettari (il 2,7 % della superficie forestale nazionale). Più di ¾ delle pinete di pino nero e di pino laricio hanno struttura coetaneiforme, e di queste più del 90% si trova attualmente agli stadi evolutivi compresi tra la fustaia giovane e la fustaia "stramatura" (CANTIANI *et al*., 2018).

La scelta del pino nero come specie prioritaria dei rimboschimenti si è rilevata ottimale per le caratteristiche pioniere della specie (facilità di allevamento in vivaio e di attecchimento, crescita giovanile sostenuta, limitata suscettibilità ad attacchi parassitari). La gestione selvicolturale delle pinete è caratterizzata dall'applicazione di un ciclo di diradamenti che non hanno la finalità principale di incrementare la produzione legnosa, quanto di accrescere la funzionalità ecologica complessiva dei popolamenti. Nelle pinete italiane le prime fasi del trattamento selvicolturale previsto (sfolli e diradamenti della perticaia) sono state troppo spesso tralasciate soprattutto per l'elevato costo degli interventi (BERNETTI, 1995; MERCURIO, 2010; CANTIANI E PLUTINO, 2008) (fig. 2).



Figura 2 - Pratomagno: popolamento artificiale di pino nero di 60 anni mai sottoposto a diradamento

I diradamenti nelle giovani fustaie, laddove effettuati, sono stati generalmente di modalità "dal basso" e di scarsa intensità, ovvero limitati al prelievo della sola componente dominata del popolamento (CANTIANI *et al.*, 2016). I popolamenti di pino nero hanno dimostrato buone capacità di reagire positivamente in termini di stimolo alla crescita del diametro e della chioma anche ad interventi di primo diradamento tardivi, ancora allo stadio di giovane fustaia (CANTIANI E PIOVOSI, 2009). Non è ancora sperimentalmente nota la soglia dello stadio evolutivo delle pinete oltre la quale il diradamento risulta colturalmente inefficace.

La stabilità di un popolamento forestale dal punto di vista meccanico, intesa come capacità del bosco a porre resistenza ad eventi climatici di forte intensità (soprattutto vento e precipitazioni nevose) è funzione delle caratteristiche stazionali e metereologiche, della composizione specifica, delle caratteristiche morfologiche dei singoli alberi e dell'architettura strutturale del popolamento (WILSON E OLIVER, 2000; MITCHELL, 2000; LA MARCA, 2005; NICOLL *et al.*, 2006; PELTOLA *et al*., 2000; SCHINDLER *et al.*, 2012). Un bosco meccanicamente stabile è pure più "stabile" secondo l'accezione più ampia di resilienza ai disturbi PIUSSI, 1986), suscettibilità ad una gamma maggiore di scelte selvicolturali, capacità di evolvere nella successione verso popolamenti a maggiore complessità specifica e strutturale e in generale della sua attitudine a fornire l'intera gamma di servizi ecosistemici.

I principali parametri morfometrici per la valutazione della stabilità meccanica degli alberi di un popolamento forestale proposti dalla letteratura scientifica sono (CANTIANI E CHIAVETTA, 2015) : a) il rapporto ipsodiametrico (altezza totale dell'albero/ diametro del fusto; b) la profondità relativa della chioma (percentuale di chioma rispetto all'altezza totale dell'albero); c) l'area di insidenza della chioma (proiezione al suolo della chioma dell'albero; d) il grado di eccentricità della chioma (raggio

di chioma maggiore/raggio di chioma minore. Il rapporto ipsodiametrico è il parametro maggiormente impiegato, sia per la facilità di rilievo, sia perché la letteratura fornisce per tale parametro delle soglie critiche a livello specifico di stabilità meccanica. Recentemente è stato messo a punto, per i boschi di pino nero appenninici un metodo speditivo indiretto per la valutazione della stabilità dei pini tramite un modello che correla il numero di palchi vivi con il rapporto ipsodiametrico (CANTIANI E CHIAVETTA, 2015; MARCHI *et al*., 2017). Con questo metodo è possibile per l'operatore effettuare una prima stima della stabilità meccanica dei singoli alberi senza dover eseguire misure dendrometriche.

L'azione selvicolturale che influenza maggiormente il grado di stabilità dei popolamenti artificiali monoplani è il diradamento (CAMERON, 2002; BRUCHERT E GARDINER, 2006). Con il diradamento infatti si agisce direttamente sulla densità delle piante e quindi sulla capacità delle chiome di ottimizzare la radiazione luminosa, con benefici influssi sulla crescita degli alberi (PRETZSCH E SCHUTZE, 2005). Ciò è maggiormente valido per le specie esigenti di luce come il pino nero. Dal punto di vista della stabilità delle pinete diventa quindi cruciale la pianificazione della modalità, del grado, dell'età di inizio e della frequenza degli interventi intercalari. Obiettivo di questo lavoro è l'analisi dell'influenza di tre tesi di intervento (diradamento dal basso, diradamento selettivo e nessun trattamento/ controllo) sul grado di stabilità di due pinete artificiali di pino nero dell'Appennino toscano nel brevissimo periodo post intervento (tre anni dall'intervento). Questa ricerca è stata realizzata nell'ambito del Progetto LIFE 13 BIO/IT/00282 SelPiBio "Selvicoltura innovativa per accrescere la biodiversità dei suoli in popolamenti artificiali di pino nero" (WWW.SELPIBIO.EU). Obiettivo del progetto è dimostrare come una modalità di trattamento selvicolturale innovativa in pinete di *Pinus nigra* ottimizzi l'intera gamma di servizi ecosistemici in pinete artificiali di pino nero ed in particolare aumenti il grado di biodiversità delle componenti vegetali ed animali a livello dell'ambiente suolo (MARCHI *et al*., 2018; BARBATO *et al*., 2019).

Materiali e metodi

Aree di studio e schema di rilievo

Lo studio ha per oggetto due rimboschimenti artificiali di pino nero situati in due comprensori della Toscana: Pratomagno aretino e Amiata Val d'Orcia (fig. 3).

L'area del Pratomagno (45°27′8″N, 9°11′13″E) è posta ad una quota media di 1.150 metri s.l.m., esposizione prevalente Sud-Ovest e pendenza media del 40%. Il regime pluviometrico è di tipo submontano appenninico (piovosità media 997 mm), con valore massimo assoluto in autunno, relativo in primavera e minimo assoluto nel mese di luglio. La temperatura media annua è di 10,5°C (valore massimo di 19°C a luglio e minimo di 1,5°C a gennaio) (dati stazione termo pluviometrica di Villa Cognola, 663 m s.l.m.). Si tratta di una pineta coetanea (età media 60 anni) e monoplana ad assoluta prevalenza di pino laricio, consociato localmente a gruppi di abete bianco (soprattutto alle quote superiori dell'area) più un contributo marginale delle sporadiche latifoglie. In complesso le altre specie contribuiscono per il 13,8% in termini di area basimetrica sul totale.

L'area del Monte Amiata (42°56′8″N, 11°38′13″E) è posta ad una quota media di 780 metri s.l.m., esposizione prevalente Sud-Ovest e pendenza media del 15%. Per quanto riguarda il clima, con riferimento alla stazione meteo di Castiglione d'Orcia (516 m s.l.m.), è caldo e temperato. L'inverno ha molta più piovosità dell'estate. Castiglione d'Orcia ha una temperatura media di 12,5 °C e una piovosità media annuale di 687 mm. Luglio è il mese più secco con 28 mm, mentre novembre

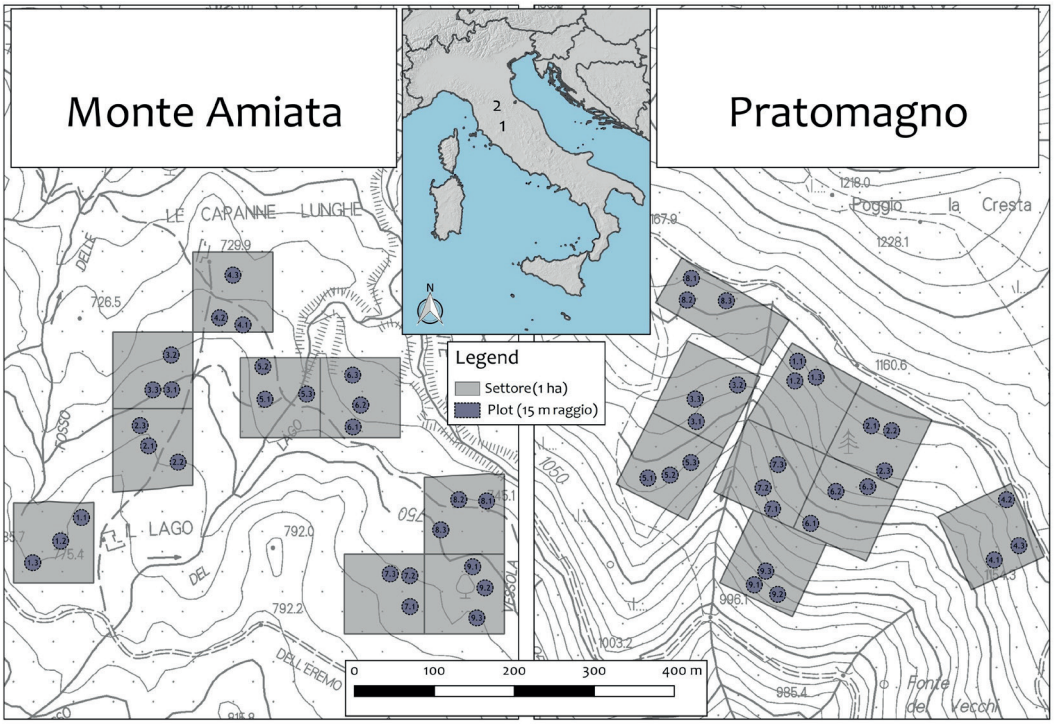


Figura 3 - Aree di studio e schema di rilievo

è quello con maggiori precipitazioni (media di 88 mm). Luglio è il mese più caldo dell'anno con una temperatura media di 21,7 °C; gennaio registra la temperatura minima annua (4,5 °C).

Si tratta di una pineta coetanea (età media 45 anni) la cui composizione specifica è a netta prevalenza di pino laricio con un contributo marginale di altre specie (soprattutto cerro) derivanti da lembi residuali del precedente uso del suolo (cedui degradati e pascolo con isolate querce). In termini percentuali di area basimetrica le altre specie contribuiscono alla composizione specifica per meno del 3% del totale.

In ciascuna delle due aree di studio lo schema di rilievo (fig. 3) ha previsto nel 2015 la delimitazione di 9 settori della superficie di 1 ha. Il disegno di monitoraggio ha previsto preliminarmente la scelta delle piante candidate, ovvero le piante che ci si propone di valorizzare e portare fino a fine turno, e potenzialmente candidabili ("frazione candidabile" del popolamento) e successivamente l'estrazione a sorte delle tesi di trattamento per ciascun settore, 3 ripetizioni per ciascuna tesi di trattamento selvicolturale: i) controllo (evoluzione naturale del soprassuolo); ii) diradamento dal basso di moderata intensità; iii) diradamento selettivo.

In ognuno dei 9 settori di monitoraggio sono stati collocati con criterio random 3 plot circolari di 15 m di raggio. In ogni plot per ciascun albero sono state misurate le seguenti variabili dendrometriche: diametro a 1,30 m (soglia di cavallettamento 5 cm); altezza totale della pianta; altezza (da terra) di inserzione della chioma; attribuzione della posizione sociale secondo tre categorie (dominanti, codominanti,

dominate) adottando la classificazione di Kraft (PIUSSI E ALBERTI 2015); stato di salute della pianta (viva, morta, stroncata); coordinate polari (azimut in gradi sessagesimali rispetto al Nord e distanza in metri) della posizione del fusto della pianta relativo al centro del plot; coordinate polari (azimut in gradi sessagesimali rispetto al Nord e distanza in metri) della posizione di 8 punti di proiezione a terra della chioma e anch'essi relativi al centro del plot. Per ciascuna pianta sono stati calcolati i seguenti parametri di stabilità meccanica: a) rapporto ipsodiametrico (soglia di criticità = 90); b) profondità relativa della chioma; c) area di insidenza della chioma; d) grado di eccentricità della chioma; e) numero dei palchi vivi verdi (soglia di criticità per la II classe di fertilità = 17,9).

Gli effetti dei trattamenti selvicolturali sulla stabilità sono stati valutati sia in termini di variazione del rapporto ipsodiametrico medio del popolamento sia in termini di variazione del grado di stabilità delle piante candidate e potenzialmente candidabili ("frazione candidabile del popolamento"). Il rapporto ipsodiametrico medio del popolamento si esprime come la media dei rapporti ipsodiametrici di tutte le piante presenti prima degli interventi selvicolturali e nel 2018.

Gli effetti dei trattamenti sulla "frazione candidabile" sono stati valutati tramite la relazione tra gli accrescimenti in termini di diametro e di altezza delle piante determinando i valori di rapporto ipsodiametrico per tre anni (2012, 2015 e 2018) e la differenza percentuale dello stesso per i trienni 2012-2015 (pre-intervento) e 2015-2018 (post-intervento) distinti per le tre diverse tesi di trattamento selvicolturale.

I rilievi finalizzati allo studio degli accrescimenti legnosi nel periodo 2012 - 2018, sono stati eseguiti nell'inverno 2019. Per ogni pianta candidata o potenzialmente candidabile è stata estratta una carota utilizzando una trivella di Pressler, in direzione radiale rispetto all'asse longitudinale ed a 1,30 m di altezza dal suolo. Sono stati così prelevati 81 campioni per ogni area di studio. La lettura delle carote è stata effettuata con dendrocronografo Lega SMIL 3 (CORONA *et al*., 1989) che consente di misurare gli incrementi annuali con una risoluzione di 0,01 mm. I valori di altezza dei singoli alberi per il 2015 sono quelli effettivamente misurati in bosco; le altezze del periodo 2012-2015 sono desunte dal modello ipsometrico determinato nel 2015, le altezze del periodo 2015-2018 sono desunte dal modello ipsometrico determinato nel 2018.

I trattamenti sperimentali

Dall'impianto al momento della sperimentazione i due popolamenti forestali oggetto di studio non sono stati sottoposti ad alcun intervento selvicolturale. Per entrambi i popolamenti sono stati applicati, nell'estate del 2015, tre trattamenti selvicolturali: a) diradamento dal basso (Basso); b) diradamento selettivo (Selettivo); c) nessun trattamento (Controllo). In Tabella 1 vengono riportate le entità di prelievo degli interventi selvicolturali. Il diradamento dal basso consiste nel prelievo di tutta la classe sociale dominata nel rispetto della normativa vigente in Regione Toscana per le fustaie, ovvero rispettando un prelievo massimo del 40% del numero degli alberi totale (CANTIANI *et al*., 2018). Si tratta del diradamento comunemente adottato nella selvicoltura del pino nero appenninico in quanto non prevede particolari difficoltà in fase di martellata (può essere operato direttamente dalla ditta utilizzatrice) e non comporta eccessivi costi. La sperimentazione ha dimostrato però che tale modalità di intervento se adottata con un grado di prelievo basso o moderato (quando non incide sul piano dominante del popolamento) non sortisce gli effetti colturali auspicati, ovvero non determina effetti incrementali ai fusti ed alle chiome (CANTIANI E PIOVOSI, 2009; CANTIANI *et al*., 2010; CANTIANI, 2016).

Il diradamento selettivo consiste in un

diradamento libero con selezione positiva, ovvero la scelta e la valorizzazione dei fusti migliori (DE PHILIPPIS, 1949). I diradamenti "liberi" sono quelli per i quali non è previsto il prelievo di una determinata classe sociale (PIUSSI E ALBERTI, 2015). Il diradamento selettivo è una modalità di intervento nei popolamenti coetanei (soprattutto di specie eliofile) che privilegia già in fase giovanile un determinato numero di piante con buone caratteristiche fenotipiche, tali da garantire un alto grado di stabilità meccanica. L'intervento è mirato a liberare dalla concorrenza per la luce le chiome delle piante "candidate" tramite il prelievo delle loro dirette competitrici. Il concetto base del diradamento segue lo schema adottato nella "selvicoltura ad albero" (BASTIEN *et al.*, 2005), ovvero una particolare tecnica selvicolturale particolarmente in uso in nord Europa (Germania e Francia) che ha la finalità di "allevare" un certo numero di piante a scopo prevalentemente di produzione di qualità. Nel caso delle pinete di rimboschimento di pino nero la finalità prioritaria non è quella economica diretta, quanto quella di aumentare la "funzionalità" generale del bosco (soprattutto un aumento della funzione protettiva del bosco). Un bosco a maggior grado di stabilità permette anche una maggior flessibilità gestionale, garantendo l'opportunità di allungare i turni del ciclo produttivo lasciando maggiori possibilità di scelta del modulo colturale, anche in fase di rinnovazione del bosco (BERNETTI G, 1995). Questa modalità di diradamento comporta una modificazione nel piano delle chiome di tipo puntuale (apertura di gaps nella copertura in prossimità delle piante candidate). Ciò comporta una disomogeneità nella copertura che favorisce l'arrivo di luce diretta e delle precipitazioni atmosferiche al suolo in modo non uniforme. Questo induce effetti positivi nei confronti della diversità delle componenti biotiche al suolo e velocizza e differenzia spazialmente i processi di dinamica bio-chimica delle componenti del suolo (BARBATO *et al.*, 2019).

La scelta delle "piante candidate" è fissata in numero medio di 100 per ettaro. É stato dimostrato sperimentalmente che l'area di insidenza potenziale della chioma di ciascun pino nero in popolamenti maturi è infatti mediamente pari a 100 m² (CANTIANI M, 1969, SCAPIGLIATI, 2018). Il diradamento selettivo si divide in due distinte fasi: a) scelta delle piante candidate; b) liberazione delle candidate dalla concorrenza delle piante proprie competitrici per la luce a livello delle chiome (fig. 4).



Figura 4 - Amiata: pianta "candidata" liberata dalla concorrenza (tesi diradamento selettivo)

La scelta delle piante candidate si opera selezionando a distanza di circa 10 m l'una dall'altra gli alberi che garantiscono il maggior grado di vigoria e stabilità in base a considerazioni di tipo visivo (assenza di patogeni e danni meccanici) e aspetti morfometrici (basso rapporto ipsodiametrico, elevato valore dell'area di insidenza e di profondità relativa della chioma, basso rapporto di eccentricità delle chiome) (GROTTI, 2015).

La fase successiva è quella della vera e propria martellata, ovvero vengono marcate le piante che competono con le piante candidate per l'apporto diretto di luce alle loro chiome. Si tratta di piante appartenenti alle classi sociali dominante e codominante.

		Prima del diradamento					Dopo il diradamento					Percentuale prelievo		
		Nha^{-1}	G	V	dgm	Hm	Nha^{-1}	G	V	dgm	Hm	Nha-1	G	V
			m^2ha^{-1}	m^3ha^{-1}	cm	m		m^2ha^{-1}	m^3ha^{-1}	cm	m	%	%	%
Amiata	*Dal basso*	971	42,3	357,6	23,7	17,9	675	34	290,8	25,3	18,3	30,4	19,7	18,7
	Selettivo	971	47,4	446,4	24,9	18,2	638	32,3	309,2	25,4	18,4	34,3	31,9	30,7
Pratomagno	*Dal basso*	1.085	72,6	722,3	29,3	19,1	695	56,1	582,9	32,1	19,9	35,9	22,6	19,3
	Selettivo	1.056	66,6	586,6	28,6	18,9	731	47	412,6	28,6	19	30,8	29,4	29,7

Tabella 1 - Entità del prelievo delle due tipologie di diradamento messe a confronto

Risultati

La stabilità dei due popolamenti prima degli interventi selvicolturali

Il grado di stabilità dei popolamenti prima degli interventi selvicolturali è stato determinato tramite la misura di tutte le altezze e di tutti i diametri dei pini presenti e il calcolo del rapporto ipsodiametrico (H/D) per le diverse classi diametriche (tab 2).

Le distribuzioni che ne conseguono evidenziano come, per entrambi i popolamenti, alla classe diametrica di 20 cm sono mediamente riscontrabili piante con rapporto ipsodiametrico inferiore a 90, ovvero al di sotto del valore soglia per il quale una pianta di pino nero è da considerarsi meccanicamente stabile (CANTIANI E CHIAVETTA, 2015). I dati rendono conto anche di come il popolamento dell'Amiata si trovi in una fase evolutiva più giovane (45 anni di età, stadio evolutivo "giovane fustaia"), con alberi ancora nella classe diametrica di 10 cm (H/D medio 119,09) e molte più piante nelle classi diametriche 15 (H/D medio 96,12) e 20 (H/D medio 82,41) rispetto a quanto riscontrato per il Pratomagno (età 60 anni, stadio evolutivo "fustaia adulta").

		Amiata			Pratomagno	
d 1,30 m	**h**	**H/D**	**pini/ha**	**h**	**H/D**	**pini/ha**
cm	*m*		*nr.*	*m*		*nr.*
10	13,01	**119,09**	11			
	± 2,30	± 20,46	± 2,95			
15	15,04	**96,12**	86	14,09	**93,93**	25
	± 2,10	± 14,83	± 7,16	± 2,91	± 18,63	± 2,16
20	16,62	**82,41**	331	16,28	**80,30**	120
	± 2,08	± 10,83	± 13,49	± 2,45	± 12,42	± 6,17
25	18,35	**74,31**	385	17,93	**71,55**	220
	± 2,02	± 8,45	± 7,56	± 2,52	± 10,17	± 7,51
30	19,67	**66,74**	178	19,27	**64,55**	222
	± 2,10	± 7,19	± 6,68	± 2,48	± 8,20	± 5,79
35	20,84	**60,92**	39	20,53	**59,23**	149
	± 1,74	± 5,19	± 2,63	± 2,26	± 6,72	± 5,21
40	21,31	**55,06**	8	21,64	**54,59**	72
	± 2,44	± 6,08	± 0,84	± 2,34	± 5,72	± 2,80
45				22,47	**50,27**	29
				± 2,02	± 4,77	± 2,56
50				22,28	**44,33**	6
				± 2,38	± 4,26	± 0,76

Tabella 2 - Stabilità dei popolamenti forestali: distribuzione per classi diametriche del valore medio e della deviazione standard del rapporto ispodiametrico

	Età (anni)	**d medio cm**	**h media cm**	**H/D medio**
Bernetti et al., 1969 II classe	45	23,9	17,4	72,80
	60	28,9	21,4	74,04
Amiata	45	24,3	18,1	74,8
Pratomagno	60	29,5	19,2	65,08

Tabella 3 - Confronto tra i rapporti ipsodiametrici (H/D) misurati nei due popolamenti forestali ed il modello alsometrico.

In tabella 3, dal confronto con quanto previsto dalla "Tavola alsometrica del pino nero e laricio della Toscana" per la seconda classe di fertilità, alla quale appartengono i due popolamenti (BERNETTI *et al.*, 1969), si evince come a parità di età il rimboschimento dell'Amiata abbia valori medi di H/D in linea con quanto previsto dal modello, mentre in Pratomagno si ha un valore medio di H/D sensibilmente più basso, dovuto per lo più ad un minore sviluppo in altezza delle piante rispetto al modello.

Caratteristiche morfometriche delle piante candidate

La scelta delle piante candidate in fase di esecuzione del diradamento selettivo avviene tramite la valutazione da parte del selvicoltore di una serie di caratteristiche delle piante, prime tra tutte la vigoria ed il grado di stabilità meccanica degli individui che si intende selezionare.

Nelle figure 5 e 6 vengono riportati, per ciascuna delle due aree di studio, i grafici di confronto dei principali parametri morfometrici di stabilità meccanica (rapporto ipsodiametrico, area di insidenza della chioma, profondità relativa della chioma, eccentricità della chioma e numero dei palchi vivi), distinti tra piante candidate (e "potenzialmente candidabili"), ossia quelle scelte preliminarmente all'assegnazione della tesi di trattamento a ciascun settore, e le altre piante del popolamento.

Dal confronto risulta come le piante che sono state scelte come candidate abbiano, per ciascuno dei parametri indagati, un grado di stabilità migliore rispetto all'intero popolamento. Nella quasi totalità dei casi le differenze sono statisticamente significative (Kruskall-Wallis test; il p-level di riferimento per la definizione della significatività del test è stato ottenuto applicando la correzione di Bonferroni). Nello specifico si ha differenza significativa al test statistico con pv<0,05 per: i) rapporto ipsodiametrico (Amiata: candidate = 63,93 e altre = 77,78; Pratomagno: candidate = 55,20 e altre = 67,48); ii) area di insidenza (Amiata: candidate = 13,81m² e altre = 8,98 m² ; Pratomagno: candidate = 16,38 m² e altre = 7,68 m²) ; iii) profondità relativa della chioma (Amiata: candidate = 0,45 e altre = 0,39; Pratomagno: candidate = 0,42 e altre = 0,34); iv) numero dei palchi vivi (Amiata: candidate = 19,24 e altre = 15,65; Pratomagno: candidate = 21,5 e altre = 16,97); v) eccentricità della chioma (Amiata: candidate = 1,38 e altre = 1,43). In Pratomagno la differenza tra i valori di eccentricità della chioma (candidate = 1,71 e altre = 1,90) non risulta statisticamente significativa.

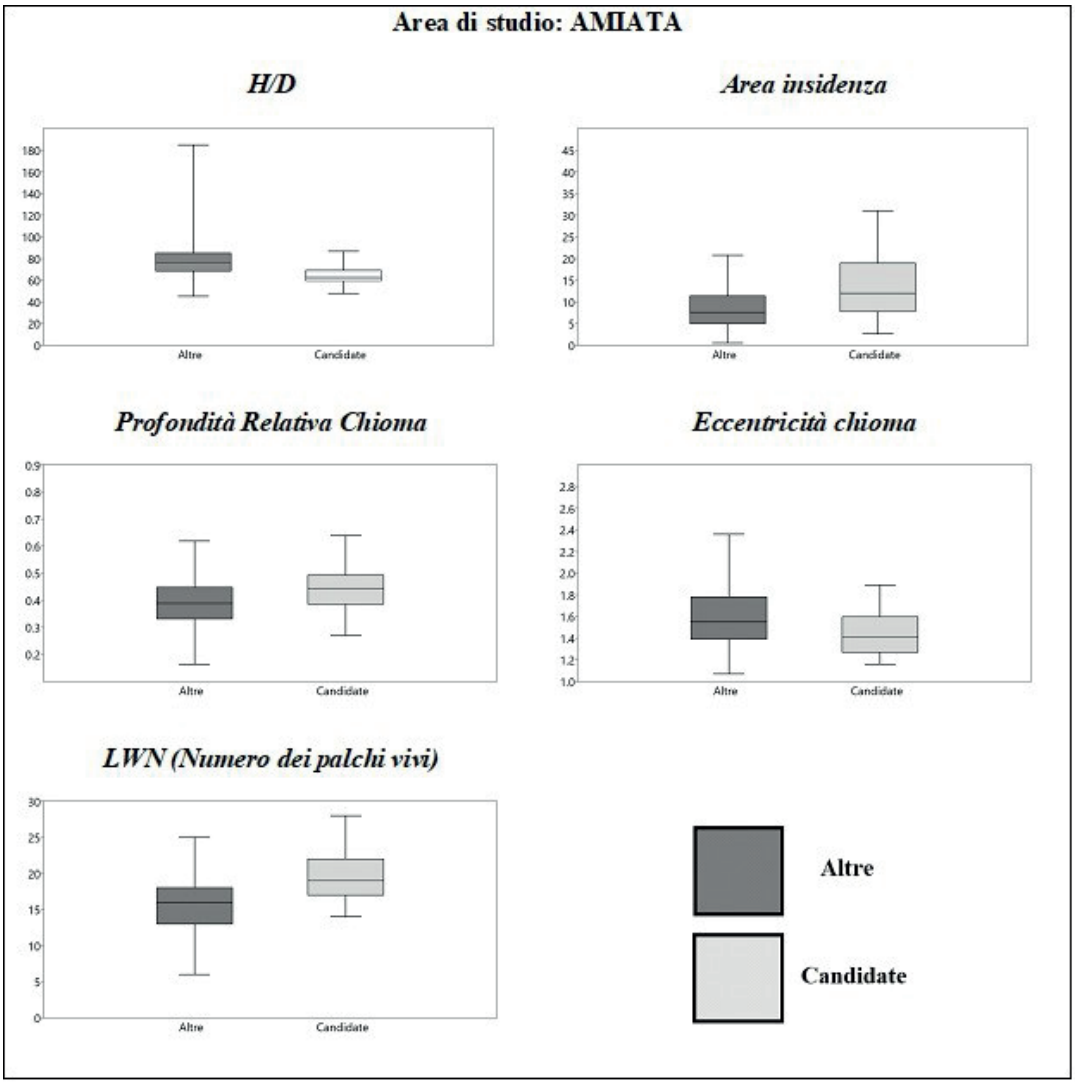


Figura 5 - Principali parametri di stabilità delle piante: confronto tra piante candidate e resto del popolamento nell'area studio dell'Amiata

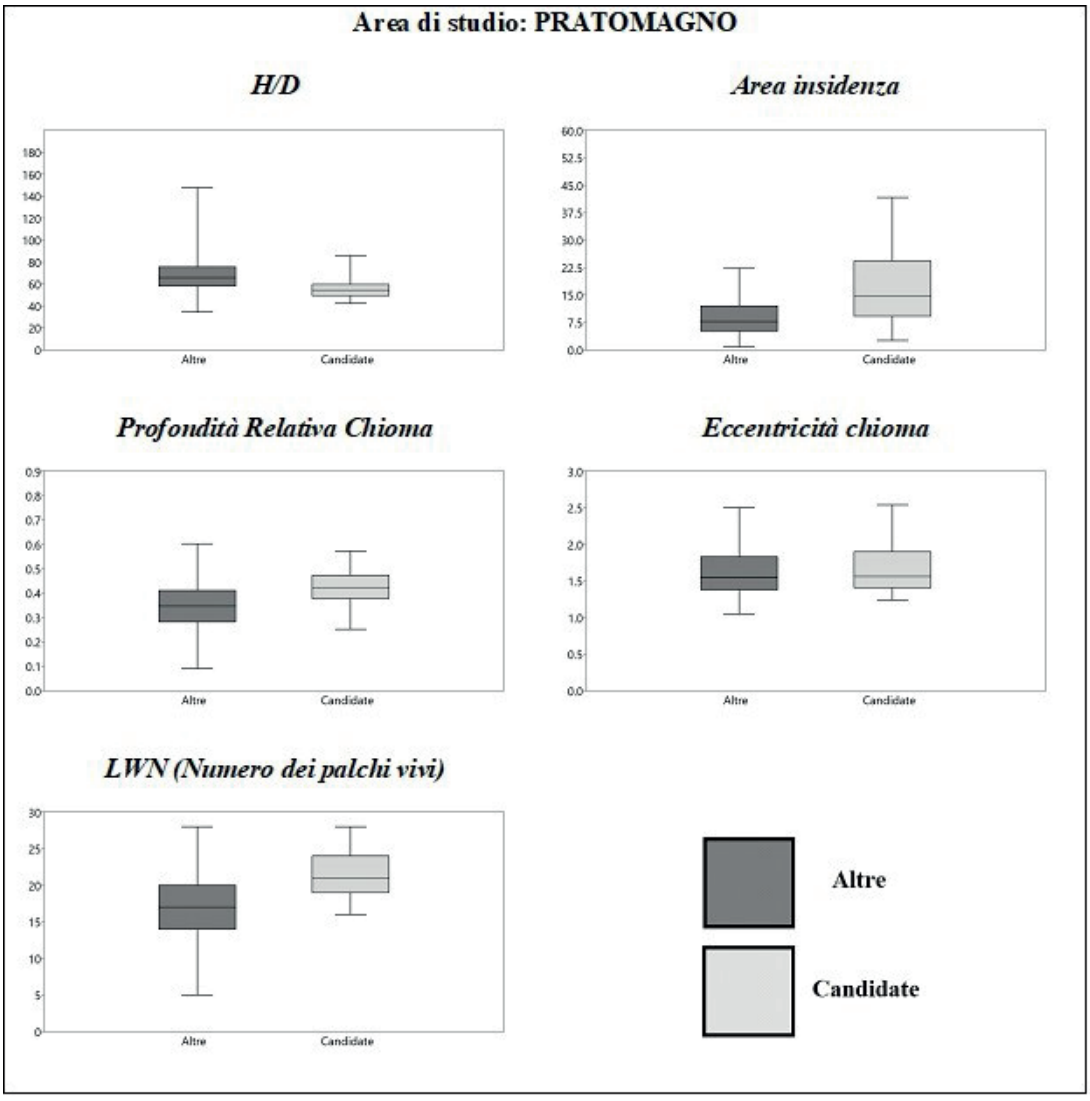


Figura 6 - Principali parametri di stabilità delle piante: confronto tra piante candidate e resto del popolamento nell'area studio del Pratomagno

Effetti dei trattamenti selvicolturali sulla stabilità del popolamento e della sua "frazione candidabile"

In termini di variazioni del grado di stabilità a livello di popolamento, gli effetti dei trattamenti selvicolturali evidenziano, a distanza di tre anni dagli interventi, un aumento del rapporto ipsodiametrico medio nella tesi nessun trattamento (controllo) ed una diminuzione per entrambe le tesi di diradamento. L'aumento del grado di stabilità medio riferito a tutto il popolamento è maggiore nella tesi diradamento dal basso (tab. 4).

Amiata			
	H/D 2015	**H/D 2018**	**Diff. %**
Controllo	76,02	78,60	3,4
Basso	75,50	71,87	- 4,8
Selettivo	80,03	78,24	- 2,2
Pratomagno			
	H/D 2015	**H/D 2018**	**Diff. %**
Controllo	64,41	67,88	5,4
Basso	70,67	69,45	- 1,7
Selettivo	66,14	66,52	0,6

Tabella 4 - Effetti delle diverse tesi di trattamento selvicolturale sul rapporto ipsodiametrico medio dei due popolamenti.

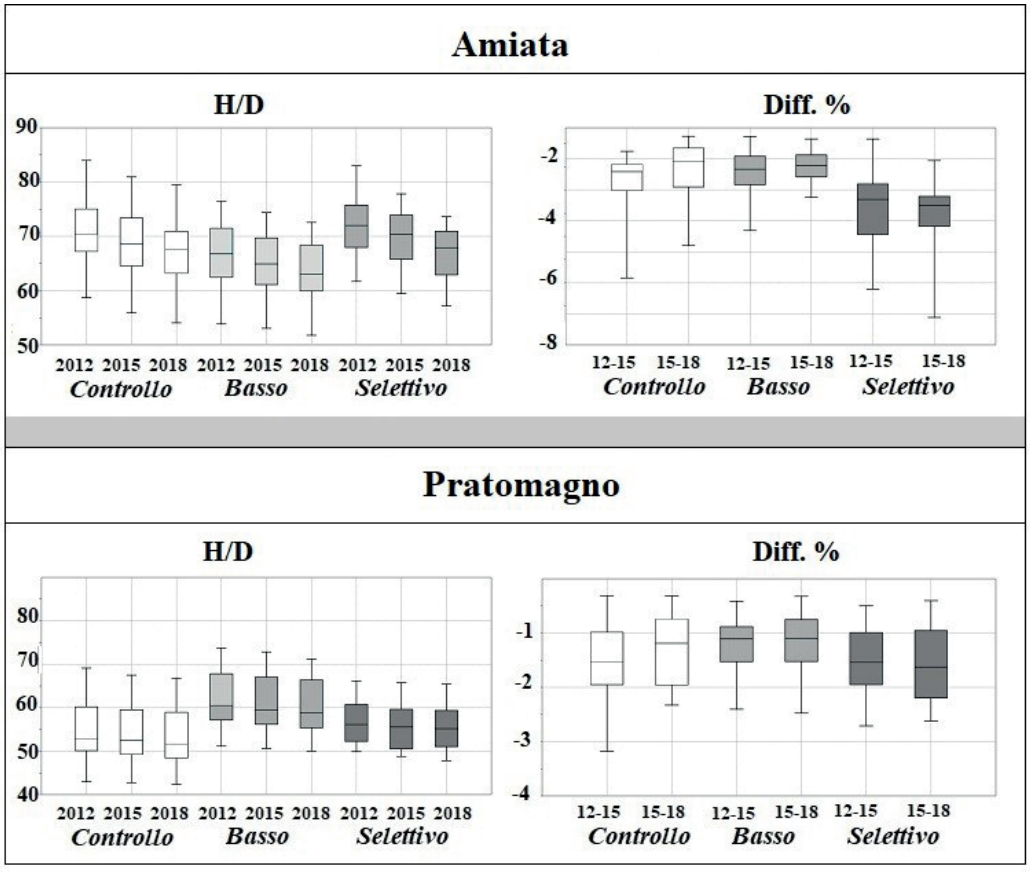


Figura 7 - Variazioni del rapporto ipsodiametrico riferito alla sola "frazione candidabile" nelle due aree di studio nel triennio precedente ed in quello successivo agli interventi di diradamento.

In termini di variazione del grado di stabilità riferito alla sola "frazione candidabile" del popolamento, per tutte e tre le tesi di trattamento si registrano delle diminuzioni del rapporto ipsodiametrico, quindi maggiore stabilità nel tempo delle piante, dovute sia agli effetti di auto-diradamento connessi alla mortalità naturale sia agli effetti diretti sulla competizione dovuti ai trattamenti selvicolturali. In Amiata risultano statisticamente significative (Kruskal-Wallis test; il p-level di riferimento per la definizione della significatività del test è stato ottenuto applicando la correzione di Bonferroni) le seguenti differenze: tesi "controllo" H/D2012 = 58,70 e H/D2018 = 54,06 con pv = 0,048; tesi "diradamento selettivo" H/D2012 = 61,69 e H/D2018 = 57, 19 con pv = 0,010). In Pratomagno non risultano differenze statisticamente significative. Queste tendenze si riflettono anche quando si vanno a considerare le differenze percentuali (diminuzioni) del rapporto ipsodiametrico nel triennio precedente ed in quello successivo agli interventi selvicolturali. In media la diminuzione in termini di H/D è maggiore per la tesi "diradamento selettivo" soprattutto nell'area dell'Amiata. Non si hanno differenze significative ai test statistici.

Discussione

L'obiettivo principale del diradamento selettivo è quello di intervenire sulla dinamica di sviluppo delle chiome e sulla disponibilità di luce da essa strettamente influenzata, attraverso una selezione che tenga conto della posizione relativa di ciascun albero rispetto ai circostanti. Nel diradamento selettivo un particolare individuo all'interno di un popolamento forestale assume il ruolo di pianta candidata sia per le sue caratteristiche intrinseche sia per il confronto con le piante circostanti, ovvero le sue dirette competitrici a livello di chioma e di radici. I risultati della sperimentazione confermano come i parametri di stabilità meccanica siano tra le caratteristiche che meglio distinguono una pianta candidata, e quindi potenzialmente deputata a far parte del popolamento nelle sue fasi più mature. In merito agli aspetti applicativi, tra i vari parametri indagati il rapporto ipsodiametrico e la conta del numero dei palchi vivi sono quelli che offrono le maggiori informazioni soprattutto se si tiene conto del fatto che dipendono il primo da due variabili dendrometriche comunemente misurate quando si studia un bosco, diametro e altezza, mentre il secondo è di facile determinazione (MARCHI *et al.*, 2017). I parametri connessi allo sviluppo delle chiome sono viceversa molto onerosi da ottenere in quanto frutto di misurazioni che richiedono molto tempo quindi non facilmente eseguibili se non per motivi di ricerca. Il rapporto ipsodiametrico è senza dubbio il parametro che trova la maggiore applicabilità. A questo riguardo è importante sottolineare come i valori di soglia critica per la stabilità, presenti in letteratura e comunemente impiegati per i popolamenti di conifere, per quanto riguarda i boschi italiani siano pari a 85-90 per l'abete bianco e la douglasia (LA MARCA 2005), a 80-100 per l'abete rosso (THOMASIUS *et al*., 1986; ABETZ, 1987; KONOPKA, 1999), 100 per il pino silvestre (PETTY E SWAIN, 1985). Non esistono lavori sperimentali che indichino un valore soglia specifico per il pino nero. Dai pochi dati disponibili in letteratura è stato ipotizzato per il pino nero un valore soglia pari a 90 (CANTIANI E CHIAVETTA, 2015). Per i due popolamenti oggetto di indagine i risultati di questo lavoro evidenziano valori del rapporto ipsodiametrico medio del popolamento sensibilmente più bassi di quanto ipotizzato. Anche l'analisi del rapporto ipsodiametrico desunto dal modello alsometrico riporta per boschi a densità "normale" valori del rapporto ipsodiametrico sempre inferiori alla soglia 90 (BERNETTI *et al*., 1969). Questi valori, da un lato, rendono conto dell'elevato livello di stabilità generale dei boschi oggetto della ricerca, soprattutto se si tiene conto del fatto che in nessuno dei due popolamenti erano stati effettuati in passato interventi intercalari in grado di incidere sui rapporti di competizione. I risultati evidenziano la necessità di indagare più

a fondo sui parametri di stabilità meccanica dei rimboschimenti artificiali di pino nero appenninici in modo da poter giungere a valori soglia che meglio si adattino alla specie.
I primi anni successivi ad un diradamento sono quelli maggiormente critici verso la suscettibilità agli eventi meteorici (PIUSSI E ALBERTI, 2015). Dopo il diradamento la struttura del bosco è infatti particolarmente vulnerabile fino a quando gli effetti incrementali attesi dall'intervento determinino il riassetto strutturale del bosco. Con il diradamento selettivo in particolare si interviene su porzioni puntuali del popolamento forestale e si opera così una sorta di "destrutturazione" orizzontale e soprattutto verticale del bosco. Negli anni immediatamente successivi agli interventi intercalari (soprattutto quelli effettuati con modalità tali da incidere nel piano dominante) ci si potrebbe aspettare quello che è stato definito dalla letteratura come "shock da diradamento", ovvero un periodo traumatico del bosco dovuto all'improvvisa esposizione degli alberi agli agenti atmosferici. Ciò potrebbe comportare risposte negative in termini di accrescimento diametrico e altimetrico, clorosi fogliare, danni o mortalità a causa dell'improvvisa esposizione ai raggi solari degli individui (HARRINGTON E REUKEMA, 1983). È quindi cruciale la valutazione dell'immediata risposta dei popolamenti ad interventi, come il diradamento selettivo, che agiscono incisivamente sulla struttura del popolamento. Nel breve arco temporale post intervento analizzato non si sono registrati tali fenomeni in nessuna tesi di trattamento applicata.
I risultati della sperimentazione, in termini di valori medi del grado di stabilità di tutto il popolamento dimostrano performance migliori per i popolamenti trattati col diradamento dal basso rispetto a quello selettivo (tab. 4). Questo risultato è dovuto in massima parte alla natura stessa della modalità di tale trattamento selvicolturale, che prevede il prelievo totale della sola classe dominata e incide, quando di intensità forte, solo marginalmente nelle altre classi sociali. Le piante della classe dominata, come si evince dalle tabelle 2 e 3, sono quelle coi rapporti ipsodiametrici più elevati e di gran lunga superiori al rapporto ipsodiametrico medio dei popolamenti prima degli interventi.
Nel diradamento selettivo, invece, allo scopo di favorire le piante candidate, vengono prelevate piante delle classi sociali codominanti e dominanti che rappresentano le loro dirette competitrici. Il metodo prevede che il resto del popolamento, che non compete con le piante candidate, venga rilasciato integralmente e quindi le classi diametriche più basse e con i valori più alti di rapporto ipsodiametrico rimangano in piedi anche dopo l'intervento selvicolturale. Le due diverse modalità di prelievo spiegano quindi gli effetti immediati post-intervento in termini della variazione della stabilità media dei popolamenti (tab. 4).
Molto più interessante è analizzare gli effetti che le due modalità di diradamento producono nel breve periodo sulla "frazione candidabile", cioè su quella quota dei soggetti dominanti che andranno a costituire il futuro soprassuolo maturo. In questi termini, i risultati evidenziano che la frazione dominante dei popolamenti trattati col diradamento selettivo ha avuto un incremento, pur se lieve, del grado di stabilità rispetto all'andamento del periodo pre-intervento. Ciò è avvenuto in misura maggiore e con differenze statisticamente significative, per il popolamento più giovane (Amiata), ma con un trend positivo pure per il popolamento di età maggiore (Pratomagno). La capacità di reazione anche della fustaia adulta (Pratomagno) è in accordo con i risultati degli studi sui ritmi incrementali del pino laricio in Toscana (HERMANIN E SANI, 1989), i quali dimostrano per questa specie trend di crescita che si mantengono positivi molto oltre i 60 anni di età. Ciò può far supporre che in popolamenti di media-buona fertilità sia possibile operare il diradamento selettivo pure se si tratta del primo intervento intercalare.
A maggior conforto circa l'immediata azione positiva del diradamento sulla componente dominante dei popolamenti è la considerazione che, a due anni dagli interventi, il 2017 è stato un anno particolarmente siccitoso e caldo durante tutto il periodo

vegetativo (DI SALVATORE E GARDIN, 2019; GARDIN, 2019; LAZZERINI, 2020).
I risultati della ricerca sono in accordo con precedenti lavori sperimentali sui primi diradamenti di pinete artificiali di pino nero appenniniche. Si conferma infatti come il pino nero reagisce positivamente in termini di stabilità anche a primi interventi tardivi (elevata plasticità della specie) ma soprattutto rispetto alla sua componente dominante (BIANCHI *et al*., 2010; CANTIANI *et al*., 2010; TODARO *et al*., 2013; SCANFERLA, 2018; PATACCHINI, 2019). Ricerche sperimentali realizzate a 7 anni dagli interventi di diradamento selettivo in pinete di pino nero adulte hanno dimostrato che l'effetto incrementale sulle piante candidate si mantiene sostenuto in termini di diametro mentre diminuisce quello in altezza (PAGNACCO, 2017).

Conclusioni

Le finalità dell'opera di sistemazione e rimboschimento dei territori montani appenninici sono state da un lato intraprendere migliorie nell'assetto idrogeologico della montagna, minato dalla forte pressione antropica avvenuta soprattutto nei primi decenni del secolo scorso e condizionata dal forte incremento della popolazione avvenuto dopo il primo conflitto mondiale (AGNOLETTI, 2018), dall'altro pianificare un graduale ritorno di questi territori verso ecosistemi forestali sempre più funzionali ed ecologicamente complessi. La prima tappa di tale processo non poteva che essere la creazione dal nulla di boschi rustici a struttura semplificata. La scelta di optare principalmente su piantagioni di pino nero è stata, col senno di poi, certamente indovinata. I boschi monospecifici e monoplani sono però quelli che presentano le strutture più fragili e vulnerabili agli agenti atmosferici severi, soprattutto ad eventi ventosi intensi.
Il processo di successione dalla pineta al bosco di specie autoctone o comunque maggiormente esigenti rispetto al pino nero, naturale o artificiale che sia, è possibile allorquando la fase pioniera operata dalla pineta abbia concluso il suo corso. Attualmente ancora non è possibile analizzare dati sperimentali circa la longevità potenziale delle pinete artificiali di pino nero appenniniche. Esempi di pinete di pino nero e laricio italiane ed europee naturali dimostrerebbero come la specie abbia lunghe aspettative di vita. Soprattutto il pino laricio, che è stata la specie maggiormente impiegata nei rimboschimenti appenninici più recenti, evidenzia, rispetto al pino nero austriaco un tasso di crescita attivo superiore a quanto modellizzato negli anni 60 del secolo scorso. Il modello alsometrico delle pinete di pino nero e laricio della Toscana, basato sull'analisi di popolamenti ancora giovani, prevedeva il culmine dell'incremento corrente di massa totale ad età molto giovani (BERNETTI *et al*., 1969). Successive rivisitazioni del modello, basate soprattutto su pinete a prevalenza di pino laricio, hanno dimostrato che tale culmine sia spostato in realtà ad età molto più avanzate (almeno 60 anni). Ovviamente i modelli alsometrici si basano su popolamenti gestiti, ovvero che hanno beneficiato di un regime di diradamenti che, seppur moderati e dal basso, hanno nel tempo regolarizzato la densità dei popolamenti (HERMANIN E SANI, 1989; BERNETTI, 1995).
In una visione multifunzionale della gestione forestale di popolamenti particolarmente fragili come i boschi di impianto artificiale la corretta esecuzione degli interventi di diradamento si conferma come uno degli aspetti maggiormente incisivi per l'erogazione dei diversi servizi ecosistemici.
Il diradamento selettivo è concepito per valorizzare al massimo in termini di crescita ed aumento di stabilità la componente dominante del popolamento. Visti i risultati di questa ricerca preliminare, sarà necessario seguire nel tempo il protocollo sperimentale per valutare come i popolamenti trattati reagiranno nel medio e lungo periodo agli interventi. La ricerca dovrà pure essere mirata alla definizione del periodo necessario tra un diradamento e il successivo per la messa a punto di un modello di frequenza ottimale degli interventi intercalari.

Ringraziamenti

Il presente studio è stato condotto nell'ambito del Progetto LIFE 13 BIO/IT/00282 SelPiBio.

BIBLIOGRAFIA

ABETZ P., 1987 - *Why the crop tree aligned thinning system (*ZB-Df*) increases the stability and productivity of stands*. In: Proceedings of the "Development of Thinning Systems to Reduce Stand Damages. IUFRO Group S1.05-05" (Knutell H ed). Department of Operational Efficiency, Faculty of Forestry, Swedish University of Agricultural Sciences, Garpenberg, Sweden, 35-42.

AGNOLETTI M., 2018 - *Storia del bosco. Il paesaggio forestale italiano.* Ed. Laterza, 366 pp.

BARBATO D., PERINI C., MOCALI S., BACARO G., TORDONI E., MACCHERINI S., MARCHI M., CANTIANI P., DE MEO I., BIANCHETTO E., LANDI S., BRUSCHINI S., BETTINI G., GARDIN L., SALERNI E., 2019 - *Teamwork makes the dream work: Disentangling cross-taxon congruence across soil biota in black pine plantations.* Science of The Total Environment, 656, 659-669.

BASTIEN Y., HEIN S., CHAVANE A., 2005 - *Sylviculture du hêtre: Contraintes, enjeux, orientations de gestion.* Revue Forestière Française, 57, 2: 11-122

BERNETTI G., CANTIANI M., HELLRIGL B., 1969 - *Ricerche alsometriche e dendrometriche sulle pinete di pino nero e laricio in Toscana.* L'Italia Forestale e Montana, XXIV (1): 10-40

BERNETTI G., 1995 - *Selvicoltura speciale.* Unione Tipografico-Editrice Torinese.

BIANCHI L., PACI M., BRESCIANI A., 2010 - *Effetti del diradamento in parcelle sperimentali di pino nero in Casentino (AR): risultati a otto anni dall'intervento.* Forest@ 7: 73-83.

BRUCHERT F., GARDINER B., 2006 - *The effect of wind exposure on the tree aerial architecture and biomechanics of Sitka spruce (Picea sitchensis, Pinacee).* American Journal of Botany. 93 (10): 1512-1521.

CAMERON A. D, 2002 - *Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review.* Forestry 75: 25-35.

CANTIANI M., 1969 - *Tavola alsometrica a tre classi di fertilità dei rimboschimenti di pino nero e laricio della Toscana sottoposti ad un'ipotesi di diradamento celero-incrementale.* L'Italia Forestale e Montana, 29-30 pp.

CANTIANI P., PLUTINO M., 2008 - *Le pinete di impianto di pino nero. Indagini sperimentali sul trattamento selvicolturale.* In: Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19.

CANTIANI P., PIOVOSI M. 2009 - *La gestione dei rimboschimenti di pino nero appenninici. I diradamenti nella strategia di rinaturalizzazione.* Annals of Silvicultural Research, 35, 35-42.

CANTIANI P., PLUTINO M., AMORINI E., 2010 - *Effects of silvicultural treatment on the stability of black pine plantations.* Annals of Silvicultural Research, 36, 49-58.

CANTIANI P., CHIAVETTA U., 2015 - *Estimating the mechanical stability of Pinus nigra Arn. using an alternative approach across several plantations in central Italy.* iForest-Biogeosciences and Forestry 8.6: 846 pp.

CANTIANI P. (a cura di), 2016 - *Il diradamento selettivo. Accrescere stabilità e biodiversità in boschi artificiali di pino nero.* Manuale tecnico SelPiBioLife. Compagnia delle Foreste. 62 pp.

CANTIANI P., DI SALVATORE U., ROMANO R., 2018 - *La selvicoltura delle pinete artificiali di pino nero: analisi delle legislazioni regionali italiane.* Forest@ 16: 99-111.

CORONA P., FERRARA A., LA MARCA O., 1989 - *Un sistema di misura delle ampiezze anulari.* Il dendrocronografo SMIL 3. L'Italia Forestale e Montana, XLIV (5): 391-404.

DE PHILIPPIS A., 1949. *I Diradamenti Boschivi.* Universitaria Editrice

DI SALVATORE U., GARDIN L., 2019., 2019 – *Effetti dei diradamenti sul microclima. In: Gestione forestale e benefici ambientali. L'esperienza SelPiBioLife per le pinete artificiali di pino nero*. Compagnia delle Foreste. https://www.selpibio.eu/pubblicazioni/report-benefici-ambientali.html (ultima visita: 3 aprile 2020)

DIACI J., ADAMIČ T., ROZMAN A., FIDEJ G., ROŽENBERGAR D., 2019 - *Conversion of Pinus nigra Plantations with Natural Regeneration in the Slovenian Karst: The Importance of Intermediate,* Gradually Formed Canopy Gaps. Forests, 10(12): 1136 pp.

ENESCU C., DE RIGO D., CAUDULLO G., MAURI A., HOUSTON DURRANT T., 2016 - *Pinus nigra in Europe: distribution,* habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), European Atlas of Forest Tree Species.

GARDIN L., 2019 - *La caratterizzazione climatica.* In: Gestione forestale e benefici ambientali. L'esperienza SelPiBioLife per le pinete artificiali di pino nero. Compagnia delle Foreste. https://www.selpibio.eu/pubblicazioni/report-benefici-ambientali.html (ultima visita: 3 aprile 2020)

GASPARINI P., TABACCHI G., 2011 - *L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC 2005.* Secondo inventario forestale nazionale italiano. Metodi e risultati. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali. 653 pp.

GROTTI M., 2015 - *Confronto fra due modalità di dirada-*

mento in due popolamenti artificiali di pino nero. Tesi di laurea triennale in Scienze forestali e ambientali. Università degli Studi di Firenze.

HARRINGTON C. A., REUKEMA D. L., 1983 - *Initial shock and long-term stand development following thinning in a Douglas-fir plantation.* For. Sci. 29: 33–46.

HERMANIN L., SANI L., 1989 - *Indagini sulla produzione del pino laricio in Toscana.* Annali dell'Istituto sperimentale per la selvicoltura, 20: 571-600.

KONOPKA J., 1999 - *Ohrozenie lesnych porastov mechanicky posobiacimi abiotickymi činitelmi [Abiotic factors threatening the mechanical stability of forest stands].* Lesnicky časopis (Forestry Journal) 45: 51-72. [in Slovak].

LA MARCA O., 2005 - *Studi e ricerche sui danni da neve e vento nella foresta di Vallombrosa*. L'Italia Forestale E Montana, 60 (2): 193–202.

LAZZERINI G., 2020 – *La gestione selvicolturale delle pinete di Pinus nigra in Appennino. Confronto tra diradamenti e risposta incrementale.* Tesi di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie dei Sistemi Forestali. Università degli Studi di Firenze.

MARCHI M., CHIAVETTA U., CANTIANI P., 2017 - *Assessing the mechanical stability of trees in artificial plantations of Pinus nigra JF Arnold using the LWN tool under different site indexes.* Annals of Silvicultural Research, 41(1): 48-53.

MARCHI M., PALETTO A., CANTIANI, P., BIANCHETTO E., DE MEO I., 2018 - *Comparing Thinning System Effects on Ecosystem Services Provision in Artificial Black Pine* (Pinus nigra J. F. Arnold) Forests. Forests (9): 188.

MERCURIO R., 2010 - *Restauro della foresta mediterranea.* Clueb.

MITCHELL S. J., 2000 - *Stem growth responses in Douglas-fir and Sitka spruce following thinning: implications for assessing wind-firmness.* Forest Ecology and Management, 135 (1-3): 105–114.

MITCHELL S. J., RUEL J. C., 2016 - *Modeling windhtrow at stand and landscape scale.* In: Pereira AH, Sturtevant BR, Buse LJ (eds) Simulation modeling of forest landscape disturbance. Springer Cham: 17-43.

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.

NICOLL B. C., GARDINER B. A., RAYNER B., PEACE A.J., 2006 - *Anchorage of coniferous trees in relation to species, soil type, and rooting depth*. Canadian Journal of Forest Research 36 (7): 1871–1883. doi:10.1139/x06-072.

PAGNACCO G., 2017 - *Analisi strutturale di un popolamento artificiale di pino nero in Toscana sottoposto a diverse modalità di diradamento.* Tesi di laurea triennale in Tecnologie Forestali e Ambientali. Università degli Studi di Padova.

PATACCHINI M., 2019 - *Variazioni del rapporto ipsodiametrico dei fusti in pinete di pino nero a seguito di diradamenti condotti con modalità diverse.* Tesi di laurea triennale in Scienze Forestali e Ambientali. Università degli studi di Firenze.

PELTOLA H., KELLOMÄKI S., HASSINEN A., GRANANDER M., 2000 - *Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland.* Forest Ecology and Management, 135(1): 143-153.

PETTY J. A., SWAIN C., 1985 - *Factors influencing stem breakage of conifers in high winds*. Forestry 58 (1): 75-84. doi: 10.1093/forestry/58.1.75

PIUSSI P., 1986 - *Diradamenti e stabilità dei soprassuoli.* Monti e Boschi, 4: 9-13.

PIUSSI P., ALBERTI G., 2015 - *Selvicoltura generale: boschi, società e tecniche colturali*. Compagnia delle foreste.

TODARO L., QUARTULLI S., ROBUSTO A., MORETTI N., 2013 - *Effects of different thinning regimes on stand stability and timber assortments in a Douglas-fir forest.* Italian Journal of Forest and Mountain Environments, 57(5): 451-466.

PRETZSCH H., SCHUTZE G., 2005 - *Crown allometry and growing space efficiency of Norway spruce* (Picea abies [L.] Karst.) and European beech (Fagus sylvatica L.) in pure and mixed stands. Plant Biol. 7: 628–639.

PRETZSCH H., 2014 - *Canopy space filling and tree crown morphology in mixed-species stands compared with monocultures.* Forest Ecology and Management 327: 251-264.

SCAPIGLIATI R., 2018 - *Un indice di competizione come supporto decisionale ai diradamenti selettivi in popolamenti artificiali di pino nero.* Tesi di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie dei Sistemi Forestali. Università degli Studi di Firenze.

SCANFERLA R., 2018 - *Effetti incrementali nel breve periodo in seguito a diradamento selettivo su un popolamento artificiale di pino nero.* Tesi di laurea triennale in Tecnologie Forestali e Ambientali. Università degli studi di Padova.

SCHINDLER D., BAUHUS J., MAYER H, 2012 - Wind effects on trees. European Journal of Forest Research 131 (1): 159-163.

SELPIBIOLIFE - https://www.selpibio.eu/

THOMASIUS H., EUTTER D., MARSCH M., 1986 - *Massnahmen zur Stabilisierung von Fichtenforsten gegenuber Schnee- und Sturmschaden* [Measures to stabilize Norway spruce plantations towards wind and snow damages]. In: Proceedings of the "18th IUFRO Conference". Ljubljana (Slovenia) 7-21 September 1986. Jugoslavenska Akademija Znanosti i Umjetnosti, Zagreb, Croatia, 103 pp [in German].

WILSON J. S., OLIVER C. D., 2000 - *Stability and density management in Douglas-fir plantations.* Canadian Journal of Forest Research 30 (6): 910–920.

Mattia Patacchini
UNIFI
e-mail: mattia.patacchini@stud.unifi.it

Giada Lazzerini
UNIFI
e-mail: giada.lazzerini@stud.unifi.it

Umberto Di Salvatore
CREA Foreste e Legno
Viale Santa Margherita, 80 Arezzo
e-mail: umberto.disalvatore@crea.gov.it

Paolo Cantiani
CREA Foreste e Legno.
Viale Santa Margherita, 80 Arezzo
e-mail: paolo.cantiani@crea.gov.it

PAROLE CHIAVE: pino nero, stabilità meccanica, diradamento selettivo

RIASSUNTO

La valenza economica diretta delle pinete artificiali di pino nero è scarsa per il valore limitato delle produzioni possibili, tanto che la gestione attiva di queste formazioni è generalmente episodica e limitata soprattutto alle stazioni con maggior accessibilità, dove i costi per la selvicoltura si contengono. D'altro canto è importante che le pinete siano gestite in modo tale da assolvere ancora la funzione protettiva per la quale erano state concepite. La selvicoltura delle pinete deve quindi prioritariamente tendere verso un incremento della loro stabilità meccanica, soprattutto in considerazione del progressivo spostamento di questi popolamenti verso stadi sempre più maturi e maggiormente vulnerabili. Le prove sperimentali hanno avuto l'obiettivo di valutare la dinamica del grado di stabilità complessivo, e nello specifico della componente dominante, dei popolamenti nei primi anni dopo gli interventi applicati (diradamento dal basso e selettivo) su fustaie di diversa età (60 e 45 anni) in due comprensori della Toscana (Pratomagno aretino e Amiata Val d'Orcia). Il principale parametro di stabilità, il rapporto altezza/diametro, dimostra un incremento positivo della stabilità meccanica già nell'immediato triennio post intervento. Il fenomeno è maggiormente evidente nei popolamenti più giovani. Vengono descritte inoltre le principali modalità di individuazione delle piante candidate attraverso l'elaborazione e l'analisi di alcuni parametri di stabilità meccanica desumibili da semplici misurazioni dendrometriche

KEY WORDS: black pine, mechanical stability, selective thinning

ABSTRACT

The direct economic value of artificial black pine plantations is scarce due to the limited value of possible productions, so much so that the active management of these formations is generally episodic and limited especially to sites with greater accessibility and where there are contained costs for silviculture. On the other hand, it's important that the pine forests are managed still to perform the protective function for which they were designed. Silviculture of pine forests must therefore give priority to increasing their mechanical stability, especially in view of the progressive shift of these population towards more mature stages. The aim of the experimental tests is to evaluate the dynamics of stability of the dominant component of the population in the years after the silvicultural treatments applied (thinning from below and selective thinning) on high forests of different ages (60 and 45 years) in two areas of Tuscany (Pratomagno aretino and Amiata Val d'Orcia). The main stability parameter, the hypsodiametric ratio, shows a positive increase in mechanical stability already in the three years after treatments. This is more evident in younger stands. There are also described the main methods of identifying the candidate plants through the processing and analysis of some mechanical stability parameters that can be obtained from simple dendrometric measurements