



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI Scuola di Agraria
FIRENZE

Corso di Laurea Magistrale in
Scienze e Tecnologie dei Sistemi Forestali
(Classe LM-73)

Materia della Tesi: Selvicoltura speciale

**“La gestione selvicolturale delle pinete di *Pinus nigra*
in Appennino. Confronto tra diradamenti e risposta
incrementale.”**

**“The silvicultural management of black pine stands
in the Apennines. Comparing tendings and their
influence on growth.”**

Relatore: **Prof. Fabio Salbitano**

Correlatore: **Dr. Paolo Cantiani**

Candidato: **Giada Lazzerini**

Anno accademico 2018/2019

Riassunto

Autore: Giada Lazzerini

Anno Accademico: 2018/2019

Titolo: La gestione selvicolturale delle pinete di *Pinus nigra* in Appennino. Confronto tra diradamenti e risposta incrementale.

L'elaborato ha come obiettivo la valutazione degli effetti incrementali di una tecnica gestionale innovativa su pinete artificiali di *Pinus nigra* in fase giovanile nell'Appennino toscano. I popolamenti in esame sono situati in Pratomagno nel comune di Loro Ciuffenna (AR) e nel Monte Amiata nel comune di Castiglione d'Orcia (SI).

Lo studio si è concentrato sulla valutazione dell'incremento diametrico corrente della frazione dominante dei popolamenti sottoposti ad intervento. La risposta incrementale del trattamento innovativo, il diradamento selettivo proposto dal progetto SelPiBioLife, è stata posta a confronto con quella determinata dal diradamento tradizionale dal basso e dall'assenza di trattamento. In particolare per ogni tesi di trattamento è stato confrontato l'andamento degli incrementi nel periodo posteriore ai trattamenti (2016-2018) con quello nel periodo precedente, distinguendo tra i 3 (2013-2015) e i 5 anni prima (2011-2015). L'analisi degli incrementi è stata possibile attraverso la lettura degli anelli incrementali di carote lignee prelevate attraverso succhiello di Pressler. La lettura è avvenuta tramite dendrocronografo Lega SMIL 3.

I risultati dello studio sono stati sottoposti ad analisi statistica per pesarne la validità e sono stati posti a confronto con l'andamento climatico del periodo successivo al trattamento tramite gli indici di stress idrotermici di Mitrakos.

Lo scopo dello studio è dimostrare l'efficacia del diradamento selettivo sulla funzione produttiva e protettiva del bosco rispetto al trattamento tradizionale ed all'assenza di trattamento. Questo è uno degli obiettivi del progetto SelPiBioLife che ha voluto dimostrare come questa tecnica gestionale innovativa favorisca l'aumento della biodiversità e della funzionalità complessiva dell'ecosistema, comportando l'incremento del valore economico, turistico e di protezione idrogeologica delle pinete. Il diradamento selettivo inoltre permette un prelievo di legname di dimensioni diversificate rispetto a quello prelevato tramite diradamento dal basso e quindi permette di ottenere diverse tipologie di prodotti ed un maggiore rendimento economico.

Abstract

Author: Giada Lazzerini

Year: 2018/2019

Title: The silvicultural management of black pine stands in the Apennines. Comparing tendings and their influence on growth.

The thesis aims to evaluate the incremental effects of an innovative management technique on planted forests of *Pinus nigra* in the Tuscan Apennines. The pine stands are located in Pratomagno (Loro Ciuffenna Municipality) and in Monte Amiata (Castiglione d'Orcia Municipality).

The current diameter growth of a sample of dominant trees has been studied. The investigated treatment is the selective tendings as proposed by the SelPiBioLife EU project. The diameter increments were measured in plots treated by selective thinning and compared to the ones treated by traditional thinning from below system and to control (no treatment) plots. The trend in tree rings width refers to defined periods before and after the treatments, i.e. 3 (2013-2015) and 5 years (2011-2015) before; 3 years (2016-2018) after the thinning time.

The analysis of the increments was possible by reading the tree rings sampled thanks to a Pressler increment borer. The dendrochronograph Lega SMIL 3 was used to read the obtained wood samples.

Significance and validity tests were applied to the so obtained results. In addition, the results were cross-checked to the meteorological data of the sites by applying the drought stress index of Mitrakos.

The study showed the effectiveness of selective thinning on the productive and protective function of the forest compared to the other approaches. This has been one of the major research lines of the SelPiBioLife project which aimed to demonstrate how innovative silvicultural techniques could favor the increase in biodiversity and the overall functionality of forest ecosystems. Selective thinning leads to an increase in the economic, tourist and hydrogeological protection values of the pine forests. As far as it concerns the economic aspect, best referring to the results of this study, selective thinnings produce wooden material of greater value and therefore a higher forest yield.

1. Gli obiettivi della tesi

Lo studio è stato realizzato nell'ambito del progetto SelPiBio *life* (www.selpibio.eu) il cui obiettivo è dimostrare come una tecnica gestionale selvicolturale innovativa in pinete di *Pinus nigra* in fase giovanile nell'Appennino toscano possa migliorarne la funzionalità sia produttiva che protettiva. In particolare il progetto ha voluto dimostrare come un diradamento di tipo selettivo (www.selpibio.eu/publicazioni/item/42-manuale-tecnico-sul-diradamento-selettivo.html), rispetto alla modalità tradizionale (diradamento dal basso) e all'assenza di trattamento, possa determinare un incremento di vigoria e stabilità dei popolamenti di pino ed un aumento di biodiversità che comporterà una maggiore capacità di resistenza e resilienza generale dei suoli. Il diradamento selettivo inoltre permette un prelievo di legname di dimensioni diversificate rispetto a quello prelevato tramite diradamento dal basso e quindi permette di ottenere diverse tipologie di prodotti ed un maggiore rendimento economico.

L'analisi che segue consiste nella valutazione degli effetti incrementali del diradamento selettivo su pinete di pino nero in fase giovanile nell'Appennino toscano. Lo studio si è concentrato sulla valutazione dell'incremento diametrico corrente della frazione dominante dei popolamenti sottoposti a trattamento. Dalla frazione dominante del popolamento ci si aspetta maggiori risposte incrementali. La risposta incrementale del tratto di bosco sottoposto a trattamento di diradamento selettivo è stata posta a confronto con quella sottoposta a diradamento dal basso e con l'area di controllo ossia il tratto di bosco dove non sono stati eseguiti interventi di diradamento. I risultati dello studio sono stati sottoposti ad indagine statistica per pesarne la validità e sono stati posti a confronto con l'andamento climatico del periodo successivo al trattamento tramite gli indici di stress idrotermici di Mitrakos.

2. Il pino nero

Distribuzione geografica

Pinus nigra Arnold deve il suo nome al colore dei solchi della corteccia della pianta adulta e per il colore dell'unghia della squama strobilare. È una specie relictta che ha culminato l'espansione più recente al termine dell'ultima glaciazione grazie alle sue caratteristiche pioniere. In seguito ha subito una forte contrazione a causa delle modificazioni climatiche che hanno favorito numerose altre specie dotate di maggiore concorrenzialità. L'areale attuale del pino nero si presenta fortemente frazionato e distribuito esclusivamente nelle regioni montuose mediterranee, dal Nord Africa e dalla penisola iberica a quella anatolica e alla Crimea (Gellini e Grossoni 1996).

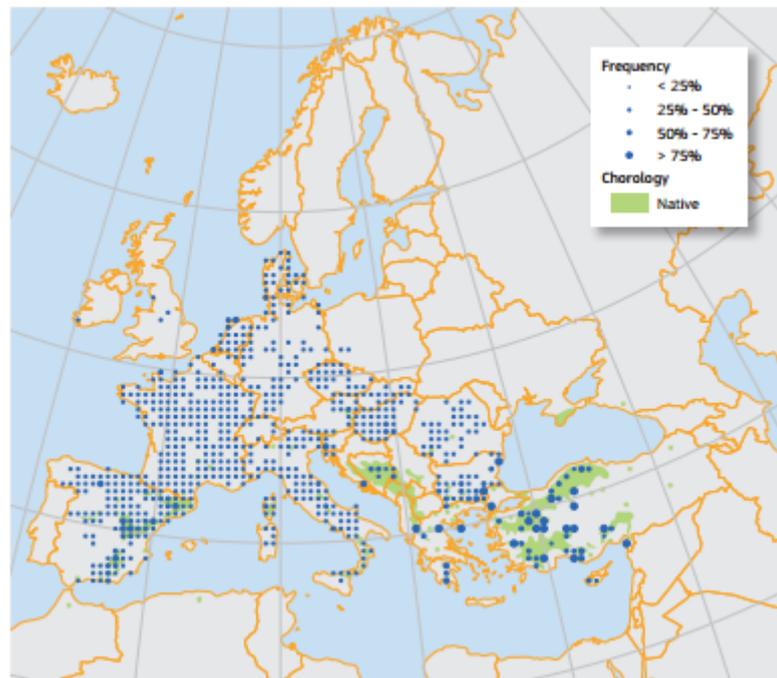


Figura 1. Distribuzione del pino in Europa e corologia.

Sistematica

La discontinuità nell'areale e la variabilità nella forma, unite alla diversificazione delle esigenze colturali e/o tecnologiche, hanno attratto l'attenzione di sistematici e selvicoltori che hanno cercato di inquadrare e definire la posizione sistematica delle diverse popolazioni riferite come *Pinus nigra*. Varie sono le classificazioni della specie, come

quella proposta da Gaussen et al. (1964) in Flora Europea, basata principalmente su caratteri morfologici e quella del Fukarek (1958) che segue basi prevalentemente geografiche pur distinguendo le entità più occidentali anche per gli aghi non rigidi dovuti ai pochi strati di cellule dell'ipoderma e agli strobili brevemente picciolati anziché sessili. Flora europea (1993), per la parte europea dell'areale, distingue la specie *P. nigra* Arn. in 5 sottospecie in funzione sia dell'areale sia della lunghezza e della rigidità dell'ago:

- subsp. *nigra*, il pino austriaco, è diffuso nell'Italia centrale (Abruzzo) e nord-orientale (Friuli), nell'Austria sud-orientale (massiccio del Karawanken) e nella penisola balcanica (compresa la Grecia);
- subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco è la sottospecie più occidentale, chiamato pino di Spagna o pino delle Cevenne è distribuito in Marocco e Algeria, nella Spagna centrale e orientale, sui Pirenei, nelle Cevenne;
- subsp. *laricio* (Poiret) Maire occupa la parte centro-meridionale dell'areale (Corsica, Sicilia e Calabria) ed è segnalata inoltre una piccolissima stazione sul versante orientale del Monti Pisani (Toscana) che però risale probabilmente ad un impianto artificiale di origine medievale;
- subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco si trova lungo le coste della Dalmazia;
- subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, il pino di Crimea, occupa il settore più orientale dell'areale (Crimea, Anatolia, isola di Cipro).

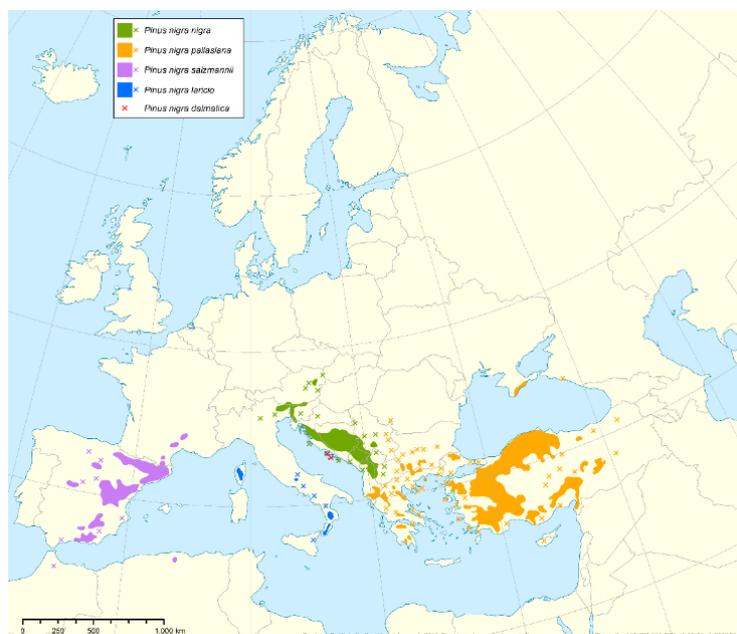


Figura 2. Distribuzione delle sottospecie in Europa.

Ciascuna sottospecie viene suddivisa a sua volta in varietà come ad esempio il pino di Villetta Barrea cioè il *P.nigra* var. *italica* Hochst che presenta caratteri morfologici di transizione tra il pino laricio ed il pino austriaco.

Le entità indigene nel territorio italiano sono il pino nero d'Austria, il pino nero di Villetta Barrea e il pino nero laricio di Calabria spesso diffuse in aree non accorpate e ad altitudini differenti.

La distribuzione di *P. nigra* subsp. *nigra* comprende il Veneto, dove è limitato a 2000 ha nella media valle del Piave, e il Friuli dove invece è più diffuso. Qui occupa ben 17000 ha, la maggior parte dei quali in Valcellina (Pordenone) e nel ramo orientale del bacino del tagliamento (Valle del Fella) dove il luogo più tipico è il Canale di Resia (Stefanelli 1967). Per quanto riguarda la distribuzione altimetrica, a parte una stazione costiera (Lignano) di dubbio indigenato, il pino austriaco si trova da 200 a 1500 m con boschi puri e, con maggiore frequenza, tra i 400 e i 1000 m. Le precipitazioni sono cospicue in tutta l'area: 1700-3200 mm annui con 300-400 mm estivi, ma a causa dei suoli sempre calcarei o dolomitici e poco evoluti, è difficile trovare boschi adulti con altezza media superiore a 20 m.

Per quanto riguarda la distribuzione del pino nero di Villetta Barrea (*P. nigra* var. *italica*) come è stata indicata da Giacobbe (1933) comprende oltre ai boschi abruzzesi, quelli di maggior riferimento, anche quelli dell'alta Val di Sangro mentre il nucleo maggiore è situato vicino all'abitato di Villetta Barrea nel Parco Nazionale dell'Abruzzo. Tuttavia è presente, sebbene in misura minore, anche in Campania, Basilicata e Calabria sui monti di Orsomarso. L'altitudine varia da 1000 a 1350 m e le precipitazioni nella zona sono di 1400 mm annui con 110 mm estivi. Anche in questo caso i suoli derivano da dolomie e calcari e le piante più alte di 15 m sono rare.

Il pino laricio calabrese (*P.n.* subsp. *laricio* var. *calabrica*) si distingue su tre aree separate; la Sila (37000 ha), l'Aspromonte (3000 ha) e il versante settentrionale dell'Etna con le pinete di Linguaglossa estese per 3500 ha (Meschini e Longhi 1955). In Calabria il pino laricio vegeta su suoli da granitici o da scistosi spesso profondi tra 900 e 1600 m. I popolamenti maturi possono superare i 30 m di altezza media. Per quanto riguarda i popolamenti siciliani, il pino si ritrova ad altitudini comprese tra 1200 e 2000 m su suoli giovani di lave basaltiche che consentono sviluppi solo fino a 26 m di altezza media dei

popolamenti. Le precipitazioni nell'area del pino laricio sono di 1400-1800 mm annui con 80-120 mm estivi sia in Calabria che sull'Etna.

Esigenze ecologiche

Pinus nigra Arn. è specie caratterizzata da elevata eliofila e frugalità; non ha particolari esigenze nei riguardi della tessitura del suolo invece la sua reazione chimica caratterizza le diverse sottospecie, differenziando anche l'accrescimento e la qualità del legname. Il pino laricio si trova su suoli acidi, granitici o sabbiosi mentre quello austriaco e quello di Villetta Barrea hanno analogie edafiche, adattandosi bene a suoli calcarei o dolomitici pur tollerando anche suoli marnosi e argillosi compatti purché mai sommersi.

Vegeta male in condizioni di ombra e non si rinnova sotto un denso strato arbustivo.

Per quanto riguarda l'optimum altitudinale, questo è compreso tra gli 800 e i 1500 m anche se il pino nero si ritrova dai 350 m in Italia sino ai 2200 m nelle montagne del Tauro.

Si tratta inoltre di una specie dalle caratteristiche pioniere, di sicuro effetto nei rimboschimenti, in grado di crescere sia in ambienti estremamente secchi che umidi con una notevole tolleranza alle variazioni di temperatura e per questo si trovano spesso pinete, anche estese, al di fuori dell'areale naturale (Gellini e Grossoni 2013).

Importanza ed uso

I tronchi di pino nero sono stati ampiamente utilizzati in passato per la costruzione navale. Data inoltre la sua flessibilità ecologica, è una delle specie vegetali più utilizzate nei rimboschimenti. È molto efficace per la colonizzazione di suoli degradati e le sue radici sono adatte per garantire rinforzo al suolo tanto che questa specie si è dimostrata efficace nel ridurre l'erosione del suolo e nella trattenuta delle frane. Si tratta inoltre di un legno durevole, ricco di resina e facile da lavorare. È particolarmente adatto per pavimentazioni interne tanto che il pavimento della State Opera House di Vienna è fatto interamente di pino nero. Nell'area mediterranea, è utilizzato non solo per la costruzione di porte, rivestimenti, scale e mobili, ma anche come legna da ardere, mentre la polpa viene sfruttata per la produzione di carta.

Si tratta anche di una specie ampiamente utilizzata nei parchi o in aree urbane grazie alla sua tolleranza all'inquinamento.

2.1 I rimboschimenti di pino nero in Toscana

Ad oggi i rimboschimenti di pino nero in Toscana occupano 12357 ha dei quali 3145 ha nella provincia di Firenze dove, prima della seconda guerra mondiale, venne utilizzato in purezza per realizzare il 50% degli impianti e in consociazione per un 20%. Anche le provincie di Siena e di Arezzo ospitano grandi rimboschimenti realizzati con questa specie tra il secondo dopoguerra e la metà degli anni settanta del secolo scorso, circa 2670 ha la prima e 2412 ha la seconda (Ciabatti 2009). Non mancano pareri negativi riguardo a tali rimboschimenti, considerati da molti un errore per svariati motivi. Viene infatti sottolineata l'estraneità di tale conifera al nostro paesaggio, criticata la monospecificità degli impianti e messa in dubbio la sua capacità di migliorare il terreno, legata quest'ultima all'humus molto povero che si produce dagli aghi. Difatti gli unici aspetti positivi riconosciuti al pino nero sono quelli di interrompere l'erosione del suolo e di offrire i generici benefici di una copertura. Tuttavia non bisogna dimenticare che i motivi che portarono alla scelta di tale conifera per la realizzazione dei rimboschimenti furono proprio questi in quanto, sia i forestali che i politici dell'epoca ambivano all'immediato passaggio dalla petraia nuda al bosco di alto fusto in tutti quei territori gravati da un forte dissesto.

Si tratta infatti, per la maggior parte, di soprassuoli pionieri che hanno sostanzialmente raggiunto l'obiettivo originario assicurando in tempi brevi una buona copertura vegetale e riducendo l'erosione anche in casi estremi come quelli in cui gli operai portavano a spalla un po' di terriccio per riempire le buche d' impianto a causa dell'eccessiva superficialità del suolo o della totale assenza di questo. Inoltre durante la fase d'impianto venivano spesso inserite alcune latifoglie, specialmente aceri e frassini, e soprattutto laddove sono state eseguite le cure colturali, queste si sono insediate bene e risultano idonee alla sostituzione della pineta.

In questi casi la scelta gestionale prioritaria, laddove ammissibile, dovrebbe essere quella di tendere ad una progressiva "rinaturalizzazione" dei soprassuoli artificiali, ove con questo termine si intende genericamente un approccio colturale tendente a favorire l'evoluzione verso formazioni forestali formate da specie naturalmente presenti nell'ambiente anche se, una definizione più completa di rinaturalizzazione fa riferimento alla capacità del sistema di aumentare autonomamente la propria complessità e biodiversità. (Nocentini 2000).

Tale obiettivo è da raggiungersi tramite trattamenti selvicolturali appropriati mirati alla rinnovazione naturale, ma purtroppo, fatta eccezione per grandi proprietà private e aree di interesse sociale, tali soprassuoli sono stati spesso lasciati a sé stessi così che ad oggi ci troviamo

spesso davanti a situazioni dove la mancanza di cure colturali e diradamenti ha dato origine a fustaie a densità eccessiva con piante particolarmente filate e poco differenziate. Infatti nella maggior parte dei casi l'impianto delle pinete è stato effettuato a densità elevate così da garantire in breve tempo la copertura forestale (De Philippis 1952). La densità di impianto in Appennino è stata, in media, di 2.500 piante ad ettaro a sesto regolare secondo modalità variabili rispetto alle caratteristiche della stazione e quasi sempre l'impianto è stato oggetto di risarcimenti per ovviare alle fallanze dei primi anni anche se in molti casi, nella preoccupazione di coprire presto il terreno, si è arrivati a impiegare più di 3000 piantine ad ettaro. Con il tempo tale densità e tipologia d'impianto si sono spesso rivelate causa di forti instabilità all'interno dei soprassuoli. Inoltre gli sfolli previsti nello stadio di spessina sono mancati quasi ovunque e nelle pinete di proprietà pubblica le cure colturali nella fase di perticaia e di giovane fustaia si sono spesso limitate a interventi di spalcatura a fini antincendio e all'asportazione delle piante sottoposte, interventi assolutamente ininfluenti nella dinamica della competizione.



Figura 3. Rimboschimento di pino nero in Toscana.

Nelle pinete di proprietà privata invece, è quasi la regola che i diradamenti siano stati totalmente disattesi principalmente a causa dello scarso valore economico degli assortimenti ritraibili da popolamenti giovani ed all'incertezza di attribuzione della competenza degli Enti preposti alla gestione avvenuta nel periodo susseguente al passaggio dallo Stato alle Regioni.

Va comunque detto che in moltissimi casi le pinete assolvono ancora in modo ottimale la funzione protettiva per la quale erano state concepite e localmente possono ottemperare anche ad ulteriori funzioni non meno importanti, quali la valenza di testimonianza storica della selvicoltura appenninica e, soprattutto nelle zone periurbane, la funzione ricreativa.

3. Materiali e metodi

Il presente studio analizza l'incremento diametrico degli individui in posizione sociale dominante rispetto al complesso della popolazione di pino nero, mettendo a confronto le reazioni incrementali a diversi tipi di diradamento, selettivo o dal basso, realizzati nel 2015. Nello specifico, si sono volute indagare le risposte incrementali ai tipi di diradamento confrontando la crescita registrata nel quinquennio (2011-2015) e nel triennio (2013-2015) precedenti all'intervento rispetto all'evoluzione del triennio successivo al diradamento (2016-2018). La scelta di condurre lo studio solo su campioni di individui dominanti e non su campioni dell'intero popolamento è stata seguita per amplificare le risposte di accrescimento.

L'analisi dei valori di ampiezza anulare è un metodo diretto per stimare la produttività, che prevede il prelievo di campioni di legno attraverso carotaggio in sezione radiale dei fusti. Tali campioni vengono correntemente denominati carote (o carotine) lignee incrementali. Per la lettura delle ampiezze anulari è stata utilizzata l'apparecchiatura SMIL 3, prodotta in Italia, nata da una collaborazione tra l'istituto di Assestamento e Tecnologia forestale ed il "Laboratorio di Meccanica di Precisione" dell'Ing. Lega (Corona et al., 1989). Tale apparecchiatura è composta da uno stereomicroscopio con annesso crocefilo, da una tavola traslante con supporti in grado di fissare i campioni (carotine) di legno, e da un sistema di acquisizione dati composto da computer con video. Di notevole importanza si è rivelata la possibilità di rotazione dell'oculare con il crocefilo. Infatti, grazie ad un goniometro, è possibile misurare l'angolo tra la direzione di spostamento da un anello all'altro e la perpendicolare alla tangente al bordo dell'anello. Il valore di tale angolo, associato alla misura dello spostamento lineare consente di stimare l'ampiezza reale di ciascun anello diminuendo notevolmente le possibilità di errore in fase di misurazione (Scanferla 2018).

I risultati dello studio sono stati sottoposti ad indagine statistica per pesarne la validità. A tal fine è stato utilizzato il software PAST (PAleontological STatistic, version 3.25).

3.1 Il progetto *SelPiBioLife*

I rimboschimenti col pino nero in Appennino, risalenti al secolo scorso, vennero realizzati per recuperare le terre di montagna e stabilizzare le pendici. Il pino nero è stato utilizzato principalmente perché è una specie pioniera che viene coltivata facilmente in vivaio. L'attuale diffusione di queste pinete (circa 8.500 ettari dall'Appennino ligure a quello abruzzese) è quindi legata a un ruolo protettivo. Oggi ci troviamo di fronte a popolazioni adulte, dai 50 ai 90 anni, generalmente monospecifiche e con una struttura monoplana, fustaie povere, con bassa biodiversità e paesaggio monotono.

In quasi tutte queste pinete artificiali, la gestione selvicolturale inizialmente pianificata nel tempo è fallita. In particolare, si sottolinea come le cure colturali sono state realizzate molto raramente e con scarsa aderenza ai programmi selvicolturali pensati dai progettisti dei rimboschimenti. L'assenza di diradamento ha determinato il mantenimento di densità di alberi eccessive, con conseguente minore stabilità delle popolazioni e frequente insorgenza di problemi fitosanitari che hanno portato i boschi di origine artificiale di pino nero in uno stato di degrado avanzato. L'obiettivo principale del progetto *SelPiBioLife* (www.selpibio.eu) era dimostrare come una modalità di interventi selvicolturali più orientati all'educazione e allevamento delle pinete artificiali del pino nero potesse:

- stimolare la crescita delle piante;
- aumentare la stabilità dei popolamenti forestali;
- aumentare la biodiversità del suolo (funghi, batteri, flora, mesofauna, nematodi).

A tal fine è stato valutato l'effetto di un diradamento selettivo, rispetto alla modalità tradizionale (diradamento dal basso) e all'assenza di trattamento, su giovani alberi di pino nero.

In particolare, *SelPiBioLife* aveva lo scopo di dimostrare che la tecnica di diradamento affidata ad interventi selettivi, modificando la diversità strutturale orizzontale e verticale della pineta, ovvero la modalità di copertura delle chiome, determina un diverso regime di luce, acqua e temperatura a livello del suolo favorendo l'aumento della biodiversità e della funzionalità complessiva dell'ecosistema, con conseguente incremento del valore economico, turistico e di protezione idrogeologica. Ciò è stato misurato tramite indicatori di biodiversità e di qualità del suolo.

Le attività del progetto sono state condotte in due aree dell'appennino toscano afferenti all'Unione dei Comuni dell'Amiata Val D'Orcia e del Pratomagno.

Il progetto *SelPiBioLife* vede coinvolti numerosi partner quali CREA-FL e CREA-ABP (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, ex CRA), Compagnia delle Foreste s.r.l., Unione dei Comuni del Pratomagno, Unione dei Comuni Amiata Val d'Orcia e Università di Siena.

3.1.1 Le aree di studio

3.1.1.1 Amiata: inquadramento geografico, geologico, litologico e climatico

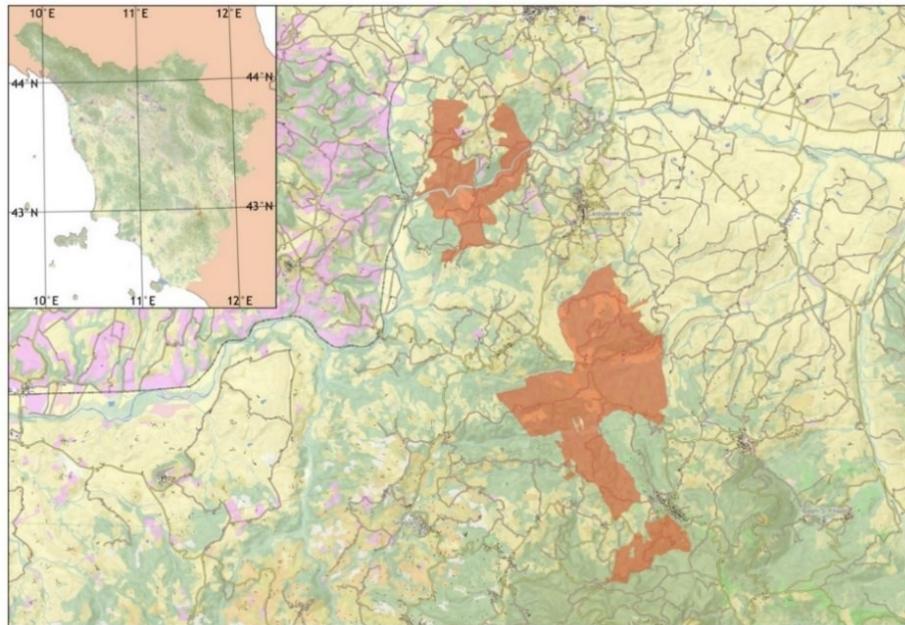


Figura 4. L'area di studio Amiata.

L'area di studio dell'Amiata ricade nel comune di Castiglione d'Orcia (SI), nei pressi della località Laghi nelle vicinanze di Vivo d'Orcia (Figura 4). Buona parte del territorio del Comune di Castiglione d'Orcia è costituito da una serie di formazioni geologiche argillose, fra le quali l'Unità delle Argille a Palombini, litofacies calcareo marnosa, un complesso litologico formato da argille fissili, argille siltose, argille marnose con sporadiche intercalazioni di calcari, calcareniti di base. Talvolta tali intercalazioni si infittiscono e gli elementi calcareo-marnosi assumono colore più scuro e raggiungono spessori maggiori. Tali litotipi formano delle morfologie costituite da versanti lunghi, ondulati a pendenza prevalentemente da moderata a forte, soggetti ad erosione idrica

incanalata e a movimenti di massa. Sono frequenti infatti fenomeni di instabilità, frane e smottamenti.

L'area campione è situata su un versante lungo ed ondulato, esposto a Nord Est, avente una pendenza variabile da debole a forte. Non sono presenti affioramenti rocciosi se non molto occasionalmente, mentre la pietrosità superficiale di piccole dimensioni è comune, scarsa o assente la pietrosità di medie e grandi dimensioni. Non sono evidenti fenomeni erosivi di significativa importanza. I suoli presenti nell'area campione sono profondi, a profilo O-A-Bw-(Bg)-C, ben dotati di sostanza organica nell'orizzonte superficiale A, da scarsamente ghiaiosi a ghiaiosi in profondità, a tessitura prevalentemente franco limoso argillosa e argillosa, da debolmente a moderatamente calcarei, debolmente alcalini, con saturazione in basi molto alta, da ben drenati a piuttosto mal drenati.

Per quanto riguarda la profondità utile alle radici delle piante, i suoli rilevati risultano essere tutti profondi (>100 cm) e secondariamente moderatamente profondi (fra 50 e 100 cm); molto localizzati e occasionali risultano gli impedimenti all'approfondimento radicale dovuti alla presenza di roccia coerente (banchi di calcari marnosi) nel profilo; sono invece presenti suoli con quantitativi di scheletro delle dimensioni delle ghiaie e dei ciottoli che costituiscono una moderata limitazione all'approfondimento radicale.

Per quanto riguarda il clima, facendo 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.

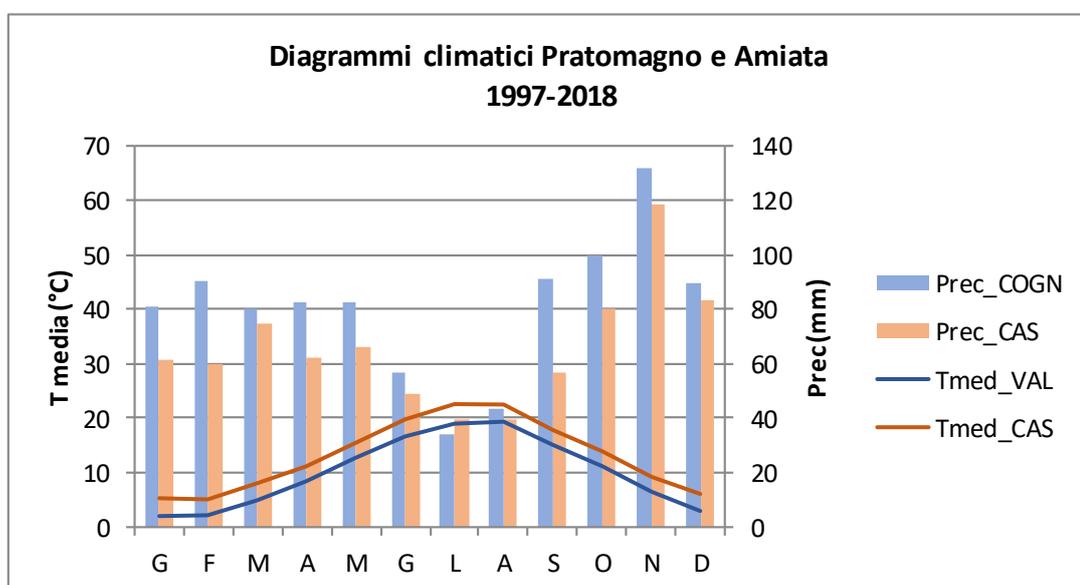


Grafico 1. Confronto fra i dati delle stazioni del Pratomagno (temperatura di Vallombrosa; precipitazione di Villa Cognola) e la stazione dell'Amiata (temperatura e precipitazione di Castiglione d'Orcia) per il periodo 1997-2018.

Secondo Köppen e Geiger il clima è stato classificato come Csb. 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 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. Durante l'anno Gennaio ha una temperatura media di 4,5 °C, la più bassa di tutto l'anno (Grafico 1).

Per quanto riguarda il periodo successivo al trattamento selvicolturale (Grafico 2), per l'area Amiata, il 2016 è risultato un anno più umido e più fresco della media, con assenza di deficit idrico estivo, mentre anche qui il 2017 è stato un anno siccitoso e più caldo della norma sia in primavera che in estate. Il 2018 è stato un anno piovoso, ma non particolarmente caldo sia in primavera che in estate.

Inoltre negli anni di progetto 2016-2018 in Amiata le piogge sono state maggiori che in Pratomagno, contrariamente all'andamento medio ventennale.

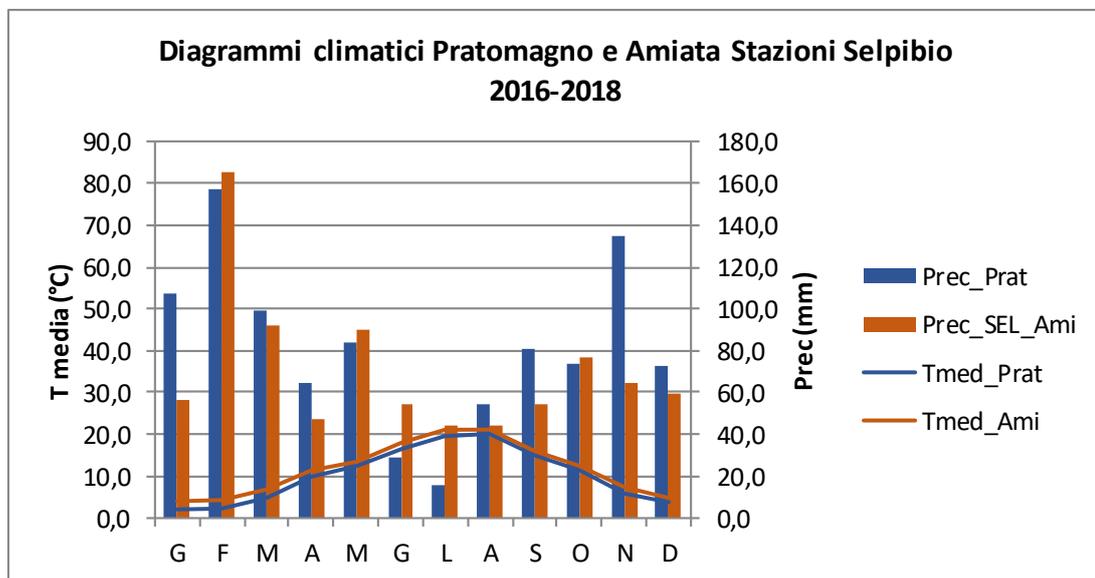


Grafico 2. Confronto fra i dati delle stazioni SelpiBio del Pratomagno e dell'Amiata per il periodo 2016-2018.

3.1.1.2 Pratomagno: inquadramento geografico, geologico, litologico e climatico

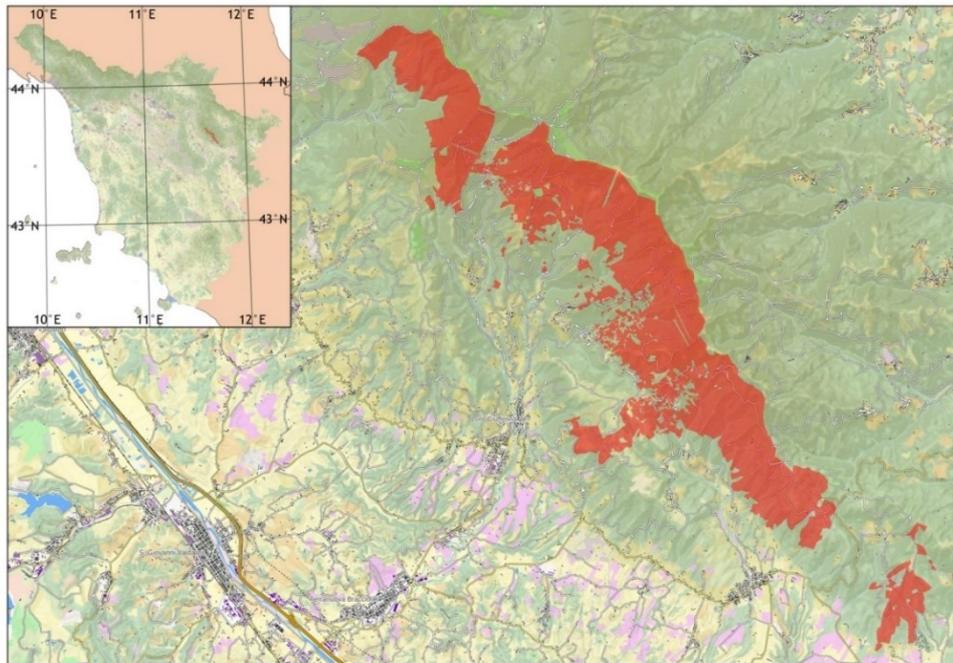


Figura 5. L'area di studio Pratomagno.

L'area di studio Pratomagno ricade nel comune di Loro Ciuffenna (AR), sul massiccio del Pratomagno (Figura 5). Da un punto di vista geologico la formazione presente, denominata Arenarie del Monte Falterona, affiora in tutta l'area e costituisce l'essenza del massiccio del Pratomagno. Litologicamente è caratterizzata da un'alternanza di arenarie quarzoso-feldspatiche con siltiti e argilliti. Le argilliti e le siltiti si presentano con uno spessore molto basso che va da pochi centimetri a punte massime di 15 centimetri, mentre più consistente è lo spessore degli strati di arenaria che supera generalmente il mezzo metro; ciò comporta l'affioramento di grossi banchi di arenaria compatta le cui testate sono ben visibili e che sono i responsabili di frequenti balzi di roccia e di una morfologia accidentata costituita prevalentemente da versanti con vallette subparallele mediamente lunghi e lunghi, spesso con canali di erosione di notevoli dimensioni, da fortemente pendenti a molto scoscesi, soggetti ad erosione idrica forte di tipo prevalentemente incanalato.

L'area campione è situata su un versante con vallecole a v, esposto a Sud ovest, avente una pendenza variabile da forte nella parte alta a estrema nella parte bassa. Sono presenti affioramenti rocciosi in quantità moderata e la pietrosità di piccole, medie e grandi dimensioni è sempre presente in quantità frequente, localmente abbondante. Sono evidenti fenomeni erosivi in prossimità delle incisioni e laddove la copertura del soprassuolo non è continua.

I suoli presenti nell'area campione, a profilo tipo O-A-Bw-R, sono da poco a moderatamente profondi, con contenuto elevato di sostanza organica nell'orizzonte superficiale A, da ghiaioso grossolani a fortemente ghiaioso grossolani, ciottolosi e pietrosi in tutto il profilo, a tessitura prevalentemente franco sabbiosa e franca, non calcarei, da estremamente a moderatamente acidi, con saturazione in basi moderatamente bassa, talvolta eccessivamente drenati.

Per quanto riguarda la profondità utile alle radici delle piante, i suoli rilevati sono generalmente moderatamente profondi, anche se sono localmente diffusi, a causa della forte erosione, suoli poco profondi; per entrambi l'impedimento all'approfondimento radicale è costituito dalla presenza di strati rocciosi inalterati; la notevole quantità di frammenti di roccia, delle dimensioni delle ghiaie, dei ciottoli e delle pietre, costituisce un'importante limitazione.

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 (Grafico 1). La temperatura media annua è di 10,5° (valore massimo di 19° a luglio e minimo di 1,5° a gennaio; dati stazione termo pluviometrica di Villa Cognola, 663 m s.l.m.).

Per quanto riguarda il periodo successivo al trattamento selvicolturale (Grafico 2), possiamo affermare che nell'area Pratomagno l'anno di progetto 2016 è stato un anno in linea con la media ventennale sia per quantità e distribuzione delle precipitazioni che per la temperatura, il 2017 è stato invece un anno con un periodo primaverile-estivo molto siccitoso e molto caldo; ed infine il 2018 è stato un anno con una primavera assai umida e con un'estate siccitosa, ma non particolarmente calda.

3.1.2 Il protocollo sperimentale

Il protocollo sperimentale del progetto *SelPiBioLife* prevede, in entrambe le aree di studio, la delimitazione di 9 aree di monitoraggio della superficie topografica di 1 ha ciascuna. I trattamenti del bosco sono stati:

- testimone (nessun trattamento);
- diradamento classico (diradamento dal basso di moderata intensità);
- diradamento selettivo.

Il disegno di monitoraggio ha previsto l'estrazione a sorte delle tesi di trattamento per ciascuna area di monitoraggio: 3 ripetizioni per ciascuna tesi di trattamento.

In ognuna delle 9 aree di monitoraggio sono stati collocati con criterio random 3 plot circolari di superficie variabile tra 10 m di raggio per le analisi di biodiversità e di 13 m di raggio per le analisi dendrometriche e strutturali dei popolamenti forestali. I parametri dendrometrico-strutturali sono stati rilevati sfruttando la tecnologia FieldMap®.

Le variabili dendrometriche inserite nel database prodotto dal progetto sono le seguenti:

- codice identificativo dell'albero;
- specie;
- diametro a 1,30 m (soglia di cavallettamento 5 cm);
- altezza totale della pianta;
- altezza di massima larghezza della chioma;
- altezza (da terra) di inserzione della chioma;
- rango sociale della pianta suddiviso in 3 classi (dominante, intermedia, dominata);
- stato di salute della pianta (viva, morta, stroncata);
- numero di palchi verdi;
- 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.

Dopo la georeferenziazione dei dati in ambiente GIS si è provveduto a calcolare il grado di copertura e ricoprimento delle chiome prima e dopo il diradamento ed una serie di indici di competizione e distribuzione, atti a valutare l'effetto del diradamento selettivo rispetto a quello classico e al testimone (nessun intervento).

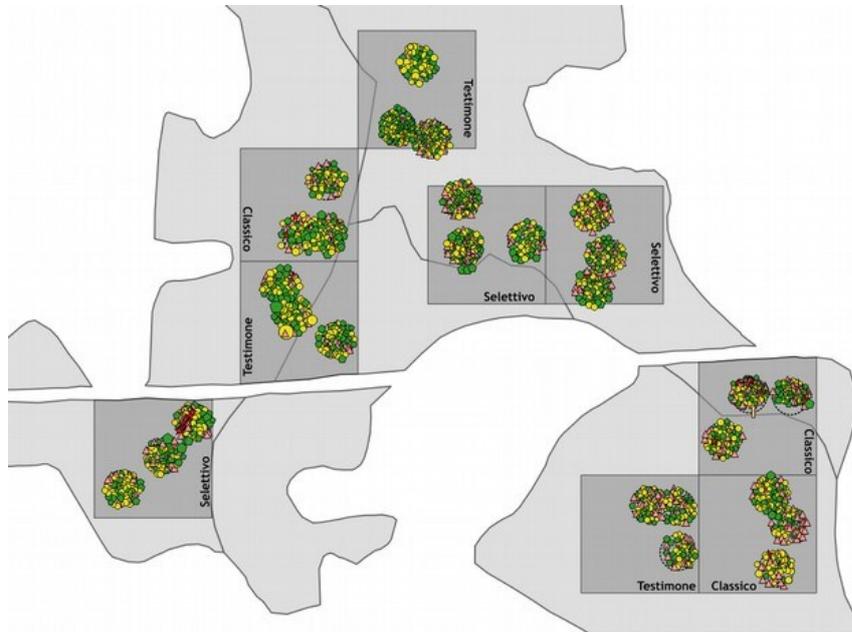


Figura 6. Distribuzione spaziale dei plot e delle piante misurate in Amiata. I differenti colori corrispondono alle varie classi sociali: in verde sono rappresentate le piante dominanti, in giallo le codominanti ed in arancione le dominate.

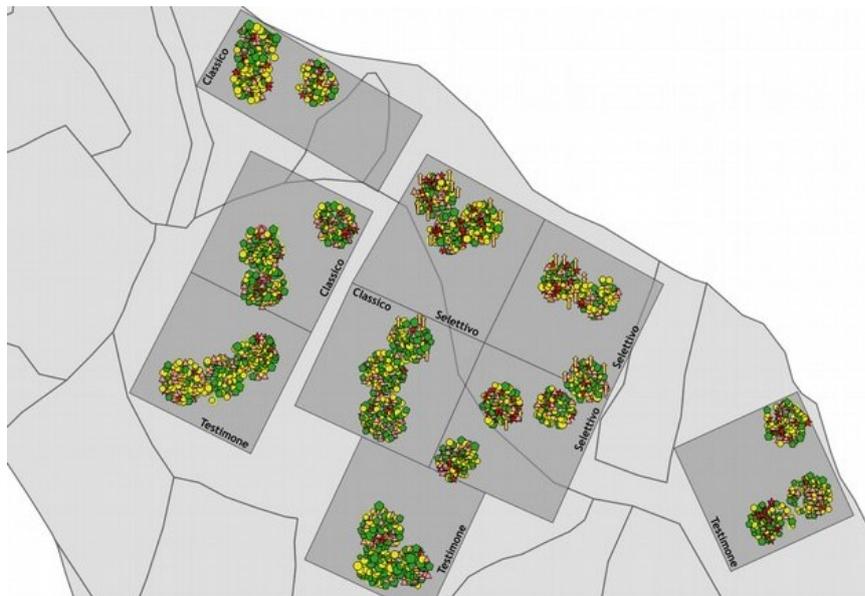


Figura 7. Distribuzione spaziale dei plot e delle piante misurate in Pratomagno. I differenti colori corrispondono alle varie classi sociali: in verde sono rappresentate le piante dominanti, in giallo le codominanti ed in arancione le dominate.

Per la dimostrazione e divulgazione delle modalità di diradamento, per ciascuna area di studio, le due tesi di trattamento sono state ripetute su una superficie complessiva di 6 ha (3 per trattamento), in una zona limitrofa all'area di monitoraggio. Contigualmente ai settori diradati sono state rilasciate due aree di circa ¼ di ettaro nelle quali, a scopo dimostrativo, è stata effettuata solo la martellata, ed un'area di circa 0.3 ha dedicata al martelloscopio, una “palestra a cielo aperto” per la formazione di studenti e tecnici forestali, in cui è possibile simulare interventi selvicolturali a cui è connesso un software che permette di visualizzare l'entità e la restituzione grafica degli interventi selvicolturali simulati dai fruitori (Lizzerini 2017).

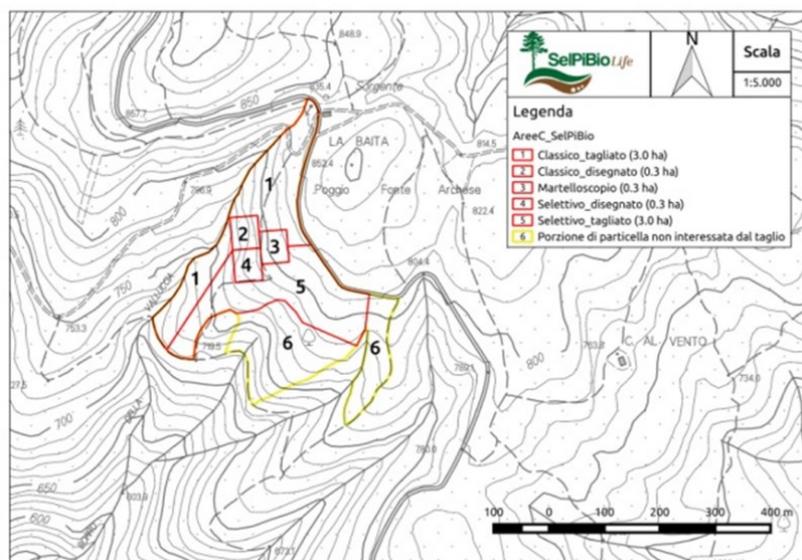


Figura 8. Carta topografica del martelloscopio in Pratomagno.

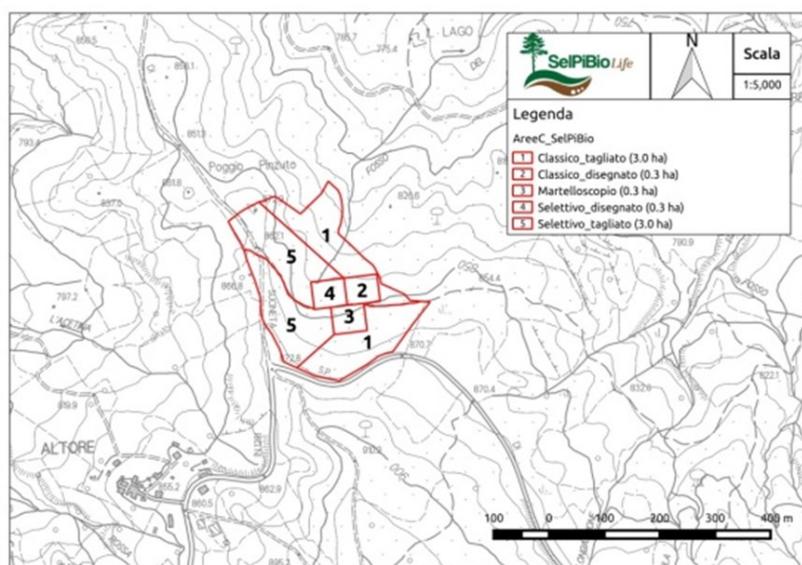


Figura 9. Carta topografica del martelloscopio nel Monte Amiata.

3.1.3 Diradamento tradizionale e diradamento selettivo

I diradamenti sono tagli intercalari cioè tagli eseguiti prima della scadenza prevista per i tagli di rinnovazione. I diradamenti vengono effettuati nei popolamenti coetanei a partire dallo stadio evolutivo di perticaia e hanno l'obiettivo di migliorare qualitativamente la produzione e conferire maggiore stabilità meccanica. Nel ciclo di vita di un popolamento forestale monoplano dovrebbero essere effettuati più diradamenti. Il progetto SelPiBioLife analizza le differenze nel raggiungimento di tali obiettivi a seconda che venga effettuato un diradamento tradizionale (secondo i canoni comunemente adottati in Appennino) o un diradamento selettivo.

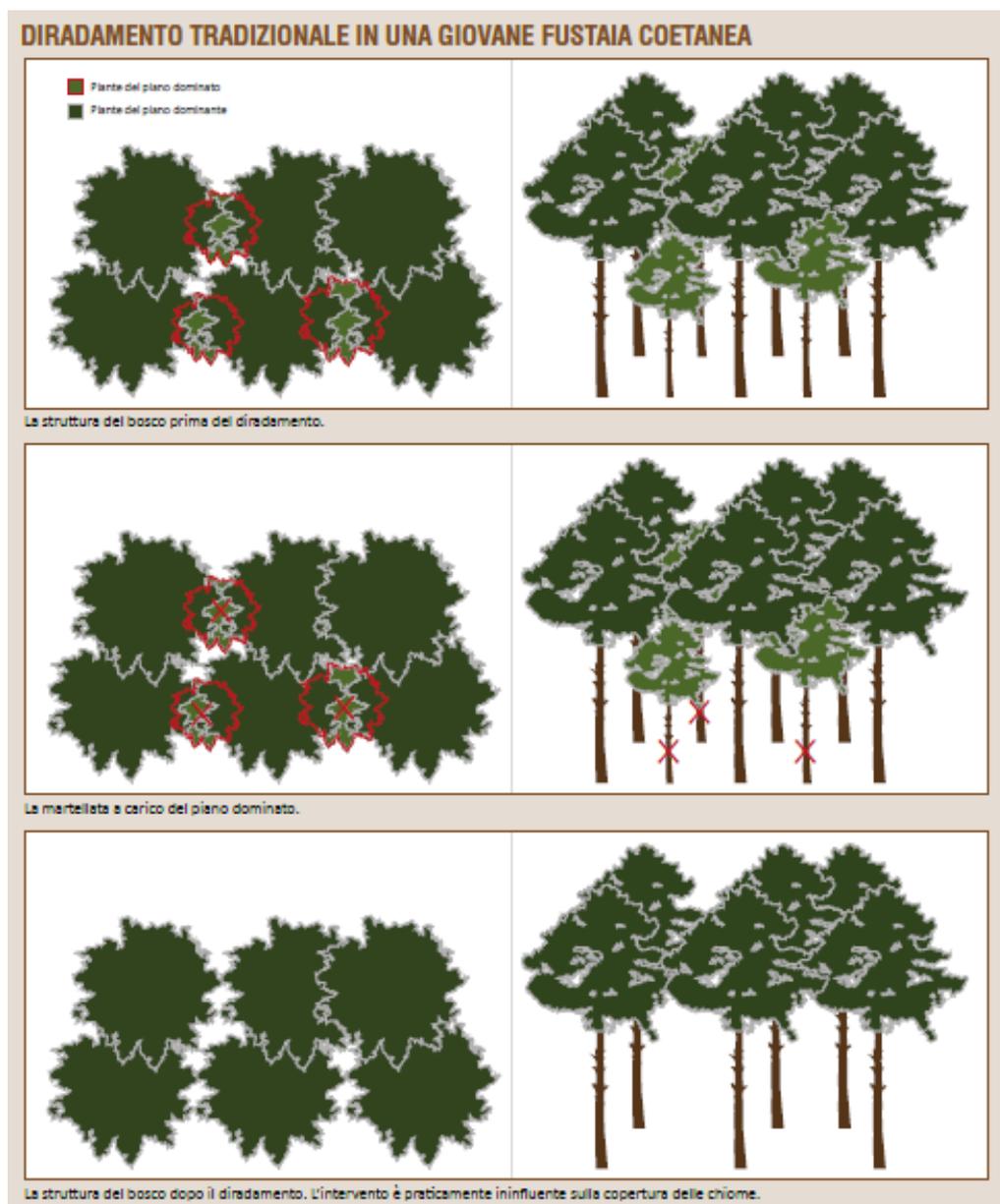


Figura 10. Diradamento tradizionale.

Il diradamento tradizionale per le pinete italiane in fase giovanile è il diradamento dal basso che secondo Piussi e Alberti (2015) ha l'obiettivo di "abbattere solo le piante comprese nel piano dominato e, in determinate circostanze, alcune piante dominanti conservando comunque la struttura monoplana con copertura continua".

Vi possono essere tre gradi di diradamento dal basso in base all'intensità di prelievo: debole, moderato e forte. È il criterio di diradamento comunemente adottato per le fustaie appenniniche. Soprattutto per le specie a temperamento eliofilo quando ci si limita ad asportare il solo piano dominato e non si intacca il piano dominante, non si effettua alcun beneficio sui rapporti di competizione delle piante (Cantiani 2016).

Il diradamento selettivo rientra tra i diradamenti liberi che non prevedono una specifica classe sociale di piante da asportare ma si incentrano piuttosto sulle caratteristiche specifiche e fenotipiche di quelle da rilasciare. Si fondano su presupposti di selezione ed educazione del soprassuolo forestale. In letteratura con il termine diradamento selettivo ci si riferisce a quello di Schaedelin (1936), perfezionato da Leibundgut (1984) che è legato alla selvicoltura naturalistica (Piussi e Alberti 2015). Le misure di coltivazione previste dal metodo sono quindi la selezione negativa o positiva e l'educazione. Piussi e Alberti (2015) definiscono la selezione negativa come "l'eliminazione delle specie indesiderate e degli individui malformati, ammalati o socialmente predominanti con una chioma eccessivamente ampia" mentre la selezione positiva mira ad avvantaggiare le specie di maggior valore e gli individui di pregio abbattendo i diretti concorrenti. Con educazione s'intende il tentativo di far sviluppare le qualità positive e di svantaggiare quelle indesiderate.

Il diradamento selettivo proposto da Cantiani (2016) per le pinete di *Pinus nigra* in stadio giovanile mira alla valorizzazione di individui con buona potenzialità di sviluppo. Data la funzione principalmente protettiva delle pinete di pino nero appenniniche, la selezione delle piante viene effettuata sui soggetti che garantiscono il massimo grado di stabilità meccanica che per i pini corrispondono a quelli di miglior potenzialità produttiva. Si tratta della prima tappa di un regime di diradamenti, ovvero una serie di diradamenti fino al momento della fase di rinnovazione. Il popolamento avrà necessità del diradamento successivo allorché le piante candidate saranno nuovamente in concorrenza con le loro piante limitrofe.

La martellata del diradamento selettivo SelPiBioLife si svolge secondo due fasi: la selezione positiva delle piante candidate a costituire il popolamento di fine turno e

l'identificazione delle dirette concorrenti cioè le piante che ostacolano la libera crescita della chioma della candidata.

Scelta delle piante candidate

La scelta delle piante candidate avviene in base a: la specie, la vigoria, il grado di stabilità meccanica, i danni meccanici e/o patologici e l'eventuale presenza di "nuclei di stabilità" (gruppetti di piante dominanti limitrofe che tendono a formare un'unica chioma).

Le pinete di pino nero appenniniche hanno spesso un certo grado di mescolanza specifica dovuto all'impianto localizzato di specie diverse dal pino nero al momento del rimboschimento oppure per la preesistenza del bosco degradato prima dell'impianto quindi si possono candidare altre specie nel caso in cui i soggetti siano vigorosi e possano reagire bene all'intervento. La candidatura di alberi di specie diverse dal pino può essere favorevole in previsione di una sostituzione futura del bosco con altre specie (successione secondaria). Le piante candidate dovranno appartenere al piano dominante del popolamento, avere una chioma il più possibile densa, avere un basso rapporto ipsodiametrico, un'elevata profondità di chioma, la chioma il più possibile simmetrica e ampia, un numero di palchi vivi superiore a 16 e dovranno essere esenti da danni meccanici o patologici. La conta dei palchi vivi è un metodo speditivo per la valutazione a vista del grado di stabilità dei pini: i pini neri con un numero di palchi vivi superiore a 16 hanno un rapporto ipsodiametrico sufficientemente basso da essere meccanicamente stabili (Cantiani e Chiavetta 2015). È inoltre possibile candidare gruppetti di due o più piante nel caso in cui rappresentino un gruppo di stabilità. Il numero di piante candidate deve aggirarsi sulle 100 piante ad ettaro, che sarebbe approssimativamente la densità ottimale a maturità secondo i modelli di sviluppo delle chiome del pino nero cresciuto in assenza di concorrenza (Cantiani 2016). Le piante candidate vengono essere scelte in modo che risultino disposte secondo un disegno regolare, quindi è consigliabile procedere nell'area seguendo le curve di livello e candidare una pianta ogni circa 10 metri. La regolarità spaziale delle piante candidate non è una regola obbligatoria, ma rappresenta una utilità al momento della martellata. L'esigenza di replicabilità del metodo proposto impone infatti che vengano effettuate il più possibile semplificazioni e standardizzazioni del metodo. Le piante candidate dovrebbero essere contrassegnate con una striscia di vernice. Ciò ha una doppia utilità: 1) segnare la candidata permette di valutare la distanza

dalla successiva e in generale controllare la regolare spazializzazione; 2) in previsione di futuri nuovi interventi di diradamento sarà necessario eseguire il diradamento a favore delle candidate scelte nel corso dell'intervento precedente.

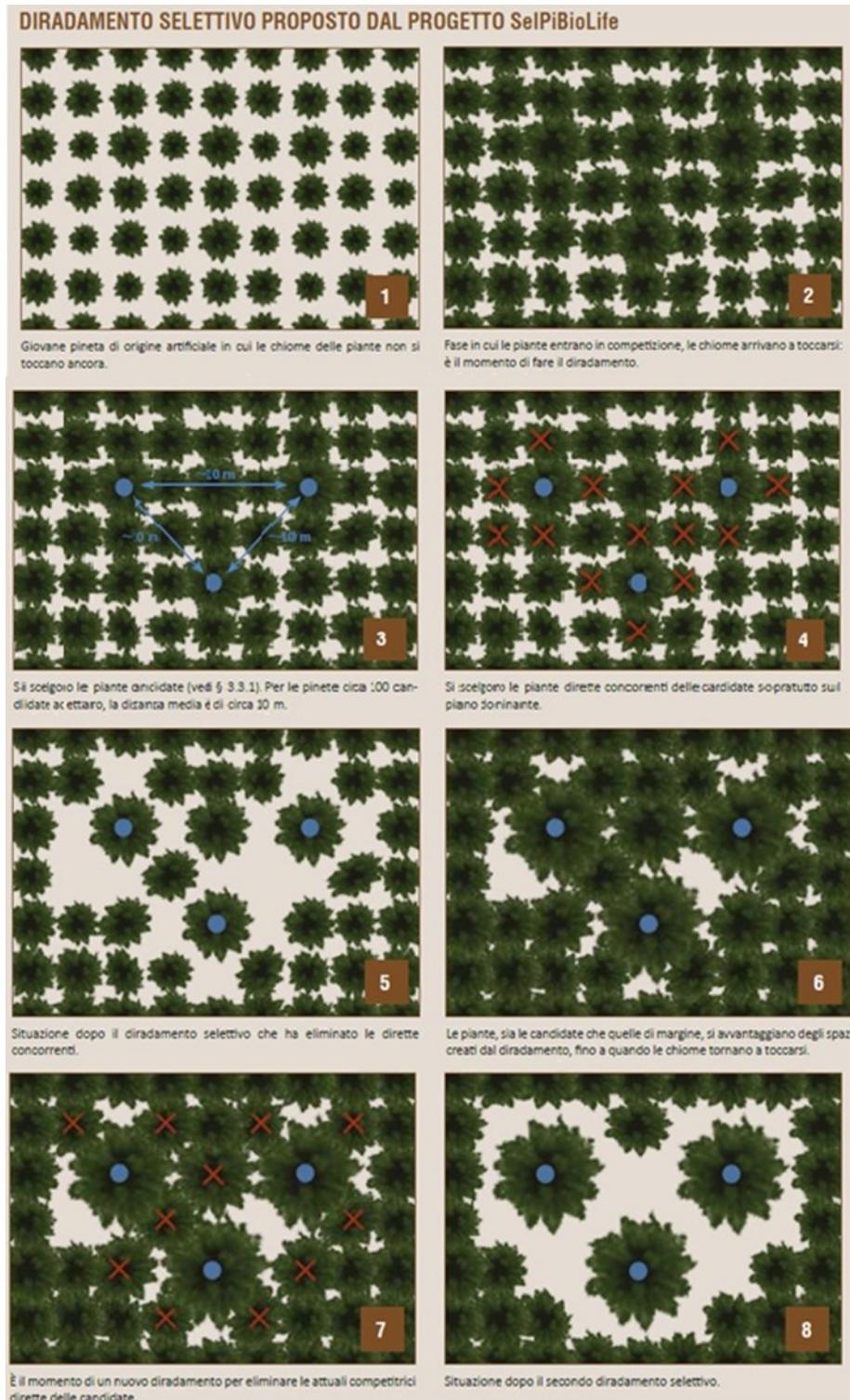


Figura 11. Diradamento selettivo.

Liberazione delle chiome delle candidate dalla concorrenza

Dopo aver selezionato le candidate si prosegue con la liberazione della loro chioma contrassegnando le immediate concorrenti cioè le piante che intralciano direttamente lo sviluppo naturale delle chiome delle candidate. La reale concorrenza con la candidata la effettuano le piante del piano dominante. Ai fini esclusivamente di stimolo alla crescita è ammissibile eliminare solo questi soggetti. Per valutazioni legate soprattutto alle modificazioni del microclima al suolo è però auspicabile eliminare anche i soggetti del piano dominato intorno alla candidata.



Figura 12. Struttura del piano delle chiome dopo il diradamento selettivo. Evidente l'apertura intorno alla candidata.

3.1.4 Caratteristiche del popolamento e dei diradamenti in Amiata

L'area di studio dell'Amiata ricade nel comune di Castiglione d'Orcia (SI), nei pressi della località Laghi nelle vicinanze di Vivo d'Orcia. L'area oggetto del progetto fa parte dei circa 3700 ha di rimboschimenti di conifere realizzati dagli inizi degli anni '50 alla metà degli anni '90. L'attività di rimboschimento era collegata al dover dirottare la disoccupazione di massa dovuta alla crisi del comparto minerario della zona verso "attività socialmente utili" (Gatteschi e Fedeli 1994).

Caratteristiche stazionali dell'area di studio:

Quota media: 780 metri s.l.m.

Esposizione prevalente: Sud-Ovest

Pendenza media: 15%

Formazione geologica: argillosa

Pietrosità: media ma solo di piccole dimensioni, affioramenti rocciosi rari

Fenomeni erosivi: non evidenti

Suolo: profondo, a profilo O-A-Bw-(Bg)-C, ben dotati di sostanza organica nell'orizzonte A, a tessitura prevalentemente franco limoso, da ben drenati a piuttosto mal drenati

Piovosità media annuale: 687 mm con massima piovosità a novembre

Temperatura media: 12,5 °C con luglio mese più caldo e gennaio mese più freddo

Caratteristiche del popolamento forestale:

Età media: 44 anni nel 2015

Struttura verticale: monoplana

Classe di fertilità: II

Composizione specifica: prevalenza di pino laricio con contributo marginale di altre specie (3% dell'area basimetrica, soprattutto cerro)

Principali parametri dendrometrici del popolamento di studio:

Specie	Pianta n/ha	Diametro medio di area basimetrica cm	Altezza media m	Area basimetrica m ² /ha	Volume m ³ /ha	Rapporto ipsodiametrico HD
Pino nero	959	24,3	18,1	43,6	386,4	76
Altre	91	16,7	12,8	1,2	-	-
TOTALE	1050	23,6	17,8	44,8	394,1	78

Caratteristiche dendrometriche dei diradamenti:

	prima del diradamento					dopo il diradamento				
	N/ha	G/ha	V/ha	dgm	Hm	N/ha	G/ha	V/ha	dgm	Hm
		m ²	m ³	cm	m		m ²	m ³	cm	m
classico	971	42,3	357,6	23,7	17,9	676	34,0	290,8	25,3	18,3
selettivo	971	47,4	446,4	24,9	18,2	638	32,3	309,2	25,4	18,4
testimone	935	41,2	354,8	23,9	17,9	-	-	-	-	-

	percentuale prelievo		
	N/ha	G/ha	V/ha
		m ²	m ³
classico	30,4	19,7	18,7
selettivo	34,3	31,9	30,7

3.1.5 Caratteristiche del popolamento e dei diradamenti in Pratomagno

L'area di studio del Pratomagno ricade nel comune di Loro Ciuffenna (AR), nei pressi di Montelori. Il complesso del Pratomagno ha una superficie boscata di 2.820 ha, di cui il 17% occupato da popolamenti a prevalenza di pino nero. La foresta deriva dall'opera di rimboschimento che iniziò nel 1954 e terminò negli anni '80. I rimboschimenti avevano lo scopo di ricostituire rapidamente la copertura boschiva su vaste aree acclivi prive di vegetazione per la protezione idrogeologica.

Caratteristiche stazionali dell'area di studio:

Quota media: 1.150 metri s.l.m.

Esposizione prevalente: Sud-Ovest

Pendenza media: 40%

Litologia: alternanza di arenarie con siltiti e argilliti

Pietrosità: può essere localmente abbondante, grossi affioramenti rocciosi

Fenomeni erosivi: erosione superficiale localizzata

Suolo: da poco a moderatamente profondo, a profilo O-A-Bw-R, con contenuto elevato di sostanza organica nell'orizzonte A, non calcareo, da estremamente a moderatamente acido, talvolta eccessivamente drenato.

Piovosità media annuale: 997 mm con massima piovosità in autunno

Temperatura media annua: 10,5 °C con luglio mese più caldo e gennaio mese più freddo

Caratteristiche del popolamento forestale:

Età media: 59 anni nel 2015

Struttura verticale: monoplana

Classe di fertilità: II

Composizione specifica: prevalenza di pino laricio consociato localmente a gruppi di abete bianco più un contributo marginale di latifoglie sporadiche

Principali parametri dendrometrici del popolamento di studio:

Specie	Pianta n/ha	Diametro medio di area basimetrica cm	Altezza media m	Area basimetrica m ² /ha	Volume m ³ /ha	Rapporto ipsodiametrico HD
Pino nero	889	29,5	19,2	59,1	538,4	65
Altre	188	20,5	15,5	9,5	-	-
TOTALE	1.077	28,7	18,8	68,6	632,6	68

Caratteristiche dendrometriche dei diradamenti:

	prima del diradamento					dopo il diradamento				
	N/ha	G/ha	V/ha	dgm	Hm	N/ha	G/ha	V/ha	dgm	Hm
		m ²	m ³	cm	m		m ²	m ³	cm	m
classico	1.085	72,6	722,3	29,3	19,1	695	56,1	582,9	32,1	19,9
selettivo	1.056	66,6	586,6	28,6	18,9	731	47,0	412,6	28,6	19,0
testimone	1.086	66,7	590,4	28,1	18,8	-	-	-	-	-

	percentuale prelievo		
	N/ha	G/ha	V/ha
		m ²	m ³
classico	35,9	22,6	19,3
selettivo	30,8	29,4	29,7

3.2 Le fasi operative

I rilievi, finalizzati allo studio degli accrescimenti legnosi, sono stati eseguiti tra Novembre 2018 e Febbraio 2019. Per ogni pianta candidata e candidabile è stata prelevata una carota lignea, 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 direzione radiale scelta è stata quella parallela alle curve di livello. Dopo l'estrazione si è passati alla preparazione del campione: dopo il prelievo le carote lignee vengono prontamente incollate con colla vinilica in listelli di legno, successivamente vengono delicatamente fresate da levigatrice a nastro utilizzando carta abrasiva a diverse tessiture, decrescendo con la granulometria della carta abrasiva (Leal 2008) al fine di evidenziare meglio le demarcazioni tra anelli di accrescimento. La lettura delle carotine è stata effettuata nel laboratorio di Dendroecologia del centro di ricerca CREA (AR) con dendrocronografo Lega SMIL 3 (Corona et al., 1989) che consente di misurare gli incrementi annuali con una risoluzione di 0,01 mm. L'installazione di una telecamera al tubo oculare dello stereomicroscopio ha permesso di proiettare le immagini ingrandite delle sezioni delle carotine in un monitor policromatico. I valori delle ampiezze vengono salvati in sequenza in un database nel computer ottenendo le misure delle seriazioni anulari per ogni singola carota e poi inseriti in un foglio Excel, ordinandoli in base al trattamento eseguito alla pianta. In Pratomagno non è stata possibile la lettura di 3 carotine, una per ogni tesi, a causa del danno subito per il ritiro dovuto a essiccazione. L'elaborazione dei dati ha permesso il calcolo dell'incremento diametrico corrente dal 2011 al 2018.

Dai dati climatologici mensili registrati nelle stazioni poste in Pratomagno e Amiata (Allegati 7 e 8), è stato possibile elaborare gli indici di stress idrotermici di Mitrakos (1980) per le piante. Si tratta di due indici: il primo, "summer drought stress index" (SDS), definisce l'intensità e la durata dell'aridità estiva sulla base dei valori di precipitazione dei mesi di Giugno, Luglio e Agosto; il secondo, "winter cold stress" (WCS), quantifica lo stress da freddo sulla base dei valori di temperatura minima dei mesi di Dicembre, Gennaio e Febbraio (Attorre et al., 2008). Questi indici sono stati utilizzati per comparare l'andamento climatico nel periodo successivo al trattamento con l'andamento degli incrementi diametrici delle piante in esame.

3.3 Analisi statistica

I parametri statistici impiegati in questo studio sono:

- Valore medio di ampiezza diametrica (Idm) che riepiloga i diversi fattori che possono influenzare gli accrescimenti, come la fertilità stazionale, l'età e la specie;
- Deviazione standard (SD) la quale ha fornito un indice di dispersione dei valori indagati intorno al valore medio;
- Test di normalità per valutare la normale distribuzione di uno o più campioni di dati univariati; se il dato p (normale) è inferiore a 0,05, la distribuzione non è normale;
- Test Kruskal-Wallis One-Way ANOVA by Ranks è un metodo non parametrico per verificare l'uguaglianza delle mediane di diversi gruppi; cioè per verificare che tali gruppi provengano da una stessa popolazione e/o da popolazioni con uguale mediana;
- Test Mann-Whitney pairwise può essere utilizzato per verificare se le mediane di due campioni indipendenti sono diversi; è un test non parametrico e non presuppone normale distribuzione, ma assume una distribuzione uguale in entrambi i gruppi.

Per l'analisi statistica dei risultati sono stati posti a confronto:

- le medie degli incrementi nei 3 anni antecedenti il trattamento dei popolamenti; i valori medi vengono riportati per campioni riferiti al tipo di trattamento da applicare (ST=selettivo, CT=da basso, NT=nessun trattamento);
- le medie degli incrementi 5 anni antecedenti il trattamento dei popolamenti classificati per tipo di trattamento da applicare;
- le medie degli incrementi posteriori al trattamento;

Per ogni tesi in esame sono stati inoltre confrontati:

- la totalità degli incrementi registrati nel periodo precedente al trattamento (5 anni) rispetto alla totalità degli incrementi registrati nel periodo successivo al trattamento;
- la totalità degli incrementi registrati nel periodo precedente al trattamento (3 anni) rispetto alla totalità degli incrementi registrati nel periodo successivo al trattamento;
- le medie degli incrementi, calcolate per ogni carota, nei 5 anni precedenti al trattamento rispetto alle medie degli incrementi, calcolate per ogni carota, successive al trattamento;
- le medie degli incrementi, calcolate per ogni carota, nei 3 anni precedenti al trattamento rispetto alle medie degli incrementi, calcolate per ogni carota, successive al trattamento;

4. Risultati

4.1 La risposta incrementale nel Monte Amiata

I dati relativi ai valori delle ampiezze anulari registrati dalle carote lignee, sono stati posti in un foglio di calcolo e ordinati a seconda del trattamento applicato all'area di studio, permettendo di arrivare ai valori di incremento di diametro. Le tabelle esposte negli Allegati 1, 2 e 3 riportano i dati d'incremento diametrico con il calcolo delle rispettive medie di accrescimento nel periodo di 5 anni PRE intervento (2011-2015), di 3 anni PRE intervento (2013-2015) e POST intervento (2016-2018). In ogni tabella viene inserito il numero dell'area di monitoraggio, il numero del plot e il codice identificativo della pianta candidata carotata.

Confronto tra tesi di trattamento

Nelle sottostanti tabelle sono state riportate le medie degli scarti tra l'incremento di ogni carota in ogni anno dopo il trattamento e la media degli incrementi precedenti al trattamento 3 o 5 anni prima. Per meglio chiarire, la “**media DELTA 2016**” è la media ottenuta, per ogni carota, dalle differenze tra l'incremento del 2016 e la media degli incrementi 3 o 5 anni prima del trattamento. Lo stesso è stato calcolato per il 2017 ed il 2018. Inoltre sono state riportate le medie per ogni trattamento degli incrementi PRE e POST il trattamento. I risultati sono stati espressi in percentuale per avere una visione più chiara delle differenze tra i trattamenti.

Si denota un valore di incrementi più elevato per le piante candidate dei popolamenti trattati con diradamento selettivo a differenza di quelli delle piante candidabili dei popolamenti trattati con diradamento tradizionale (dal basso) e quelli non trattati (testimone). In particolare il popolamento trattato con diradamento dal basso non subisce cambiamenti nella media tra prima e dopo l'intervento. Il popolamento che non ha subito alcun trattamento è caratterizzato da un decremento della media tra il 2016 ed il 2018. Il popolamento trattato con diradamento selettivo incrementa del 10,7% la media posteriore al trattamento rispetto a quella antecedente di 5 anni. Si denota inoltre come l'anno 2017 è stato il peggiore per tutte le tesi di trattamento.

SELETTIVO				
	5 anni (cm)	% 5 anni	3 anni (cm)	% 3 anni
media DELTA 2016	0,081	8,1	0,042	4,2
media DELTA 2017	0,060	6,0	0,021	2,1
media DELTA 2018	0,179	17,9	0,140	14,0
media PRE	0,459	45,9	0,498	49,8
media POST	0,566	56,6	0,566	56,6
differenza	0,107	10,7	0,068	6,8

BASSO				
	5 anni (cm)	% 5 anni	3 anni (cm)	% 3 anni
media DELTA 2016	0,015	1,5	-0,017	-1,7
media DELTA 2017	-0,078	-7,8	-0,110	-11,0
media DELTA 2018	0,064	6,4	0,032	3,2
media PRE	0,363	36,3	0,394	39,4
media POST	0,367	36,7	0,367	36,7
differenza	0,004	0,4	-0,028	-2,8

TESTIMONE				
	5 anni (cm)	% 5 anni	3 anni (cm)	% 3 anni
media DELTA 2016	-0,001	-0,1	-0,032	-3,2
media DELTA 2017	-0,101	-10,1	-0,132	-13,2
media DELTA 2018	0,014	1,4	-0,018	-1,8
media PRE	0,416	41,6	0,447	44,7
media POST	0,387	38,7	0,387	38,7
differenza	-0,029	-2,9	-0,061	-6,1

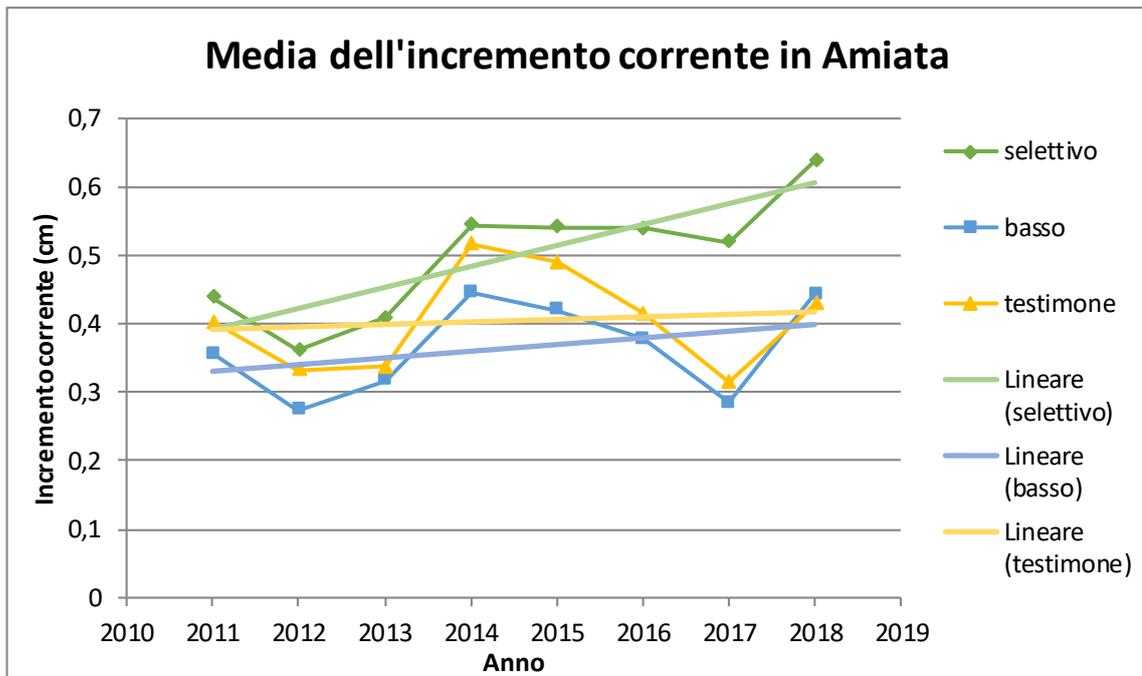


Grafico 3. Confronto per tesi di trattamento dell'andamento della media degli incrementi per ogni anno e delle relative linee di tendenza lineari.

Come si può osservare dal grafico, per tutte le tesi di trattamento, dopo un declino degli incrementi tra il 2011 ed il 2012, si ha un incremento fino al 2014. I popolamenti trattati con diradamento dal basso e il testimone tra il 2014 ed il 2017 subiscono un decremento che si intensifica nel 2017, invece la stagione vegetativa del 2018 risulta più produttiva. I popolamenti trattati con diradamento selettivo non subiscono lo stesso decremento a parte per il 2017 che però è molto meno marcato; gli incrementi dopo il 2014 restano mediamente stabili e nel 2018 vi è un notevole incremento.

Indici di Mitrakos

Con i dati climatologici mensili registrati nelle stazioni poste in Amiata (Allegato 7), sono stati elaborati gli indici di stress idrotermici di Mitrakos, il “summer drought stress index” (SDS) ed il “winter cold stress” (WCS). Questi indici sono stati utilizzati per comparare l'andamento climatico nel periodo successivo al trattamento con l'andamento degli incrementi diametrici delle piante in esame. In particolare si è evidenziata nel 2017 una correlazione tra il calo nell'andamento degli incrementi (Grafico 3) e le elevate condizioni di stress da aridità (Tabella 1).

SDS_m	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2016	0	0	0,8	0	0	0	0	6,4	0	0	0	51,6
2017	71,2	0	0	51,6	38	69,2	48	80	0	86	0	0
2018	20,8	0	0	0	0	0	47,2	0	88,8	0	78,8	0
WCS	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2016	44,5	32,6	34,4	0	0	0	0	0	0	0	19,4	37,4
2017	71,7	36,9	15,0	2,9	0	0	0	0	0	0	30,6	55,5
2018	34,4	72,2	41,0	0	0	0	0	0	0	0	15,5	40,1
Condizioni di stress da aridità (SDS)							Condizioni di stress da freddo (WCS)					
	modeste							modeste				
	medie							medie				
	elevate							elevate				

Tabella 1. Indici di Mitrakos elaborati per il Monte Amiata.

Analisi statistica

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati delle elaborazioni statistiche. Per ogni confronto è stato prima valutato se la distribuzione era normale o non con il test di normalità fornito dal software PAST. Quasi tutti i confronti non presentavano distribuzione normale. È stato quindi usato il test Kruskal-Wallis per valutare la significatività statistica delle differenze tra i confronti. Inoltre tramite il test Mann-Whitney pairwise si è valutato tra quali gruppi vi è differenza statistica. Per ogni campione, il valore medio è indicato da una barra nel boxplot riportato che evidenzia inoltre, attraverso i “baffi”, la deviazione standard.

Nelle tabelle seguenti “ST” fa riferimento al trattamento di diradamento selettivo, “CT” a quello di diradamento dal basso e “NT” all’assenza di trattamento.

I confronti che sono risultati significativi:

- Medie degli incrementi 3 anni prima del trattamento confrontate per tesi di trattamento: vi è differenza tra la tesi di diradamento dal basso e quella di diradamento selettivo, in particolare quest'ultima risultava avere un ritmo incrementale maggiore.

Kruskal-Wallis test for equal medians	
H (chi2):	7,527
Hc (tie corrected):	7,527
p (same):	0,0232

Mann-Whitney pairwise			
	ST	NT	CT
ST		0,05932	0,009883
NT	0,05932		0,3322
CT	0,009883	0,3322	

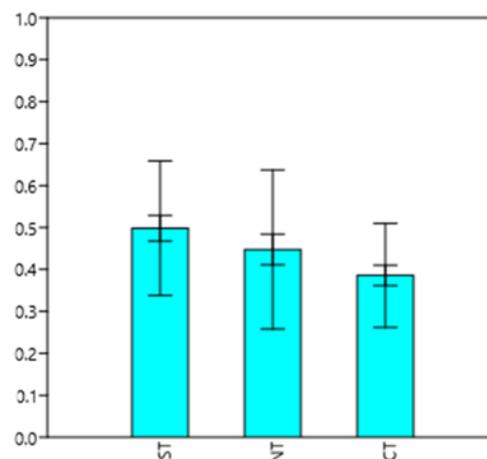


Grafico 4. Boxplot delle medie degli incrementi 3 anni prima del trattamento confrontate per tesi di trattamento.

- Medie degli incrementi 5 anni prima del trattamento confrontate per tesi di trattamento: vi è differenza tra la tesi di diradamento dal basso e quella di diradamento selettivo, in particolare quest'ultima risulta più fertile.

Kruskal-Wallis test for equal medians	
H (chi2):	8,036
Hc (tie corrected):	8,036
p (same):	0,01799

Mann-Whitney pairwise			
	ST	NT	CT
ST		0,08676	0,004061
NT	0,08676		0,3882
CT	0,004061	0,3882	

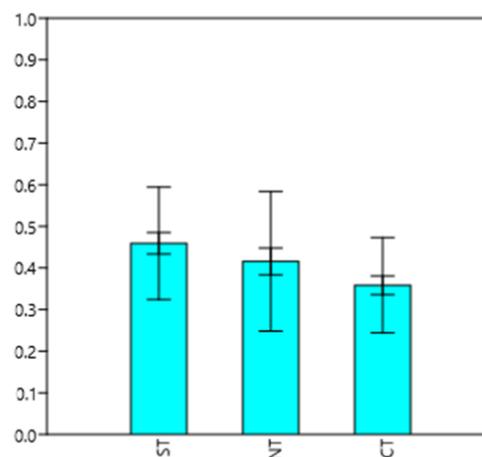


Grafico 5. Boxplot delle medie degli incrementi 5 anni prima del trattamento confrontate per tesi di trattamento.

- Medie degli incrementi posteriori al trattamento confrontate per tesi di trattamento: vi è differenza tra la tesi di diradamento selettivo e quella di diradamento dal basso e tra la tesi di diradamento selettivo e quella di nessun trattamento.

Kruskal-Wallis test for equal medians	
H (chi2):	28,19
Hc (tie corrected):	28,2
p (same):	7,54E-07

Mann-Whitney pairwise			
	ST	NT	CT
ST		1,11E-05	2,12E-06
NT	1,11E-05		0,9291
CT	2,12E-06	0,9291	

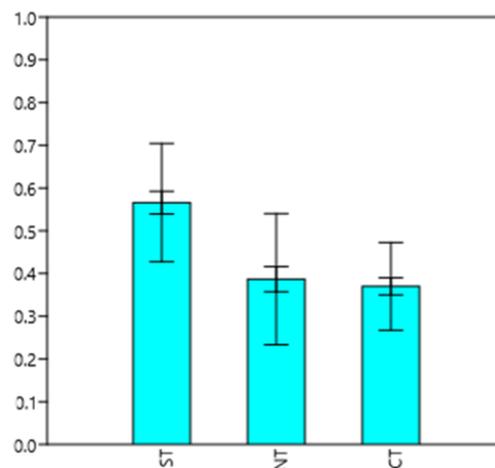


Grafico 6. Boxplot delle medie degli incrementi posteriori al trattamento confrontate per tesi di trattamento.

- Incrementi precedenti al diradamento selettivo nei 5 anni rispetto agli incrementi successivi al diradamento: vi è differenza statistica tra i dati rilevati sulle candidate della tesi di trattamento di diradamento selettivo prima e dopo l'intervento.

Kruskal-Wallis test for equal medians	
H (chi2):	17,98
Hc (tie corrected):	17,98
p (same):	2,23E-05

Mann-Whitney pairwise		
	PRE	POST
PRE		2,24E-05
POST	2,24E-05	

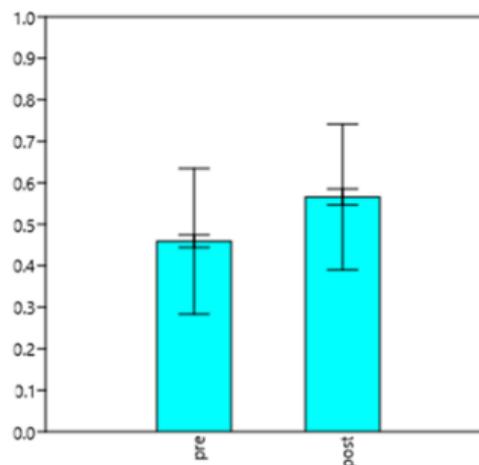


Grafico 7. Boxplot del confronto tra gli incrementi precedenti al diradamento selettivo nei 5 anni e gli incrementi successivi al diradamento.

- Incrementi precedenti al diradamento selettivo nei 3 anni rispetto agli incrementi successivi al diradamento: vi è differenza statistica tra i dati rilevati sulle candidate della tesi di trattamento di diradamento selettivo prima e dopo l'intervento.

Kruskal-Wallis test for equal medians	
H (chi2):	5,029
Hc (tie corrected):	5,03
p (same):	0,02491

Mann-Whitney pairwise		
	PRE	POST
PRE		0,02502
POST	0,02502	

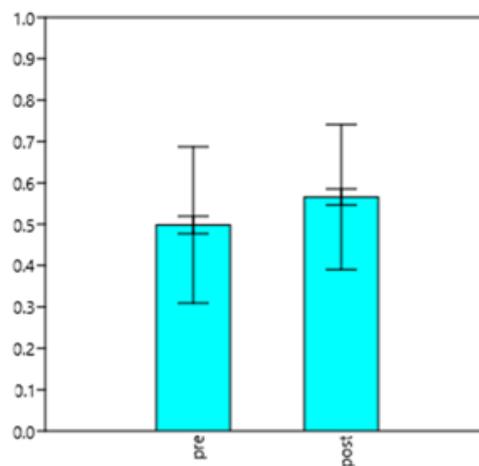


Grafico 8. Boxplot del confronto tra gli incrementi precedenti al diradamento selettivo nei 3 anni e gli incrementi successivi al diradamento.

- Medie degli incrementi, calcolate per ogni carota, nei 5 anni precedenti al diradamento selettivo rispetto alle medie degli incrementi, calcolate per ogni carota, successivi al diradamento: vi è differenza statistica tra le medie, calcolate per ogni carota, prima e dopo il diradamento selettivo.

Kruskal-Wallis test for equal medians	
H (chi2):	6,12
Hc (tie corrected):	6,121
p (same):	0,01336

Mann-Whitney pairwise		
	PRE	POST
PRE		0,01369
POST	0,01369	

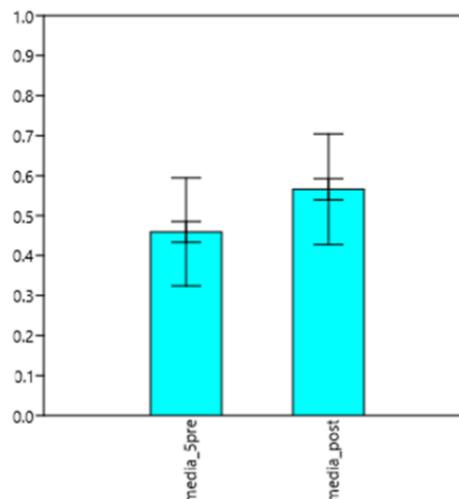


Grafico 9. Boxplot delle medie degli incrementi, calcolate per ogni carota, nei 5 anni precedenti al diradamento selettivo rispetto alle medie degli incrementi, calcolate per ogni carota, successivi al diradamento.

4.2 La risposta incrementale in Pratomagno

I risultati della risposta incrementale in Pratomagno sono esposti negli Allegati 4, 5 e 6 seguendo lo schema precedentemente utilizzato per quelli del Monte Amiata.

Confronto tra tesi di trattamento

Nelle sottostanti tabelle sono state riportate le medie degli scarti tra l'incremento di ogni carota in ogni anno dopo il trattamento e la media degli incrementi precedenti al trattamento 3 o 5 anni prima. Per meglio chiarire, la “**media DELTA 2016**” è la media ottenuta, per ogni carota, dalle differenze tra l'incremento del 2016 e la media degli incrementi 3 o 5 anni prima del trattamento. Lo stesso è stato calcolato per il 2017 ed il 2018. Inoltre sono state riportate le medie per ogni trattamento degli incrementi PRE e POST il trattamento. I risultati sono stati espressi in percentuale per avere una visione più chiara delle differenze tra i trattamenti.

Come precedentemente osservato dai risultati in Amiata, anche in Pratomagno si denota un valore di incrementi più elevato per le piante candidate dei popolamenti trattati con diradamento selettivo a differenza di quelli delle piante candidabili dei popolamenti trattati con diradamento tradizionale (dal basso) e quelli non trattati (testimone). In particolare il popolamento trattato con diradamento dal basso ed il testimone non subiscono rilevanti cambiamenti nella media tra prima e dopo l'intervento. Il popolamento trattato con diradamento selettivo invece incrementa del 4,9% la media posteriore al trattamento rispetto a quella antecedente di 5 anni. Si denota inoltre come l'anno 2017 è stato il peggiore per tutte le tesi di trattamento, tanto che sia il popolamento trattato con diradamento tradizionale che quello che non ha subito trattamenti mostrano valori negativi di “**media DELTA 2017**”.

SELETTIVO				
	5 anni (cm)	% 5 anni	3 anni (cm)	% 3 anni
media DELTA 2016	0,120	12,0	0,088	8,8
media DELTA 2017	0,001	0,1	-0,031	-3,1
media DELTA 2018	0,027	2,7	-0,005	-0,5
media PRE	0,272	27,2	0,304	30,4
media POST	0,322	32,2	0,322	32,2
differenza	0,049	4,9	0,017	1,7

BASSO				
	5 anni (cm)	% 5 anni	3 anni (cm)	% 3 anni
media DELTA 2016	0,031	3,1	0,015	1,5
media DELTA 2017	-0,013	-1,3	-0,028	-2,8
media DELTA 2018	0,011	1,1	-0,005	-0,5
media PRE	0,216	21,6	0,231	23,1
media POST	0,225	22,5	0,225	22,5
differenza	0,010	1,0	-0,006	-0,6

TESTIMONE				
	5 anni (cm)	% 5 anni	3 anni (cm)	% 3 anni
media DELTA 2016	0,034	3,4	0,008	0,8
media DELTA 2017	-0,040	-4,0	-0,066	-6,6
media DELTA 2018	0,022	2,2	-0,004	-0,4
media PRE	0,245	24,5	0,271	27,1
media POST	0,250	25,0	0,250	25,0
differenza	0,005	0,5	-0,021	-2,1

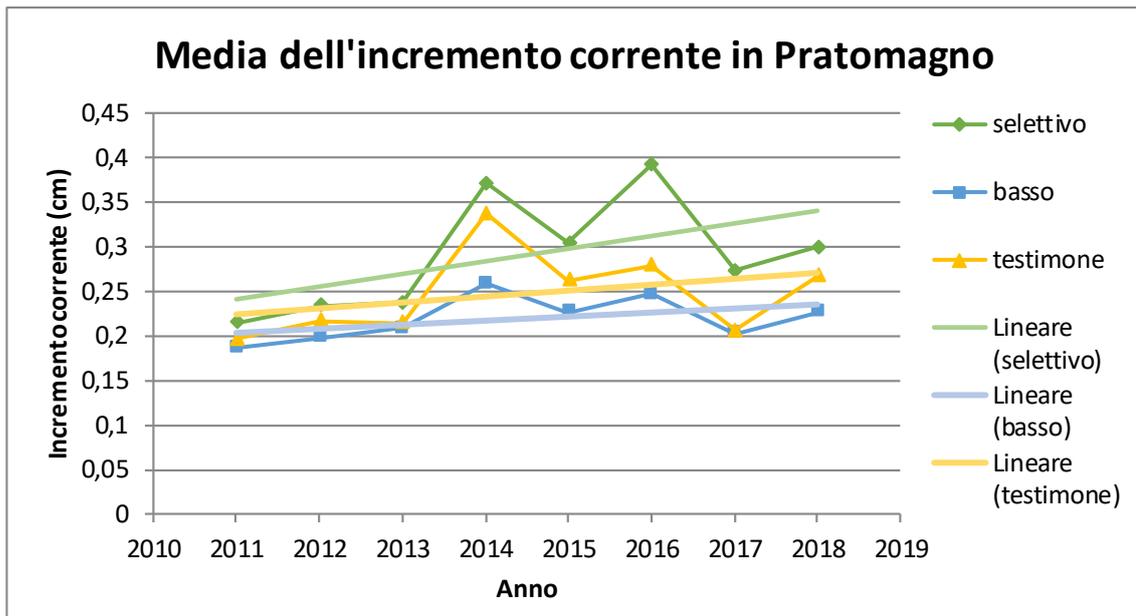


Grafico 10. Confronto per tesi di trattamento dell'andamento della media degli incrementi per ogni anno e delle relative linee di tendenza lineari.

Come si può osservare dal grafico, per tutte le tesi di trattamento, dopo una condizione stabile degli incrementi tra il 2011 ed il 2013, si ha un notevole incremento nel 2014 ed un conseguente declino nel 2015. Gli incrementi dei popolamenti trattati con diradamento dal basso e del testimone nel 2016 rimangono stabili, nel 2017 subiscono un decremento e nel 2018 una ripresa. I popolamenti trattati con diradamento selettivo hanno una notevole risposta incrementale nel 2016, subiscono un forte decremento nel 2017 e nel 2018 vi è una ripresa. Anche in Pratomagno il 2017 risulta un anno sfavorevole.

Indici di Mitrakos

Con i dati climatologici mensili registrati nelle stazioni poste in Pratomagno (Allegato 8), sono stati elaborati gli indici di stress idrotermici di Mitrakos, il “summer drought stress index” (SDS) ed il “winter cold stress” (WCS). Questi indici sono stati utilizzati per comparare l'andamento climatico nel periodo successivo al trattamento con l'andamento degli incrementi diametrici delle piante in esame. In particolare si è evidenziata nel 2017 una correlazione tra il calo nell'andamento degli incrementi (Grafico 10) e le elevate condizioni di stress da aridità (Tabella 2).

SDS_m	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2015							96,0	0	50,0	0	0	96,4
2016	0	0	2,8	0	0	0	68,4	0	0	0	0	89,2
2017	22,0	0	20,8	0	1,6	40,4	60,4	76,4	0	90,4	0	0
2018	0	0	0	0	0	99,2	76,8	0	57,2	0	0	0
2019	15,6	0	70,4	0	0							
WCS_m	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2015							0	0	0	19,2	23,0	34,8
2016	60,6	50,0	49,7	3,9	0	0	0	0	0	1,5	32,7	40,3
2017	86,6	48,8	23,3	14,6	0	0	0	0	0	0	42,1	68,1
2018	49,7	89,9	59,1	0	0	0	0	0	0	0	28,5	52,7
2019	79,4	46,1	35,8	23,4	18,0							
Condizioni di stress da aridità (SDS)						Condizioni di stress da freddo (WCS)						
	modeste						modeste					
	medie						medie					
	elevate						elevate					

Tabella 2. Indici di Mitrakos elaborati per il Pratomagno.

Analisi statistica

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati delle elaborazioni statistiche. Per ogni confronto è stato prima valutato se la distribuzione era normale o non con il test di normalità fornito dal software PAST. Quasi tutti i confronti non presentavano distribuzione normale. È stato quindi usato il test Kruskal-Wallis per valutare la significatività statistica delle differenze tra i confronti. Inoltre tramite il test Mann-Whitney pairwise si è valutato tra quali gruppi vi è differenza statistica. Per ogni campione, il valore medio è indicato da una barra nel boxplot riportato che evidenzia inoltre, attraverso i “baffi”, la deviazione standard.

Nelle tabelle seguenti “ST” fa riferimento al trattamento di diradamento selettivo, “CT” a quello di diradamento dal basso e “NT” all’assenza di trattamento.

I confronti che sono risultati significativi:

- Medie degli incrementi posteriori al trattamento confrontate per tesi per tesi di trattamento: vi è differenza tra la tesi di diradamento selettivo e quella di diradamento dal basso.

Kruskal-Wallis test for equal medians	
H (chi2):	6,103
Hc (tie corrected):	6,104
p (same):	0,04726

Mann-Whitney pairwise			
	ST	NT	CT
ST		0,09399	0,0157
NT	0,09399		0,5398
CT	0,0157	0,5398	

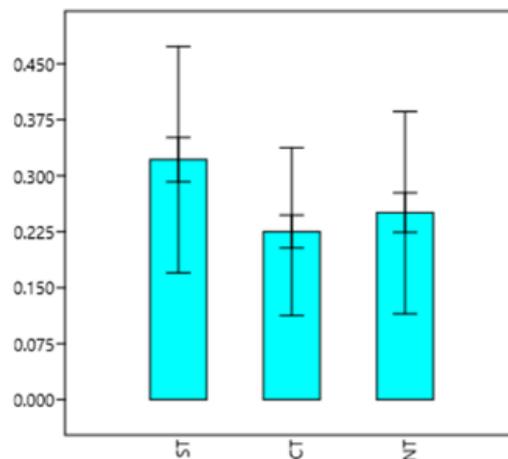


Grafico 11. Boxplot delle medie degli incrementi posteriori al trattamento confrontate per tesi per tesi di trattamento.

- Incrementi precedenti al diradamento selettivo nei 5 anni rispetto agli incrementi successivi al diradamento: vi è differenza statistica tra i dati rilevati sulle candidate della tesi di trattamento di diradamento selettivo prima e dopo l'intervento.

Kruskal-Wallis test for equal medians	
H (chi2):	3,905
Hc (tie corrected):	3,906
p (same):	0,04812

Mann-Whitney pairwise		
	PRE	POST
PRE		0,04825
POST	0,04825	

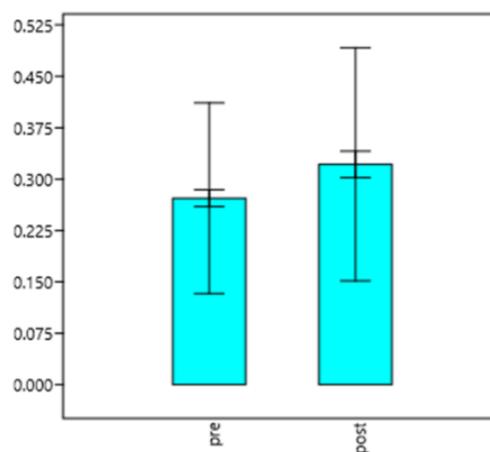
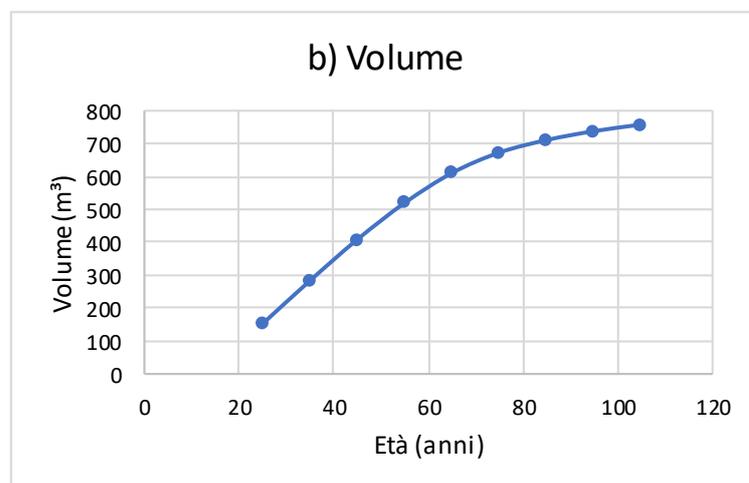
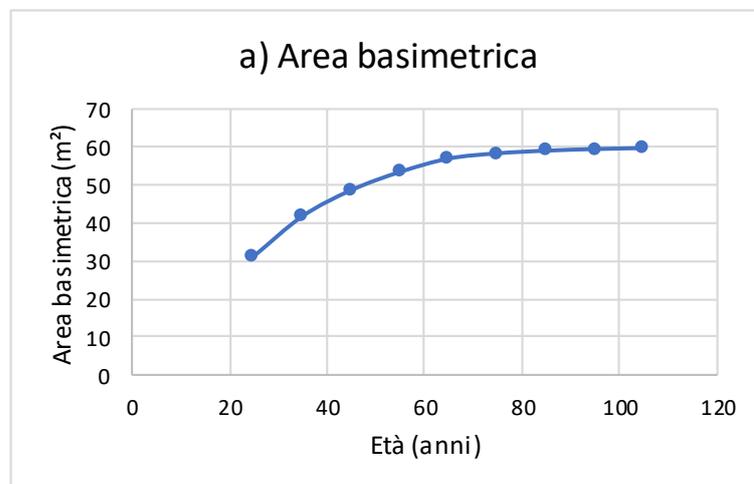


Grafico 12. Boxplot del confronto tra gli incrementi precedenti al diradamento selettivo nei 5 anni e gli incrementi successivi al diradamento.

Fertilità nelle 2 aree di studio

Nei popolamenti in Pratomagno vi è differenza significativa solo per il confronto tra gli incrementi dopo e prima 5 anni il trattamento selettivo. Invece non vi è differenza significativa rispetto agli incrementi di soli 3 anni prima. L'Amiata invece presenta differenze statisticamente significative sia rispetto ai 5 che ai 3 anni. Sia le aree di studio del Monte Amiata che quelle del Pratomagno, secondo la "Tavola alsometrica del pino nero e laricio della toscana" (Allegato 9) del Bernetti, fanno parte della seconda classe di fertilità. Se ne deduce che la mancata significatività in Pratomagno degli incrementi post trattamento rispetto a solo 3 anni prima il trattamento potrebbe essere imputata all'età dei popolamenti di 59 anni rispetto ai 44 di quelli dell'Amiata. A 59 anni il popolamento in Pratomagno, secondo le curve di sviluppo della "Tavola alsometrica del pino nero e laricio della toscana" del Bernetti, è arrivato alla senescenza ed inizia a diminuire la crescita, come si può osservare nei grafici sottostanti.



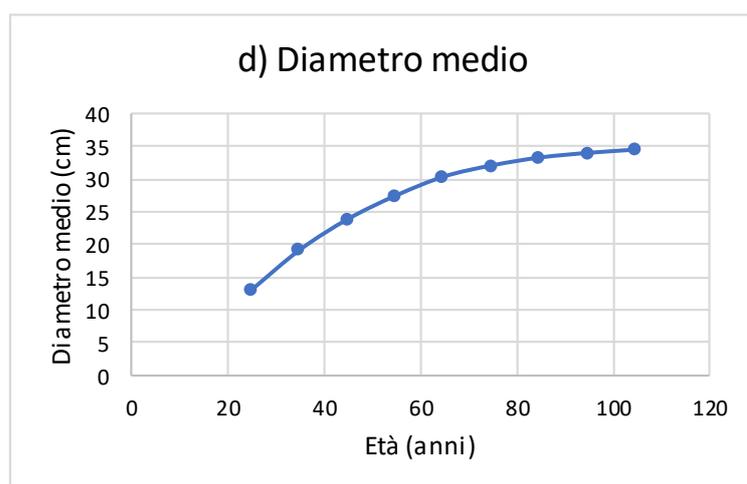
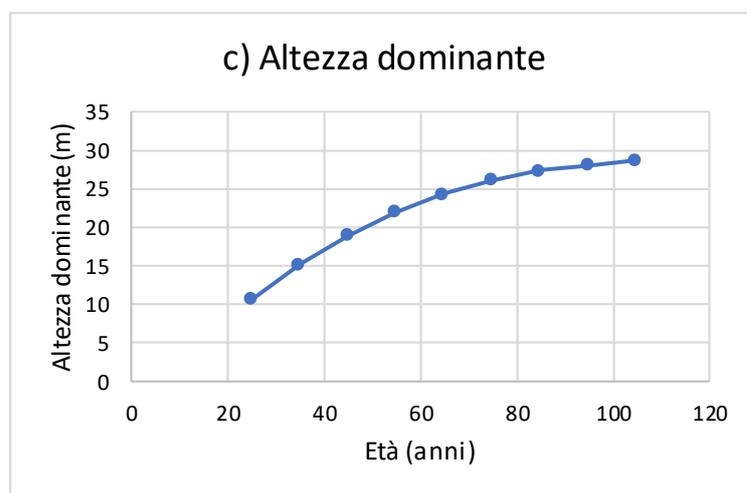


Grafico 13. Curve di sviluppo della “Tavola alsometrica del pino nero e laricio della toscana” del Bernetti rappresentate dai grafici a, b, c e d.

È stata inoltre dimostrata tale ipotesi tramite la normalizzazione delle età dei popolamenti del Pratomagno e dell’ Amiata analizzandone le altezze dominanti. Sono stati utilizzati gli incrementi medi di ogni pianta dominante (candidata e/o candidabile) per portare avanti nell’età la parte dominante del popolamento dell’Amiata ed indietro quella del Pratomagno, per poi confrontare le altezze dominanti.

Amiata	Pratomagno
h dom 0 (m)	h dom -15 (m)
19,26	20,53

Tabella 3. Confronto tra l’altezza dominante all’anno “0” (44 anni di età) in Amiata e l’altezza dominante all’anno “-15” (44 anni di età) in Pratomagno.

Amiata	Pratomagno
h dom +15 (m)	h dom 0 (m)
21,43	21,49

Tabella 4. Confronto tra l'altezza dominante all'anno "+15" (59 anni di età) in Amiata e l'altezza dominante all'anno "0" (59 anni di età) in Pratomagno.

Le altezze normalizzate non si discostano molto da quelle reali quindi si evince che non vi è grande differenza di fertilità tra i 2 popolamenti. La differenza ottenuta dagli elaborati statistici sopracitata è dunque da imputare alla senescenza del popolamento in Pratomagno, come precedentemente affermato.

5. Discussione e conclusioni

Lo studio dell'incremento di diametro ha permesso di confrontare le risposte incrementali ottenute dalle diverse tesi di trattamento applicate ai popolamenti in esame.

I valori ottenuti dalla lettura delle ampiezze degli anelli incrementali consente il recupero di serie storiche d'accrescimento, mostranti l'evoluzione della crescita radiale dell'albero nel tempo. L'analisi delle serie storiche può essere considerata sia come strumento utile a definire la fase di sviluppo del singolo albero, sia come stima di crescita in seguito alla reazione di fattori ecologici, climatici e colturali. Nello specifico, le ampiezze anulari, forniscono un esatto responso di tutti i fattori di disturbo esogeni ed endogeni che agiscono sia nel breve che nel lungo periodo nell'ecosistema bosco (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988).

I diradamenti riducono la competizione tra individui di un popolamento forestale con l'effetto di ripartire una maggiore quantità di risorse alle piante rilasciate. La distribuzione di tali risorse dipende sia dal modo in cui si modifica la struttura del popolamento, sia dall'intensità del diradamento. L'accrescimento di diametro come afferma Ciancio (2000) "è un parametro di sintesi utile per valutare questo fenomeno e, soprattutto, evidenziare la durata dell'«effetto utile» di un intervento".

Dai risultati dello studio effettuato sull'incremento diametrico delle piante candidate e/o candidabili dei popolamenti in Amiata si denota:

- L'andamento degli incrementi sia nei 5 che nei 3 anni precedenti ai trattamenti risulta statisticamente differente tra le tesi. In particolare il popolamento trattato con diradamento dal basso è caratterizzato da valori di incremento minori rispetto a quello trattato con diradamento selettivo. Considerando il fatto che **a.** i campioni presi in esame appartengono tutti alla stessa specie legnosa, **b.** vivono in condizioni ambientali molto simili e **c.** non si sono registrati eventi di riduzione della densità dovuti a cause naturali (schianti e/o sradicamenti), assumiamo come irrilevanti differenze incrementali imputabili a fertilità stazionali sostanzialmente diverse.
- L'andamento incrementale posteriore ai trattamenti risulta statisticamente differente tra le tesi, in particolare il popolamento sottoposto a diradamento selettivo presenta incrementi maggiori sia rispetto al testimone sia rispetto al

popolamento trattato con diradamento tradizionale. Gli incrementi delle piante candidate secondo diradamento selettivo aumentano del 10,7% rispetto agli incrementi precedenti al trattamento di 5 anni. Il trattamento dal basso non desta praticamente alcun effetto ed invece il testimone subisce un decremento del 2,9%. Per poter giustificare tale riduzione, possiamo ipotizzare che l'azione di fattori climatici particolarmente sfavorevoli e l'aumento nel tempo della pressione competitiva dell'area, abbiano agito in sinergia.

- La differenza tra l'andamento degli incrementi posteriori al diradamento selettivo rispetto all'andamento degli incrementi precedenti al trattamento sia nei 5 che nei 3 anni prima, risulta statisticamente significativa.
- La differenza tra le medie degli incrementi per carota nei 5 anni precedenti al diradamento selettivo rispetto alle medie degli incrementi per carota successivi al diradamento risulta statisticamente significativa.

Le tre tesi di trattamento in esame hanno riportato un andamento medio dell'incremento corrente (Grafico 3) molto simile nel quinquennio precedente al taglio, con l'area trattata a diradamento selettivo leggermente più fertile rispetto alle altre: il biennio 2011 - 2012 registra inizialmente un andamento decrescente per poi invertire la tendenza e giungere al picco dell'incremento tra gli anni 2014-2015.

L'ipotesi più attendibile per giustificare il trend dell'incremento corrente nel periodo pre trattamento, è da attribuire a fattori di carattere ambientale (andamento climatico), poiché non si sono registrati eventi di riduzione della densità dovuti a cause naturali come schianti e sradicamenti.

Per di più, l'ipotesi si avvalora considerando il fatto che i campioni presi in esame appartengono tutti alla stessa specie legnosa e stazionano su medesime condizioni ambientali.

L'evoluzione dell'incremento di diametro (Grafico 3) si fa interessante nelle 3 stagioni vegetative successive al trattamento. L'andamento delle aree testimone e di quelle trattate con diradamento dal basso, registra un calo drastico costante del ritmo di crescita. Per poter giustificare una riduzione così intensa, possiamo ipotizzare che l'azione di fattori climatici particolarmente sfavorevoli e l'aumento nel tempo della pressione competitiva dell'area, abbiano agito in sinergia. L'andamento delle aree trattate con diradamento selettivo subiscono anch'esse un calo comunque molto meno significativo

rispetto alle prime due citate. Tale calo può essere imputato alle elevate condizioni di stress da aridità (Tabella 1) dell'anno 2017 evidenziato dall'indice "summer drought stress index" (SDS) di Mitrakos. In particolar modo il periodo da Aprile ad Agosto 2017 estremamente arido, coincidente con il periodo di vegetazione delle piante di pino, e la possibile aridità fisiologica causata dai forti venti di settembre, hanno agito in sinergia limitando la crescita dei pini neri.

Dai risultati dello studio effettuato sull'incremento diametrico delle piante candidate e/o candidabili dei popolamenti in Pratomagno si denota:

- La differenza tra l'andamento degli incrementi posteriore al diradamento selettivo rispetto all'andamento degli incrementi precedenti al trattamento nei 5 anni prima, risulta statisticamente significativa. Non lo risulta invece rispetto ai 3 anni prima. In Amiata vi è significatività sia rispetto ai 5 che ai 3 anni. Sia le aree di studio del Monte Amiata che quelle del Pratomagno, secondo la "Tavola alsometrica del pino nero e laricio della toscana" (Allegato 9) del Bernetti (1969), fanno parte della seconda classe di fertilità. Se ne deduce che la mancata significatività in Pratomagno degli incrementi post trattamento rispetto a solo 3 anni prima il trattamento potrebbe essere imputata all'età dei popolamenti di 59 anni rispetto ai 44 di quelli dell'Amiata. A 59 anni il popolamento in Pratomagno, secondo le curve di sviluppo (Grafico 13) della "Tavola alsometrica del pino nero e laricio della toscana" del Bernetti (1969), è arrivato alla senescenza ed inizia a diminuire la crescita. È stata inoltre dimostrata tale ipotesi tramite la normalizzazione delle età dei popolamenti del Pratomagno e dell'Amiata analizzandone le altezze dominanti che ha evidenziato la similarità di fertilità tra i due popolamenti. La mancata significatività degli incrementi post trattamento rispetto ai 3 anni prima il diradamento selettivo, è imputata all'età dei popolamenti in Pratomagno che hanno raggiunto la senescenza e di conseguenza un rallentamento nella crescita.
- L'andamento degli incrementi posteriore ai trattamenti risulta statisticamente differente tra le tesi, in particolare il popolamento sottoposto a diradamento selettivo presenta incrementi maggiori rispetto al popolamento trattato con diradamento tradizionale dal basso. Gli incrementi delle piante candidate secondo diradamento selettivo aumentano del 4,9% rispetto agli incrementi precedenti al

trattamento di 5 anni. Il trattamento dal basso comporta un incremento dell'1% ed il testimone dello 0,5%.

Le tre tesi di trattamento in esame hanno riportato un andamento medio dell'incremento corrente (Grafico 10) molto simile nel quinquennio precedente al taglio: si è registrato un picco di incremento nell'anno 2014.

Per giustificare quest'anno che si differenzia dagli altri non ci si può che affidare all'andamento climatico in quanto non si sono registrati schianti e sradicamenti. Nelle 3 stagioni vegetative successive al trattamento dall'evoluzione dell'incremento di diametro (Grafico 10) si evince che le aree testimone e quelle trattate con diradamento dal basso, non subiscono rilevante cambiamento nel ritmo di crescita, escludendo l'anno 2017. Gli incrementi diametrici delle piante delle aree trattate con diradamento selettivo nel 2016 incrementano significativamente mentre nel 2017 subiscono anch'essi un calo, comunque meno significativo rispetto alle prime due citate. Tale calo, come in Amiata, può essere imputato alle elevate condizioni di stress da aridità (Tabella 2) dell'anno 2017 evidenziato dall'indice "summer drought stress index" (SDS) di Mitrakos.

Sia nel Monte Amiata che in Pratomagno, il diradamento selettivo, come si evince dai risultati, comporta effettivamente un incremento della produttività della frazione dominante del soprassuolo. Questa tecnica di gestione innovativa, modificando la diversità strutturale orizzontale e verticale della pineta, ovvero la modalità di copertura delle chiome, determina un diverso regime di luce, acqua e temperatura a livello del suolo favorendo l'aumento della biodiversità e della funzionalità complessiva dell'ecosistema, con conseguente incremento del valore economico, turistico e di protezione idrogeologica.

È stato dimostrato come, nonostante i popolamenti in esame non fossero mai stati trattati prima con le consuete tecniche selvicolturali da applicare ad un popolamento durante il suo sviluppo, siano comunque in grado di dare una risposta incrementale rilevante. Il declino registrato nella crescita nel 2017, riguardando tutti i popolamenti in esame, è da imputare, come precedentemente esposto, alle condizioni di estrema aridità che hanno riguardato il periodo di vegetazione del pino nero, e non al fenomeno chiamato "shock da diradamento" documentato per alcuni soprassuoli e specie forestali (Harrington 1983). Lo shock da diradamento porta a risposte negative in termini di accrescimento diametrico

e altimetrico, a clorosi fogliare, e danni o mortalità associata ad una maggiore esposizione ai raggi solari degli individui. Nell'arco temporale post intervento non si sono registrati tali fenomeni, né schianti e sradicamenti, né attacchi di patogeni. Cantiani et al. (2004) riscontrano nei popolamenti artificiali di pino nero una notevole reattività agli interventi colturali in termini di sviluppo del fusto e delle chiome anche a stadi evolutivi relativamente avanzati che spiegherebbe l'assenza di schianti, sradicamenti ed effetti negativi da shock da diradamento.

Solamente 3 stagioni vegetative successive all'intervento è un lasso temporale troppo breve per trarre delle conclusioni poiché l'influenza delle condizioni microstazionali e delle dinamiche di crescita sono variabili difficili da ponderare.

In merito ai risultati ottenuti, è comunque di notevole interesse la risposta incrementale registrata nel breve periodo delle aree trattate a diradamento selettivo poiché coincide con il momento di maggior vulnerabilità del bosco.

6. Bibliografia e Sitografia

Attorre F, Francesconi F, Valenti R, Collalti A, Bruno F, **Produzione di mappe climatiche e bioclimatiche mediante *Universal Kriging* con deriva esterna: teoria ed esempi per l'Italia.**, *Forest@* 5: 8-19, 2008.

Bernetti G., Cantiani M., Hellrigl B., **Ricerche alsometriche e dendrometriche sulle pinete di pino nero e laricio in Toscana.**, *L'Italia Forestale e Montana*, XXIV (1): 10-4, 1969.

Bernetti G., **Selvicoltura speciale**, UTET, 1995.

Bianchi L., Giovannini G., Maltoni A., Mariotti B., Paci M., **La selvicoltura delle pinete della Toscana**, ARSIA, 2005.

Cantiani P., **IL DIRADAMENTO SELETTIVO. Accrescere stabilità e biodiversità in boschi artificiali di pino nero. Manuale tecnico SelPiBioLife.** Compagnia delle Foreste S.r.l. Arezzo 432 pp., 2016.

Cantiani P., Chiavetta U., Marchi M., **Valutazione in bosco della stabilità di piante di pino nero. Il metodo speditivo della conta dei palchi vivi.** *Sherwood* 215: 5-8, 2015.

Cantiani, P., De Meo, I., Becagli, C., Bianchetto, E., Cazau, C., Mocali, S., & Salerni, E., **Effects of thinnings on plants and fungi biodiversity in a pinus nigra plantation: a case study in central Italy**, *Forestry ideas*, 21(2), 2015.

Corona P., Ferrara A., La Marca O., **Un sistema di misura delle ampiezze anulari. il dendrocronografo SMIL 3.** *L'Italia Forestale e Montana*, XLIV (5): 391-404, 1989.

Ciabatti G. [et al.], **I rimboschimenti in Toscana e la loro gestione**, Firenze, ARSIA, 2009.

Ciancio O., Garfi V., Nocentini S., **L'intervallo di ripetizione dei diradamenti in giovani popolamenti di Douglasia.** *L'Italia forestale e montana*. 1, 2000.

De Philippis A., **Compendio delle lezioni di Selvicoltura Speciale.** 1951-1952. C. a M. Firenze, 1952.

Fritts H.C., **Tree Rings and Climate.** Academic Press, London: 567 pp., 1976.

- Fukarek P., **Enclosure to knowledge of black pine (*Pinus nigra* Arn).** Rad. Poljopr. – Sumarsk. Fark. Univ. U Sarajevu 3:3-92, 1958.
- Gardin L. e Vinci A., **Carta dei suoli della Regione Toscana in scala 1:250.000**, 2006.
- Gatteschi P., Fedeli V., **I rimboschimenti del Monte Amiata con particolare riferimento a quelli eseguiti dall’Ispettorato forestale di Pian Castagnaio.** Ann. Accademia Italiana di Scienze Forestali (43), pag. 31 – 51, 1994.
- Gaussen H., Heywood V.H., Chater A.O., **Pinus L.** In: Tutin, T. G., Burges, N. A., Chater, A. O., Edmondson, J. R., Heywood, V. H., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., Webb, D. A. (Eds.), **Flora Europaea** 1: 32-35. Cambridge, 1964.
- Gellini R., Grossoni P., **Botanica forestale**, CEDAM, 2013.
- Giacobbe A., **Sul Pinus austriaca Hoess. di Villetta Barrea.** Archivio Botanico e Biogeogr, 9: 1-18, 1933.
- Harrington C.A., Reukema D.L., **Initial shock and long-term stand development following thinning in a Douglas-fir plantation.** For. Sci. 29, 33–46, 1983.
- Lizzerini G., **Un martelloscopio per pinete di *Pinus nigra*.** Tesi di laurea triennale Scienze Forestali e Ambientali. Università degli studi di Firenze, 2017.
- Leal S., Nunes E., Pereira H., **Cork oak (*Quercus suber* L.) wood growth and vessel characteristics variations in relation to climate and cork harvesting.** European Journal Forest Research, 127: 33-41, 2008.
- Meschini A., Longhi G., **Le pinete di pino laricio. Loro conservazione e loro miglioramento.** In: “Atti del Congresso Nazionale di Selvicoltura per il Miglioramento e la Conservazione dei Boschi Italiani”, vol. I. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Florence, pp. 199–226, 1955.
- Mitrakos K., **A theory for Mediterranean plant life.**, Acta Oecologica 1: 245-252, 1980.
- Nocentini S., **La rinaturalizzazione dei sistemi forestali: aspetti concettuali**, L’Italia forestale e Montana, 2000.

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

Piussi P., Alberti G., **Selvicoltura generale. Boschi, società e tecniche colturali.** Collana Scienze Forestali e Ambientali. Compagnia delle Foreste S.r.l. Arezzo 432 pp., 2015.

Regione Toscana – Banca dati geologica regionale – <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>.

Regione Toscana - Banca dati pedologica regionale – <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>

Rinaldini G., **I rimboschimenti Pinus nigra in Toscana in prospettiva: verso una tavola di cubatura assorti mentale.** Tesi di laurea magistrale Scienze e Tecnologie dei Sistemi Forestali. Università degli studi di Firenze, 2016.

San-Miguel-Ayanz, J. et al., **European atlas of forest tree species,** Publications Office of the European Union, 2016.

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

Schweingruber F.H., **Tree rings. Basics and applications in dendrochronology.** Reidel, Dordrecht: 276 pp., 1988.

Stefanelli A., **Il pino nero nelle Alpi orientali.** Tip. Art. Graf. Friul., Udine, 1967.

www.selpibio.eu

7. Allegati

Allegato 1

Diradamento dal basso di moderata intensità in Amiata

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 3:

	3.1			3.2			3.3		
	63A	43B	30C	23A	43B	51C	31A	12B	57C
anno	cm								
2018	0,532	0,524	0,290	0,342	0,230	0,570	0,640	0,566	0,436
2017	0,194	0,226	0,400	0,204	0,356	0,524	0,354	0,342	0,290
2016	0,264	0,326	0,514	0,416	0,268	0,602	0,688	0,622	0,296
2015	0,324	0,294	0,486	0,428	0,336	0,714	0,708	0,428	0,486
2014	0,336	0,424	0,438	0,420	0,478	0,886	0,688	0,232	0,446
2013	0,212	0,386	0,174	0,338	0,224	0,562	0,428	0,260	0,298
2012	0,244	0,272	0,130	0,324	0,256	0,542	0,416	0,392	0,362
2011	0,258	0,402	0,820	0,350	0,344	0,754	0,516	0,718	0,442
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,275	0,356	0,410	0,372	0,328	0,692	0,551	0,406	0,407
dev st	0,053	0,068	0,278	0,048	0,099	0,143	0,140	0,193	0,076
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,291	0,368	0,366	0,395	0,346	0,721	0,608	0,307	0,410
dev st	0,068	0,067	0,168	0,050	0,127	0,162	0,156	0,106	0,099
MEDIA INCR POST	0,330	0,359	0,401	0,321	0,285	0,565	0,561	0,510	0,341
dev st	0,178	0,152	0,112	0,108	0,065	0,039	0,181	0,148	0,083

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 8:

	8.1			8.2			8.3		
	58A	18B	65C	101A	37B	27C	17A	40B	61C
anno	cm								
2018	0,274	0,196	0,372	0,440	0,402	0,466	0,466	0,314	0,660
2017	0,274	0,186	0,272	0,210	0,238	0,286	0,424	0,330	0,264
2016	0,294	0,198	0,296	0,248	0,252	0,322	0,430	0,364	0,290
2015	0,220	0,258	0,170	0,314	0,378	0,364	0,472	0,340	0,342
2014	0,276	0,196	0,224	0,254	0,366	0,290	0,812	0,484	0,338
2013	0,232	0,164	0,142	0,186	0,174	0,248	0,208	0,252	0,252
2012	0,116	0,126	0,112	0,194	0,170	0,230	0,298	0,250	0,336
2011	0,148	0,138	0,208	0,286	0,166	0,256	0,414	0,290	0,474
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,198	0,176	0,171	0,247	0,251	0,278	0,441	0,323	0,348
dev st	0,065	0,053	0,046	0,056	0,111	0,053	0,231	0,097	0,080
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,243	0,206	0,179	0,251	0,306	0,301	0,497	0,359	0,311
dev st	0,029	0,048	0,042	0,064	0,114	0,059	0,303	0,117	0,051
MEDIA INCR POST	0,281	0,193	0,313	0,299	0,297	0,358	0,440	0,336	0,405
dev st	0,012	0,006	0,052	0,123	0,091	0,095	0,023	0,026	0,222

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 9:

	9.1			9.2			9.3		
	58A	70C	22C	24A	40B	26C	21A	43B	56C
anno	cm								
2018	0,338	0,192	0,872	0,558	0,636	0,496	0,376	0,254	0,276
2017	0,102	0,210	0,152	0,326	0,320	0,458	0,256	0,208	0,280
2016	0,296	0,346	0,366	0,422	0,548	0,600	0,384	0,216	0,330
2015	0,506	0,526	0,246	0,464	0,594	0,704	0,378	0,486	0,390
2014	0,554	0,638	0,504	0,558	0,566	0,384	0,398	0,472	0,368
2013	0,566	0,708	0,446	0,480	0,312	0,298	0,378	0,348	0,288
2012	0,392	0,250	0,226	0,332	0,296	0,296	0,320	0,250	0,250
2011	0,398	0,254	0,168	0,332	0,304	0,308	0,334	0,334	0,216
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,483	0,475	0,318	0,433	0,414	0,398	0,362	0,378	0,302
dev st	0,084	0,214	0,148	0,099	0,152	0,175	0,033	0,100	0,075
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,542	0,624	0,399	0,501	0,491	0,462	0,385	0,435	0,349
dev st	0,032	0,092	0,135	0,050	0,155	0,214	0,012	0,076	0,054
MEDIA INCR POST	0,245	0,278	0,463	0,435	0,501	0,518	0,339	0,226	0,295
dev st	0,126	0,096	0,370	0,117	0,163	0,074	0,072	0,025	0,030

Allegato 2

Diradamento selettivo in Amiata

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 1:

	1.1			1.2			1.3		
	52A	26B	12C	51A	36B	17C	45A	50B	2C
anno	cm								
2018	0,370	0,618	0,830	0,340	0,572	0,464	0,752	0,548	0,894
2017	0,576	0,562	0,562	0,518	0,558	0,360	0,536	0,418	0,556
2016	0,628	0,518	0,686	0,474	0,604	0,336	0,414	0,658	0,678
2015	0,446	0,358	0,852	0,506	0,414	0,366	0,460	0,494	0,576
2014	0,586	0,368	0,718	0,384	0,272	0,486	0,580	0,588	0,766
2013	0,432	0,218	0,474	0,262	0,352	0,338	0,398	0,504	0,586
2012	0,364	0,298	0,490	0,298	0,374	0,290	0,308	0,410	0,324
2011	0,428	0,454	0,488	0,300	0,326	0,320	0,310	0,474	0,418
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,451	0,339	0,604	0,350	0,348	0,360	0,411	0,494	0,534
dev st	0,082	0,088	0,172	0,098	0,053	0,076	0,114	0,064	0,170
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,488	0,315	0,681	0,384	0,346	0,397	0,479	0,529	0,643
dev st	0,085	0,084	0,192	0,122	0,071	0,079	0,093	0,052	0,107
MEDIA INCR POST	0,525	0,566	0,693	0,444	0,578	0,387	0,567	0,541	0,709
dev st	0,136	0,050	0,134	0,093	0,024	0,068	0,171	0,120	0,171

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 5:

	5.1			5.2			5.3		
	19A	72B	79C	71A	84B	10C	33A	9B	44C
anno	cm								
2018	0,578	0,622	0,216	0,614	0,544	0,450	0,858	0,888	0,762
2017	0,464	0,550	0,524	0,488	0,520	0,422	0,414	0,362	0,646
2016	0,340	0,314	0,426	0,526	0,412	0,408	0,448	0,448	0,724
2015	0,224	0,394	0,514	0,542	0,222	0,488	0,698	0,760	0,984
2014	0,222	0,326	0,282	0,508	0,188	0,548	0,756	0,832	0,778
2013	0,140	0,180	0,274	0,410	0,166	0,404	0,390	0,396	0,480
2012	0,140	0,132	0,202	0,392	0,208	0,250	0,500	0,410	0,562
2011	0,220	0,232	0,276	0,470	0,384	0,420	0,558	0,368	0,908
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,189	0,253	0,310	0,464	0,234	0,422	0,580	0,553	0,742
dev st	0,045	0,107	0,119	0,064	0,087	0,112	0,148	0,224	0,217
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,195	0,300	0,357	0,487	0,192	0,480	0,615	0,663	0,747
dev st	0,048	0,109	0,136	0,069	0,028	0,072	0,197	0,234	0,253
MEDIA INCR POST	0,461	0,495	0,389	0,543	0,492	0,427	0,573	0,566	0,711
dev st	0,119	0,161	0,157	0,065	0,070	0,021	0,247	0,282	0,059

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 6:

	6.1			6.2			6.3		
	30A	54B	39C	26A	51B	55C	30A	33B	63C
anno	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
2018	0,822	0,560	0,636	0,918	0,460	0,638	0,574	0,758	0,942
2017	0,558	0,480	0,414	0,616	0,272	0,468	0,440	0,780	0,960
2016	0,680	0,536	0,428	0,600	0,240	0,396	0,834	0,828	0,996
2015	0,442	0,580	0,486	0,648	0,414	0,604	0,664	0,780	0,698
2014	0,446	0,490	0,482	0,918	0,752	0,304	0,722	0,794	0,590
2013	0,464	0,536	0,332	0,622	0,292	0,440	0,582	0,732	0,654
2012	0,574	0,498	0,384	0,348	0,274	0,408	0,416	0,428	0,482
2011	0,502	0,598	0,460	0,574	0,430	0,506	0,366	0,600	0,466
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,486	0,540	0,429	0,622	0,432	0,452	0,550	0,667	0,578
dev_st	0,055	0,048	0,068	0,204	0,192	0,112	0,154	0,154	0,103
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,451	0,535	0,433	0,729	0,486	0,449	0,656	0,769	0,647
dev_st	0,012	0,045	0,088	0,164	0,238	0,150	0,070	0,033	0,054
MEDIA INCR POST	0,687	0,525	0,493	0,711	0,324	0,501	0,616	0,789	0,966
dev_st	0,132	0,041	0,124	0,179	0,119	0,124	0,200	0,036	0,027

Allegato 3

Testimone (nessun trattamento) in Amiata

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 2:

	2.1			2.2			2.3		
	35A	16B	13C	22A	13B	52C	31A	35B	54C
anno	cm								
2018	0,568	0,496	0,874	0,378	0,264	0,514	0,436	0,502	0,268
2017	0,396	0,156	0,794	0,258	0,250	0,554	0,232	0,346	0,554
2016	0,444	0,430	0,966	0,340	0,384	0,556	0,472	0,478	0,556
2015	0,342	0,398	0,894	0,492	0,314	0,548	0,368	0,690	0,548
2014	0,562	0,446	1,418	0,518	0,444	0,356	0,434	0,496	0,356
2013	0,368	0,396	0,698	0,286	0,206	0,226	0,272	0,198	0,226
2012	0,494	0,250	0,744	0,198	0,142	0,234	0,326	0,320	0,234
2011	0,768	0,470	0,760	0,274	0,196	0,390	0,442	0,516	0,390
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,507	0,392	0,903	0,354	0,260	0,351	0,368	0,444	0,351
dev st	0,172	0,085	0,297	0,143	0,120	0,132	0,072	0,190	0,132
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,424	0,413	1,003	0,432	0,321	0,377	0,358	0,461	0,377
dev st	0,120	0,028	0,372	0,127	0,119	0,162	0,081	0,248	0,162
MEDIA INCR POST	0,469	0,361	0,878	0,325	0,299	0,541	0,380	0,442	0,459
dev st	0,089	0,180	0,086	0,061	0,074	0,024	0,129	0,084	0,166

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 4:

	4.1			4.2			4.3		
	52A	71B	102C	90A	31B	39C	23A	42B	12C
anno	cm								
2018	0,266	0,286	0,346	0,274	0,184	0,114	0,516	0,866	0,426
2017	0,226	0,186	0,210	0,248	0,188	0,230	0,250	0,474	0,242
2016	0,224	0,258	0,214	0,372	0,236	0,184	0,414	0,736	0,490
2015	0,356	0,308	0,400	0,436	0,370	0,162	0,558	0,896	0,470
2014	0,286	0,248	0,376	0,404	0,384	0,286	0,792	1,176	0,644
2013	0,186	0,264	0,264	0,186	0,184	0,268	0,432	0,798	0,410
2012	0,232	0,188	0,234	0,168	0,204	0,382	0,598	0,606	0,354
2011	0,254	0,274	0,290	0,206	0,300	0,388	0,678	0,724	0,376
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,263	0,256	0,313	0,280	0,288	0,297	0,612	0,840	0,451
dev st	0,064	0,044	0,072	0,129	0,092	0,093	0,134	0,216	0,117
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,276	0,273	0,347	0,342	0,313	0,239	0,594	0,957	0,508
dev st	0,085	0,031	0,073	0,136	0,112	0,067	0,183	0,196	0,122
MEDIA INCR POST	0,239	0,243	0,257	0,298	0,203	0,176	0,393	0,692	0,386
dev st	0,024	0,052	0,077	0,065	0,029	0,058	0,134	0,200	0,129

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 7:

	7.1			7.2			7.3		
	28A	36B	30C	59A	36B	10C	63A	39B	57C
anno	cm								
2018	0,226	0,246	0,446	0,430	0,656	0,294	0,520	0,634	0,572
2017	0,190	0,340	0,436	0,158	0,290	0,174	0,312	0,396	0,416
2016	0,358	0,496	0,620	0,164	0,354	0,298	0,394	0,418	0,350
2015	0,440	0,668	0,918	0,352	0,400	0,284	0,452	0,624	0,524
2014	0,406	0,380	0,932	0,318	0,392	0,380	0,502	0,468	0,534
2013	0,228	0,248	0,556	0,360	0,378	0,336	0,392	0,288	0,440
2012	0,296	0,278	0,508	0,254	0,408	0,238	0,402	0,290	0,404
2011	0,286	0,232	0,568	0,260	0,300	0,292	0,446	0,342	0,458
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,331	0,361	0,696	0,309	0,376	0,306	0,439	0,402	0,472
dev st	0,089	0,181	0,210	0,050	0,044	0,054	0,044	0,144	0,056
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,358	0,432	0,802	0,343	0,390	0,333	0,449	0,460	0,499
dev st	0,114	0,215	0,213	0,022	0,011	0,048	0,055	0,168	0,052
MEDIA INCR POST	0,258	0,361	0,501	0,251	0,433	0,255	0,409	0,483	0,446
dev st	0,088	0,126	0,103	0,155	0,195	0,070	0,105	0,132	0,114

Allegato 4

Diradamento dal basso di moderata intensità in Pratomagno

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 3:

	3.1			3.2			3.3		
	31A	44B	54C	61A	18B	7C	54A	30B	34C
anno	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
2018	0,398	0,192	0,106	0,374	0,134	0,174	0,580	0,110	0,328
2017	0,304	0,098	0,134	0,192	0,064	0,122	0,594	0,114	0,238
2016	0,374	0,120	0,260	0,300	0,122	0,266	0,464	0,246	0,246
2015	0,208	0,176	0,250	0,222	0,158	0,218	0,228	0,228	0,228
2014	0,196	0,362	0,316	0,284	0,152	0,276	0,202	0,274	0,274
2013	0,140	0,284	0,106	0,394	0,112	0,222	0,100	0,226	0,226
2012	0,070	0,186	0,184	0,500	0,084	0,234	0,158	0,234	0,234
2011	0,080	0,138	0,366	0,290	0,054	0,232	0,172	0,118	0,118
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,139	0,229	0,244	0,338	0,112	0,236	0,172	0,216	0,216
dev st	0,064	0,092	0,103	0,110	0,044	0,023	0,049	0,058	0,058
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,181	0,274	0,224	0,300	0,141	0,239	0,177	0,243	0,243
dev st	0,036	0,093	0,107	0,087	0,025	0,032	0,068	0,027	0,027
MEDIA INCR POST	0,359	0,137	0,167	0,289	0,107	0,187	0,546	0,157	0,271
dev st	0,049	0,049	0,082	0,092	0,037	0,073	0,071	0,077	0,050

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 7:

	7.1		7.2			7.3		
	73A	44B	44A	70B	94C	34A	27B	60C
anno	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
2018	0,028	0,130	0,104	0,238	0,232	0,266	0,042	0,210
2017	0,038	0,106	0,092	0,314	0,308	0,272	0,058	0,318
2016	0,090	0,168	0,126	0,212	0,076	0,360	0,084	0,366
2015	0,084	0,128	0,116	0,266	0,214	0,246	0,150	0,256
2014	0,104	0,156	0,188	0,118	0,202	0,296	0,034	0,330
2013	0,116	0,232	0,130	0,066	0,238	0,164	0,034	0,196
2012	0,062	0,216	0,082	0,076	0,154	0,196	0,064	0,202
2011	0,088	0,228	0,070	0,226	0,224	0,174	0,094	0,150
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,091	0,192	0,117	0,150	0,206	0,215	0,075	0,227
dev st	0,021	0,047	0,046	0,091	0,032	0,055	0,049	0,069
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,101	0,172	0,145	0,150	0,218	0,235	0,073	0,261
dev st	0,016	0,054	0,038	0,104	0,018	0,067	0,067	0,067
MEDIA INCR POST	0,052	0,135	0,107	0,255	0,205	0,299	0,061	0,298
dev st	0,033	0,031	0,017	0,053	0,118	0,053	0,021	0,080

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 8:

	8.1			8.2			8.3		
	29A	14B	3C	40A	17B	55C	24A	52B	29C
anno	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
2018	0,302	0,362	0,312	0,160	0,188	0,322	0,160	0,214	0,222
2017	0,346	0,196	0,228	0,076	0,160	0,268	0,388	0,106	0,136
2016	0,326	0,384	0,338	0,096	0,150	0,472	0,358	0,234	0,164
2015	0,324	0,316	0,266	0,084	0,196	0,414	0,398	0,302	0,200
2014	0,518	0,588	0,378	0,114	0,182	0,468	0,304	0,236	0,174
2013	0,254	0,548	0,152	0,072	0,158	0,300	0,434	0,360	0,162
2012	0,210	0,426	0,274	0,082	0,222	0,362	0,374	0,178	0,088
2011	0,278	0,388	0,312	0,062	0,152	0,120	0,426	0,190	0,096
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,317	0,453	0,276	0,083	0,182	0,333	0,387	0,253	0,144
dev st	0,120	0,113	0,082	0,020	0,029	0,134	0,052	0,077	0,049
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,365	0,484	0,265	0,090	0,179	0,394	0,379	0,299	0,179
dev st	0,137	0,147	0,113	0,022	0,019	0,086	0,067	0,062	0,019
MEDIA INCR POST	0,325	0,314	0,293	0,111	0,166	0,354	0,302	0,185	0,174
dev st	0,022	0,103	0,057	0,044	0,020	0,106	0,124	0,069	0,044

Allegato 5

Diradamento selettivo in Pratomagno

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 1:

	1.1			1.2			1.3	
	29A	15B	63C	41A	35B	11C	57A	27C
anno	cm							
2018	0,474	0,458	0,214	0,658	0,094	0,172	0,040	0,044
2017	0,502	0,410	0,142	0,404	0,154	0,132	0,126	0,080
2016	0,668	0,516	0,268	0,708	0,180	0,392	0,084	0,118
2015	0,514	0,444	0,220	0,466	0,092	0,292	0,200	0,094
2014	0,632	0,598	0,184	0,798	0,122	0,310	0,162	0,106
2013	0,170	0,304	0,222	0,410	0,100	0,186	0,196	0,078
2012	0,206	0,258	0,246	0,412	0,212	0,162	0,138	0,074
2011	0,384	0,370	0,370	0,324	0,122	0,164	0,096	0,064
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,381	0,395	0,248	0,482	0,130	0,223	0,158	0,083
dev st	0,197	0,133	0,071	0,184	0,048	0,072	0,043	0,017
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,439	0,449	0,209	0,558	0,105	0,263	0,186	0,093
dev st	0,240	0,147	0,021	0,210	0,016	0,067	0,021	0,014
MEDIA INCR POST	0,548	0,461	0,208	0,590	0,143	0,232	0,083	0,081
dev st	0,105	0,053	0,063	0,163	0,044	0,140	0,043	0,037

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 2:

	2.1			2.2			2.3		
	70	50	54	52	65	27	57	12	69C
anno	cm								
2018	0,306	0,122	0,572	0,342	0,352	0,284	0,272	0,578	0,138
2017	0,338	0,106	0,428	0,232	0,284	0,164	0,382	0,314	0,142
2016	0,600	0,272	0,568	0,438	0,334	0,328	0,428	0,472	0,150
2015	0,472	0,152	0,360	0,282	0,240	0,344	0,468	0,294	0,166
2014	0,482	0,330	0,332	0,426	0,290	0,436	0,504	0,468	0,272
2013	0,300	0,170	0,276	0,212	0,306	0,150	0,462	0,398	0,156
2012	0,476	0,222	0,316	0,138	0,316	0,254	0,500	0,196	0,156
2011	0,204	0,144	0,170	0,178	0,266	0,124	0,514	0,198	0,194
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,387	0,204	0,291	0,247	0,284	0,262	0,490	0,311	0,189
dev st	0,128	0,077	0,074	0,113	0,031	0,131	0,023	0,121	0,049
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,418	0,217	0,323	0,307	0,279	0,310	0,478	0,387	0,198
dev st	0,102	0,098	0,043	0,109	0,034	0,146	0,023	0,088	0,064
MEDIA INCR POST	0,415	0,167	0,523	0,337	0,323	0,259	0,361	0,455	0,143
dev st	0,161	0,092	0,082	0,103	0,035	0,085	0,080	0,133	0,006

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 6:

	6.1			6.2			6.3		
	27A	60B	66C	45A	64B	11C	50A	8B	14C
anno	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
2018	0,308	0,184	0,226	0,190	0,606	0,356	0,192	0,370	0,234
2017	0,336	0,224	0,278	0,184	0,548	0,370	0,346	0,142	0,336
2016	0,426	0,246	0,348	0,162	0,648	0,560	0,652	0,218	0,406
2015	0,272	0,230	0,340	0,196	0,404	0,370	0,540	0,136	0,310
2014	0,248	0,170	0,474	0,228	0,400	0,378	0,598	0,156	0,548
2013	0,204	0,198	0,178	0,140	0,370	0,174	0,362	0,176	0,280
2012	0,178	0,156	0,184	0,114	0,276	0,188	0,334	0,132	0,228
2011	0,134	0,154	0,274	0,100	0,296	0,126	0,278	0,124	0,194
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,207	0,182	0,290	0,156	0,349	0,247	0,422	0,145	0,312
dev st	0,055	0,032	0,123	0,055	0,060	0,118	0,139	0,021	0,139
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,241	0,199	0,331	0,188	0,391	0,307	0,500	0,156	0,379
dev st	0,034	0,030	0,148	0,045	0,019	0,116	0,123	0,020	0,147
MEDIA INCR POST	0,357	0,218	0,284	0,179	0,601	0,429	0,397	0,243	0,325
dev st	0,062	0,031	0,061	0,015	0,050	0,114	0,234	0,116	0,086

Allegato 6

Testimone (nessun trattamento) in Pratomagno

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 4:

	4.1			4.2			4.3		
	40A	67B	11C	28A	66B	61C	38A	66B	45C
anno	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
2018	0,576	0,224	0,152	0,334	0,224	0,222	0,282	0,192	0,164
2017	0,476	0,144	0,108	0,246	0,230	0,256	0,246	0,130	0,074
2016	0,404	0,200	0,164	0,516	0,270	0,312	0,386	0,248	0,202
2015	0,402	0,238	0,158	0,544	0,232	0,256	0,332	0,214	0,394
2014	0,512	0,486	0,114	0,622	0,234	0,498	0,308	0,228	0,438
2013	0,256	0,280	0,136	0,368	0,236	0,248	0,142	0,194	0,156
2012	0,268	0,202	0,180	0,244	0,208	0,188	0,352	0,168	0,258
2011	0,430	0,154	0,218	0,142	0,140	0,212	0,198	0,154	0,304
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,374	0,272	0,161	0,384	0,210	0,280	0,266	0,192	0,310
dev st	0,110	0,128	0,040	0,200	0,041	0,125	0,092	0,031	0,112
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,390	0,335	0,136	0,511	0,234	0,334	0,261	0,212	0,329
dev st	0,128	0,133	0,022	0,130	0,002	0,142	0,103	0,017	0,152
MEDIA INCR POST	0,485	0,189	0,141	0,365	0,241	0,263	0,305	0,190	0,147
dev st	0,086	0,041	0,029	0,138	0,025	0,045	0,073	0,059	0,066

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 5:

	5.1		5.2			5.3		
	40A	86B	41A	43B	1C	71A	28B	43C
anno	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
2018	0,332	0,322	0,276	0,322	0,436	0,078	0,174	0,112
2017	0,326	0,136	0,100	0,234	0,362	0,052	0,186	0,098
2016	0,570	0,186	0,124	0,224	0,492	0,044	0,140	0,084
2015	0,376	0,186	0,120	0,206	0,484	0,054	0,178	0,062
2014	0,414	0,254	0,162	0,340	0,740	0,052	0,224	0,266
2013	0,234	0,200	0,190	0,260	0,234	0,064	0,184	0,168
2012	0,264	0,134	0,160	0,230	0,254	0,050	0,170	0,148
2011	0,182	0,128	0,158	0,136	0,256	0,042	0,158	0,114
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,294	0,180	0,158	0,234	0,394	0,052	0,183	0,152
dev st	0,098	0,052	0,025	0,075	0,219	0,008	0,025	0,076
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,341	0,213	0,157	0,269	0,486	0,057	0,195	0,165
dev st	0,095	0,036	0,035	0,067	0,253	0,006	0,025	0,102
MEDIA INCR POST	0,409	0,215	0,167	0,260	0,430	0,058	0,167	0,098
dev st	0,139	0,096	0,095	0,054	0,065	0,018	0,024	0,014

Incremento diametrico registrato nei plot dell'area di monitoraggio 9:

	9.1			9.2			9.3		
	38A	37B	44C	17A	65B	3C	15A	49B	58C
anno	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
2018	0,140	0,626	0,152	0,216	0,544	0,064	0,108	0,254	0,412
2017	0,100	0,312	0,176	0,182	0,404	0,060	0,052	0,296	0,360
2016	0,204	0,294	0,106	0,162	0,732	0,212	0,108	0,414	0,456
2015	0,178	0,306	0,186	0,198	0,432	0,302	0,130	0,304	0,358
2014	0,244	0,372	0,106	0,224	0,502	0,392	0,122	0,336	0,578
2013	0,216	0,306	0,106	0,200	0,332	0,270	0,096	0,162	0,320
2012	0,206	0,168	0,098	0,174	0,350	0,448	0,166	0,204	0,330
2011	0,166	0,366	0,106	0,130	0,308	0,308	0,132	0,220	0,254
MEDIA INCR PRE 5 anni	0,202	0,304	0,120	0,185	0,385	0,344	0,129	0,245	0,368
dev st	0,031	0,082	0,037	0,036	0,080	0,074	0,025	0,072	0,123
MEDIA INCR PRE 3 anni	0,213	0,328	0,133	0,207	0,422	0,321	0,116	0,267	0,419
dev st	0,033	0,038	0,046	0,014	0,085	0,063	0,018	0,093	0,139
MEDIA INCR POST	0,148	0,411	0,145	0,187	0,560	0,112	0,089	0,321	0,409
dev st	0,052	0,187	0,036	0,027	0,165	0,087	0,032	0,083	0,048

Allegato 7

Valori climatologici mensili in Amiata nel periodo 2016-2018

Anno	Mese	Tmin (°C)	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Prec (mm)	Vento (km/h)	Radiaz (W/m ²)	ET0 (mm)
2016	gen	4,44	4,76	5,14	115,40	2,18	32,08	10,37
	feb	5,92	6,29	6,67	304,20	2,99	42,88	16,59
	mar	5,70	6,09	6,49	49,60	2,43	89,45	36,27
	apr	11,06	11,58	12,13	56,60	1,97	148,77	65,81
	mag	12,26	12,74	13,23	61,20	1,64	159,25	71,91
	giu	16,13	16,61	17,08	96,60	1,30	158,83	73,82
	lug	20,15	20,68	21,22	81,80	1,60	192,09	100,57
	ago	18,89	19,37	19,87	46,80	1,73	167,01	88,67
	set	15,99	16,40	16,84	62,40	1,41	98,46	47,75
	ott	11,16	11,51	11,87	112,00	1,41	42,53	20,63
	nov	7,58	7,87	8,18	102,60	2,16	24,38	10,79
	dic	5,32	5,62	5,92	24,20	1,75	21,09	11,64
2017	gen	1,04	1,34	1,63	14,40	2,33	25,20	10,67
	feb	5,39	5,72	6,06	56,80	2,28	44,01	16,62
	mar	8,13	8,57	9,02	50,00	2,13	98,94	46,93
	apr	9,64	10,13	10,66	24,20	1,90	147,70	62,99
	mag	13,96	14,48	15,02	31,00	1,52	170,84	82,10
	giu	19,81	20,37	20,94	15,40	1,48	210,90	103,58
	lug	20,89	21,51	22,14	26,00	1,53	204,63	105,56
	ago	23,02	23,62	24,23	10,00	1,50	188,48	107,29
	set	13,80	14,26	14,75	95,30	1,23	96,37	45,48
	ott	12,07	12,46	12,86	7,00	0,82	47,72	25,06
	nov	6,18	6,48	6,80	81,00	1,14	25,20	10,64
	dic	3,06	3,32	3,62	103,80	2,00	24,99	10,44
2018	gen	5,70	5,99	6,32	39,60	1,44	31,01	12,09
	feb	0,97	1,24	1,53	134,80	1,15	38,37	11,08
	mar	4,87	5,27	5,66	178,00	2,35	80,01	31,39
	apr	11,95	12,46	12,97	62,20	1,25	155,08	69,69
	mag	13,42	13,87	14,32	177,40	0,52	116,35	51,81
	giu	16,79	17,27	17,77	51,40	0,86	160,60	74,82
	lug	20,54	21,05	21,57	26,40	0,88	187,37	94,54
	ago	19,92	20,45	20,99	77,40	0,58	141,71	72,27
	set	17,10	17,54	18,01	5,60	0,68	89,52	45,68
	ott	13,06	13,43	13,80	110,80	1,25	42,48	22,00
	nov	8,06	8,33	8,60	10,60	0,32	26,19	10,40
	dic	4,99	5,25	5,58	50,20	1,05	29,26	9,48

Allegato 8

Valori climatologici mensili in Pratomagno nel periodo 2016-2018

Anno	Mese	Tmin (°C)	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Prec (mm)	Vento (km/h)	Radiaz (W/m²)	ET0 (mm)
2016	gen	2,43	2,69	2,97	165,80	4,59	42,37	16,03
	feb	3,75	4,03	4,33	181,60	4,79	41,35	14,78
	mar	3,79	4,17	4,57	48,60	5,02	112,35	45,42
	apr	9,51	10,03	10,56	65,80	3,85	158,18	75,28
	mag	10,62	11,14	11,68	117,00	3,91	170,42	80,39
	giu	14,83	15,33	15,84	56,00	3,27	186,78	90,27
	lug	19,09	19,65	20,24	15,80	2,79	234,27	126,32
	ago	17,71	18,27	18,87	75,80	3,49	225,67	121,03
	set	14,75	15,24	15,77	81,40	2,65	155,21	75,48
	ott	9,81	10,21	10,62	114,40	2,14	86,89	39,35
	nov	5,91	6,20	6,50	198,20	3,11	51,37	19,74
	dic	4,96	5,35	5,76	5,40	3,62	65,50	37,51
2017	gen	-0,82	-0,53	-0,21	39,00	4,94	65,85	25,96
	feb	3,90	4,19	4,50	134,20	3,91	72,15	26,38
	mar	7,09	7,56	8,04	39,60	3,95	150,92	71,75
	apr	8,18	8,72	9,29	57,00	3,24	163,18	71,22
	mag	12,23	12,79	13,37	49,20	2,99	198,52	96,68
	giu	17,91	18,47	19,04	29,80	2,96	253,44	129,37
	lug	19,16	19,90	20,62	19,80	2,52	249,32	137,06
	ago	21,75	22,45	23,18	11,80	2,44	235,35	143,22
	set	12,42	12,98	13,55	141,00	2,69	140,12	65,10
	ott	11,28	11,77	12,25	4,80	2,41	111,48	57,77
	nov	4,74	5,06	5,38	96,60	2,44	52,04	20,60
	dic	1,49	1,78	2,09	112,20	3,21	40,27	16,20
2018	gen	3,79	4,07	4,35	116,00	3,67	42,85	18,44
	feb	-1,24	-0,96	-0,67	155,40	4,02	72,45	19,23
	mar	2,62	2,96	3,32	208,00	3,75	72,35	25,85
	apr	10,73	11,27	11,81	72,20	2,94	178,10	85,28
	mag	12,29	12,78	13,31	84,60	1,75	144,15	66,64
	giu	15,40	15,97	16,54	0,40	2,19	230,46	108,07
	lug	19,03	19,64	20,26	11,60	1,64	219,04	115,34
	ago	19,08	19,66	20,24	76,80	2,24	203,26	109,75
	set	15,97	16,48	16,98	21,40	2,03	170,12	85,93
	ott	11,63	12,02	12,43	102,60	3,16	99,94	51,20
	nov	6,44	6,73	7,02	110,60	2,52	46,95	18,79
	dic	3,42	3,73	4,04	101,40	3,21	48,36	23,02

Allegato 9

Tavola alsometrica del pino nero e laricio della toscana (Bernetti et al. 1969)

I Classe di fertilità

Età	Altezza dominante	Soprasuolo normale prima del diradamento					Soprasuolo intercalare					Soprasuolo principale					Massa totale				
		Numero delle	Diametro	Area	Altezza media	Volume	Numero delle	Diametro	Area	Altezza media	Volume	Numero delle	Diametro	Area	Altezza media	Volume	incremento			Massa	Incremento
																	medio	corrente	percentuale		
anni	m	n	cm	m ²	m	m ³	n	cm	m ²	m	m ³	n	cm	m ²	m	m ³	m ³	m ³	%	m ³	m ³
<i>I classe di fertilità</i>																					
20	10,5	2350	13,0	31,19	9,2	151	995	10,8	9,11	8,5	43	1355	14,4	22,08	9,5	108	5,40	15,5	8,4	151	7,5
30	16,0	1355	20,2	43,42	14,5	308	370	15,1	6,63	13,3	45	985	21,8	36,79	14,7	263	8,8	15,4	4,5	351	11,7
40	20,5	985	25,7	51,10	18,8	462	202	18,2	5,26	17,3	45	783	27,3	45,84	19,0	417	10,4	15,0	3,1	550	13,7
50	24,4	783	30,2	56,09	22,6	605	111	20,6	3,70	20,7	38	672	31,5	52,39	22,7	567	11,3	11,6	1,8	738	14,8
60	27,5	672	33,4	58,88	25,5	714	70	22,3	2,73	23,4	31	602	34,4	56,15	25,6	683	11,4	8,6	1,2	885	14,7
70	29,8	602	35,6	59,92	27,7	789	37	23,5	1,60	25,4	20	565	36,2	58,32	27,8	769	11,0	5,7	0,7	991	14,1
80	31,4	565	36,9	60,42	29,3	841	25	24,3	1,16	26,8	15	540	37,3	59,26	29,4	826	10,3	3,8	0,4	1063	13,3
90	32,6	540	37,8	60,60	30,4	875	16	24,9	0,78	27,9	11	524	38,1	59,82	30,4	864	9,6	2,7	0,3	1112	12,3
100	33,4	524	38,4	60,70	31,2	899	12	25,2	0,60	28,6	8	512	38,7	60,10	31,2	891	8,9			1147	11,5
110	34,1	512	38,9	60,80	31,9	922															

II Classe di fertilità

Età	Altezza dominante	Soprasuolo normale prima del diradamento					Soprasuolo intercalare					Soprasuolo principale					Massa totale				
		Numero delle	Diametro medio	Area	Altezza media	Volume	Numero delle	Diametro medio	Area	Altezza media	Volume	Numero delle	Diametro medio	Area	Altezza media	Volume	incremento			Massa	Incremento
																	medio	corrente	percentuale		
anni	m	n	cm	m ²	m	m ³	n	cm	m ²	m	m ³	n	cm	m ²	m	m ³	m ³	m ³	%	m ³	m ³
<i>II classe di fertilità</i>																					
25	10,6	2320	13,1	31,27	9,3	153	875	11,0	8,32	8,6	40	1455	14,2	22,95	9,6	113	4,5			153	6,1
35	15,2	1445	19,2	41,84	13,8	284	360	14,7	6,11	12,6	40	1085	20,4	35,73	14,0	244	7,0	13,1	7,3	324	9,2
45	19,0	1085	23,9	48,68	17,4	409	185	17,2	4,30	16,0	35	900	25,0	44,38	17,5	374	8,3	13,0	4,2	489	10,9
55	22,0	900	27,5	53,46	20,3	520	115	19,1	3,30	18,6	30	785	28,5	50,16	20,4	490	8,9	11,6	2,7	635	11,5
65	24,3	785	30,4	56,98	22,5	611	64	20,5	2,15	20,6	22	721	31,1	54,83	22,6	589	9,1	9,9	1,8	756	11,6
75	26,1	721	32,1	58,35	24,2	673	43	21,6	1,58	22,2	17	678	32,6	56,77	24,3	656	8,7	6,7	1,1	840	11,2
85	27,3	678	33,3	59,05	25,3	711	23	22,2	1,89	23,2	10	655	33,6	58,16	25,3	701	8,2	4,5	0,7	895	10,5
95	28,1	655	34,0	59,47	26,1	738	16	22,6	1,64	23,9	7	639	34,2	58,83	26,1	731	7,7	3,0	0,4	932	9,8
105	28,7	639	34,5	59,73	26,7	758															

III Classe di fertilità

Età	Altezza dominante	Soprassuolo normale prima del diradamento					Soprassuolo intercalare					Soprassuolo principale					Massa totale				
		Numero delle	Diametro medio	Area	Altezza media	Volume	Numero delle	Diametro medio	Area	Altezza media	Volume	Numero delle	Diametro medio	Area	Altezza media	Volume	incremento			Massa	Incremento
																	medio	corrente	percentuale		
anni	m	n	cm	m ²	m	m ³	n	cm	m ²	m	m ³	n	cm	m ²	m	m ³	m ³	m ³	%	m ³	m ³
<i>III classe di fertilità</i>																					
30	10,0	2500	12,2	29,22	8,8	138	870	10,3	7,25	8,1	33	1630	13,1	21,97	9,1	105	3,5			138	4,6
40	13,9	1630	17,5	39,20	12,5	244	360	13,6	5,23	11,5	32	1270	18,5	33,97	12,7	212	5,3	10,7	6,8	277	6,9
50	16,8	1270	21,2	44,83	15,3	334	190	15,7	3,68	14,0	26	1080	22,0	41,15	15,4	308	6,2	9,6	3,7	399	8,0
60	19,1	1080	24,1	49,27	17,5	416	120	17,2	2,79	16,1	23	960	24,8	46,68	17,6	393	6,5	8,5	2,4	507	8,4
70	20,8	960	26,2	51,76	19,1	474	60	18,4	1,60	17,6	14	900	26,5	50,16	19,2	460	6,6	6,7	1,6	588	8,4
80	22,0	900	27,5	53,46	20,3	520	44	19,1	1,25	18,6	11	856	27,8	52,21	20,3	509	6,4	4,9	1,0	648	8,1
90	22,8	856	28,4	54,22	21,0	545	30	19,6	0,91	19,3	9	826	28,7	53,31	21,0	536	5,9	2,7	0,5	682	7,6
100	23,4	826	29,1	54,94	21,6	567	18	20,0	0,56	19,8	6	808	29,3	54,38	21,6	561	5,6	2,5	0,46	713	7,1
110	23,7	808	29,5	55,26	21,9	574															