



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI ED AMBIENTALI

Caratteri strutturali e cronologici di una
faggeta con abete bianco (*Abies alba* Mill.) nel
Monte Catria (PU-PG)

Structural and chronological features of a beech forest
with silver fir (*Abies alba* Mill.) on Mt. Catria
(central Apennines)

TIPO DI TESI: Sperimentale

Studente:
DOMINIK GREIF

Relatore:
PROF. CARLO URBINATI

Correlatore:
DOTT. ENRICO TONELLI

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
1.1 Abete bianco: caratteri morfologici ed ecologici	3
1.2 Areale dell'abete bianco	7
1.2.1 Distribuzione in Europa e in Italia	7
1.2.2 Distribuzione Appenninica	9
1.3 Abete bianco e faggio	12
1.4 Obiettivi	13
2. MATERIALI E METODI	15
3.1 Area di studio	15
3.1.1 Caratteristiche geomorfologiche e pedologiche	15
3.1.2 Caratteristiche climatiche e vegetazionali	16
3.2 Raccolta e analisi dei dati	20
3.2.1 Rilevamento dendrometrico-strutturale	20
3.2.2 Rilevamento dendrocronologico	24
3. ANALISI E DISCUSSIONE DEI RISULTATI	28
3.1 Parametri dendrometrici-strutturali	28
3.2 Parametri dendrocronologici	39
3.2.1 Dinamica di accrescimento dell'abete bianco	39
3.2.2 Dinamica di accrescimento del faggio	44
4. CONCLUSIONI	47
5. BIBLIOGRAFIA	49

1. INTRODUZIONE

1.1 Abete bianco: caratteri morfologici ed ecologici

L'abete bianco (*Abies alba* Mill.) è una specie arborea autoctona appartenente alla famiglia delle *Pinaceae*. È caratterizzato da una ramificazione molto regolare, con rami principali raggruppati in palchi uniformi e disposti orizzontalmente (ramificazione monopodiale) (Fig.1.1.1). I rami secondari, invece, sono disposti lungo il fusto secondo un andamento a spirale. La chioma, di aspetto conico negli individui giovani, assume una forma cilindrica in quelli adulti e diventa sempre più appiattita nei senescenti.



Figura 1.1.1 Abete bianco (fonte funghiitaliani.it)

La corteccia appare liscia, grigia, con vesciche resinose e diviene più rugosa avanzando con l'età (oltre i 50 anni) formando scaglie spesse da 3 a 8 millimetri circa di colore variabile dal grigio-biancastro al grigio-scuro. L'apparato radicale è di tipo fittonante e può raggiungere una profondità di 1.60 metri, permettendo all'abete bianco di colonizzare anche suoli forestali pesanti e bagnati e contribuendo in questo modo a trattenere l'acqua nel terreno (Häne, 2006). Tra tutte le conifere, l'abete bianco è una delle specie che meglio si ancora al terreno, pertanto è meno soggetta a rotture o sradicamenti provocati da condizioni climatiche avverse (Ducci, et al., 1998).



Figura 1.1.2 Strobili eretti di abete bianco (fonte waldwissen.net)

L'abete bianco è un albero monoico, con coni maschili e femminili separati sullo stesso individuo: i coni femminili, di colore rosso-violaceo, sono tipicamente inseriti alla fine dei rami in posizione apicale, mentre i coni maschili, di colore giallo e di dimensioni ridotte, sono disposti generalmente più in basso rispetto a quelli femminili. I coni appaiono dopo i 30 o 40 anni d'età, solitamente ad aprile o maggio, e i germogli sono non resinosi e di colore rosso-marrone. I coni femminili si trovano sui rami superiori della chioma, disposti verticalmente verso l'alto, contrariamente all'abete rosso (*Picea abies* L. H.Karst.) che li presenta penduli (Fig.1.1.2). A maturità le squame degli strobili si disarticolano lasciando sul ramo solo la loro parte basale e l'asse centrale (rachide).

I semi sono di forma schiacciata e triangolare, di colore bruno-scuro. La loro maturazione avviene verso la fine di settembre e la dispersione è principalmente anemocora. La dormienza del seme, provocata da oli volatili (che contengono ad esempio i terpeni) immagazzinati nel rivestimento del seme, dura in genere un inverno.

Le foglie dell'abete bianco sono costituite da aghi rigidi inseriti singolarmente e separatamente sui rametti, secondo una disposizione a pettine. Gli aghi presentano una lamina appiattita con punta arrotondata. Sono lucenti e di colore verde scuro sulla pagina superiore, mentre su quella inferiore sono di colore verde argenteo e contraddistinti da due linee bianco-azzurro longitudinali definite bande stomatifere (Fig.1.1.4).



Figura 1.1.4 Pagina inferiore degli aghi di abete bianco

L'apice è leggermente smarginato (diviso cioè in due piccoli lobi) nelle foglie dei rami inferiori, acuto e mucronato (provvisto cioè di una piccola appendice) in quelle dei rami superiori (Bononcini, 2008). Gli aghi sono lunghi circa 1,5 – 3 cm e larghi 1,5 – 2 mm e sono leggermente ristretti alla base. A causa dei diversi piani strutturali di un bosco e del complesso schema di ramificazione all'interno della chioma, esistono parti esposte alla luce e parti in ombra. Differenti condizioni di esposizione portano a distinte caratteristiche morfo-anatomiche e fisiologiche delle foglie. La disposizione degli aghi dipende fortemente dalla loro esposizione ai raggi solari come per *A. amabilis* (Sprugel, et al., 1996). Inoltre, gli aghi più esposti, situati prevalentemente sui rami più alti, sono più grandi e più lunghi rispetto a quelli in ombra in modo da incrementare l'effetto ombreggiante ed evitare l'esposizione alla radiazione solare diretta a più superfici laminari possibili diminuendo di conseguenza il tasso di traspirazione (Dörken & Lepetit, 2018).

L'abete bianco è considerato un importante equilibratore ecologico e funzionale delle foreste europee e può fungere da specie chiave per il mantenimento di un'elevata biodiversità negli ecosistemi forestali (Tinner, et al., 2013). È una specie sciafila che si adatta a varie tipologie di suolo con differenti contenuti di nutrienti e condizioni di pH. In condizioni favorevoli può raggiungere i 500 – 600 anni di età e altezze fino a 60 metri (Pignatti, 1982), (Ellenberg, 1988). Il diametro, misurato a 1.30 m, può variare da 150 a 200 cm negli individui adulti. Suoli profondi e umidi ma ben drenati con pH da acido a neutro sono quelli con le migliori condizioni di crescita. È riconosciuto per la sua notevole capacità acidificante del terreno (Ruosch, et al., 2015) e per la sua potenzialità di tollerare l'ombra e sopravvivere per lunghi periodi nel sottobosco e di rispondere quando le condizioni di luce diventano più favorevoli (Schütz, 2002). Sebbene sia molto resistente al freddo (anche fino a -30 °C), è una specie sensibile all'aridità da gelo negli inverni miti con suolo ancora gelato e alla mancanza di calore estivo e umidità adeguata durante il periodo vegetativo. Le nuove piante della rinnovazione, invece, sono particolarmente sensibili ai danni da gelo. A differenza di altre specie di *Abies*, l'abete bianco predilige climi oceanici rispetto a quelli continentali, con precipitazioni annuali tra 700 e 1800 mm e temperature ottimali estive approssimativamente tra i 14 °C e i 19 °C (Tinner, et al., 2013).

Nonostante possa presentarsi a quote più basse, si trova più frequentemente nella zona di vegetazione montana a quote più elevate, fino a circa 2000 m s.l.m. nelle Alpi (Chauchard, et al., 2010) o anche oltre, come nei Pirenei (Macias, et al., 2006). Appare più comunemente nei boschi di faggio (*Fagus sylvatica* L.) e di abete rosso (*Picea abies* L. H. Karst.), ma è presente anche nei boschi di carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), rovere (*Quercus sessiliflora* Salisb.) e aceri (*Acer* sp.) (Ellenberg, 1996).

Nei prossimi decenni si prevede che il clima dell'Europa centrale e meridionale diventi più caldo e secco (Barros, 2014), favorendo l'insorgere di malattie e parassiti delle piante. Insetti xilofagi come gli scolitidi sono già responsabili di una riduzione dell'abete bianco nel Mediterraneo, specialmente in quelle aree dove lo stress idrico è più frequente (Larsen, et al., 1988). In particolare, attacchi di scolitidi come *Ips typographus* portano progressivamente all'ingiallimento, all'arrossamento e infine alla morte della pianta se non si attuano interventi preventivi e/o di contenimento (Kirschner, et al., 2001). Individui più giovani di abete bianco sono soggetti, invece, ad attacchi da parte dell'afide lanoso *Dreyfusia nordmanniana* che si manifestano dopo la primavera con deformazioni degli aghi che tendono ad accartocciarsi a "scovolino" (Vitasse, et al., 2019). Infine, funghi come *Armillaria mellea* o *Heterobasidion annosum* sono responsabili di marciumi radicali che causano fenomeni di deperimento.

1.2 Areale dell'abete bianco

1.2.1 Distribuzione in Europa e in Italia

L'abete bianco è una specie orofita sud-Europea il cui areale principale si estende da 52° N a nord (Polonia) a 40° N a sud (confine settentrionale della Grecia) e da 5° E a ovest (Alpi occidentali) a 27° E ad est (Romania, Bulgaria). La maggior parte della distribuzione è concentrata nell'Europa centrale, in particolare sugli altipiani svizzeri e nella Germania sud-orientale, così come in Austria e in Repubblica Ceca. Sono presenti cospicui raggruppamenti di abeti anche sui Pirenei, sulle Alpi meridionali, sulle Alpi orientali e a seguire sui Balcani e sui Carpazi (Fig.1.2.1.1).

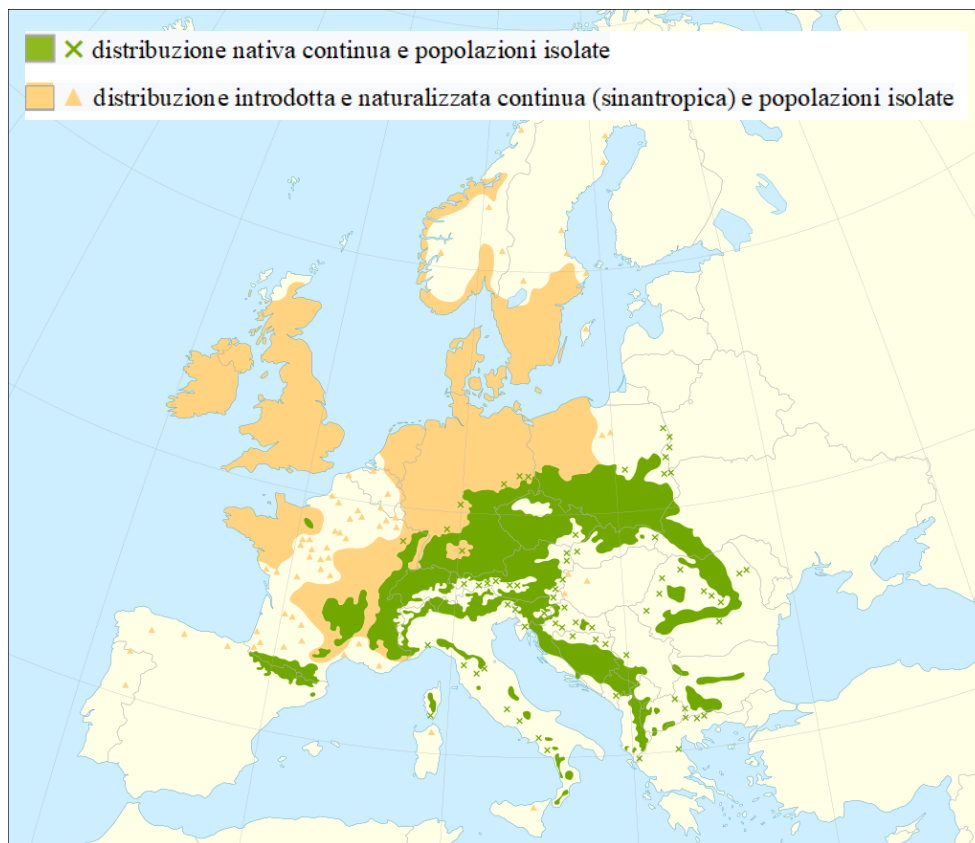


Figura 1.2.1.1 Areale di distribuzione dell'abete bianco (fonte *European Commission Joint Research Centre*)

Sporadicamente, popolamenti di *A. alba* si possono anche ritrovare nella Francia orientale sul Massiccio centrale, e sugli Appennini fino in Calabria. Nelle Alpi Dinariche i boschi di abete bianco si trovano connessi con i boschi dei monti Rodopi in Bulgaria e Grecia, dove formano ibridi naturali con l'abete greco (*Abies cephalonica* Loud.) creando popolamenti stabili di forme intermedie descritte come abeti bulgari o abeti di Re Boris (*Abies x borisii-regis* Mattf.) (Praciak, 2013).

In Italia la distribuzione dell'abete bianco interessa principalmente l'area alpina dal Piemonte al Friuli-Venezia-Giulia nella fascia montana fra gli 800 ed i 1500 m di quota, mentre sull'Appennino l'areale si presenta discontinuo con piccoli raggruppamenti in quasi tutte le regioni dalla Liguria alla Calabria dove vegeta ad un'altitudine superiore, fino ai 2000 m s.l.m.

L'attuale distribuzione dell'abete bianco è stata fortemente modellata dalle glaciazioni e dai successivi periodi interglaciali durante il Quaternario. L'alternanza dei cicli glaciale-interglaciale ha costretto le popolazioni arboree a sopravvivere in rifugi di dimensioni molto ridotte. Studi genetici evidenziano l'Appennino settentrionale e meridionale dell'Italia, i Pirenei, i Balcani e potenzialmente la Francia orientale come principali siti di rifugio durante l'ultimo periodo glaciale (Cheddadi, et al., 2014). *A. alba* ha subito un adattamento evolutivo per la forte competizione con specie sempreverdi e latifoglie decidue, assumendo una capacità di portamento che garantisce una maggiore efficienza di utilizzo della luce.

In epoca recente l'abete bianco si è trovato ad una sempre maggiore regressione del proprio areale per diversi fattori, tra i quali l'intervento selettivo operato dall'uomo e la riduzione dell'umidità atmosferica. La sua conservazione è stata significativamente influenzata dai sistemi di gestione forestale. È una specie scarsamente competitiva in aree in cui i sistemi di gestione hanno causato cambiamenti rapidi e significativi nei popolamenti forestali, come ad esempio il disboscamento. Il fattore umano è stato senz'altro la principale causa di riduzione estensiva di questa specie, ma le mutate condizioni climatiche sono alla base di una minore capacità dell'abete bianco di espandersi naturalmente con la rinnovazione. Questi due fattori hanno portato ad una rarefazione sempre maggiore della specie che si è conservata nelle sue caratteristiche originarie in stazioni relitte dove la freschezza del clima, unitamente all'azione conservativa operata dall'uomo, ne hanno permesso la conservazione. In Europa centrale *A. alba* rappresentava spesso la specie dominante nei boschi di selezione, dove veniva promosso per ragioni economiche a discapito del faggio (*Fagus sylvatica* L.) che veniva conseguentemente tagliato. L'alimentazione di grandi ungulati, in particolare cervo europeo

(*Cervus elaphus* L.), può costituire un limite fondamentale per la rinnovazione naturale e/o il reclutamento dell'abete bianco (Motta, 1996), (Senn & Werner, 2003). La densità di questa specie ha oscillato considerevolmente negli ultimi decenni e secoli e ciò ha avuto una profonda influenza sulla rigenerazione degli abeti (Klopčič, et al., 2010). Negli anni '70 e '80 nell'Europa centrale si è osservato un diffuso declino e deperimento degli abeti bianchi, secondo un fenomeno denominato “moria dell’abete bianco” (germ.: Tannensterben) (Larsen, 1986) (Kandler & Innes, 1995). L'idea prevalente era che la depressione della crescita fosse causata dall'SO₂ in una complessa interazione con fattori climatici e biotici (Eckstein, et al., 1983) (Elling, et al., 2009). Si ritiene che il cambiamento climatico abbia avuto un impatto negativo sulla performance di crescita delle popolazioni autoctone di abete in Europa negli ultimi decenni. La conservazione degli abeti bianchi nei popolamenti forestali, pertanto, dipenderà principalmente dal successo della rigenerazione e da un reclutamento sufficiente (Ficko, et al., 2011).

1.2.2 Distribuzione Appenninica

Le formazioni forestali che vegetano sul territorio appenninico sono il risultato di processi di espansione e di restringimento a causa delle dinamiche climatiche che si sono succedute nei millenni e nei secoli. Per molte specie arboree l'Appennino italiano è stato un luogo di rifugio in seguito al succedersi di periodi glaciali e post-glaciali. *A. alba* ha una distribuzione disomogenea e discontinua dovuta sia a queste condizioni dinamiche climatiche post-glaciali ma anche alla pressione antropica (Longauer, et al., 2003). Prove genetiche confermano l'esistenza di rifugi glaciali di popolazioni di *A. alba* nella parte centrale degli Appennini settentrionali che sono differenti geneticamente da quelli localizzati negli Appennini meridionali e da altri rifugi nelle aree dei Balcani in Grecia. L'abete bianco, soprattutto in questo territorio, richiede suoli sviluppati (limosi-sabbiosi) e forma popolamenti naturalmente misti con *F. sylvatica* ed altre specie decidue come *Acer spp.*; sono presenti anche popolamenti puri ma si tratta solitamente di piantagioni. Le formazioni più rappresentative si trovano in Toscana e in Molise, caratterizzate da cenosi di faggio in cui l'abete bianco è più o meno diffusamente presente. Diversi raggruppamenti sono presenti anche in Abruzzo, in Basilicata e infine in Calabria (Fig.1.2.2.1). In Sicilia, in particolare sui monti delle Madonie, vive una specie endemica, affine all'abete bianco, l'abete dei Nebrodi (*Abies nebrodensis* (Lojac.) Mattei).

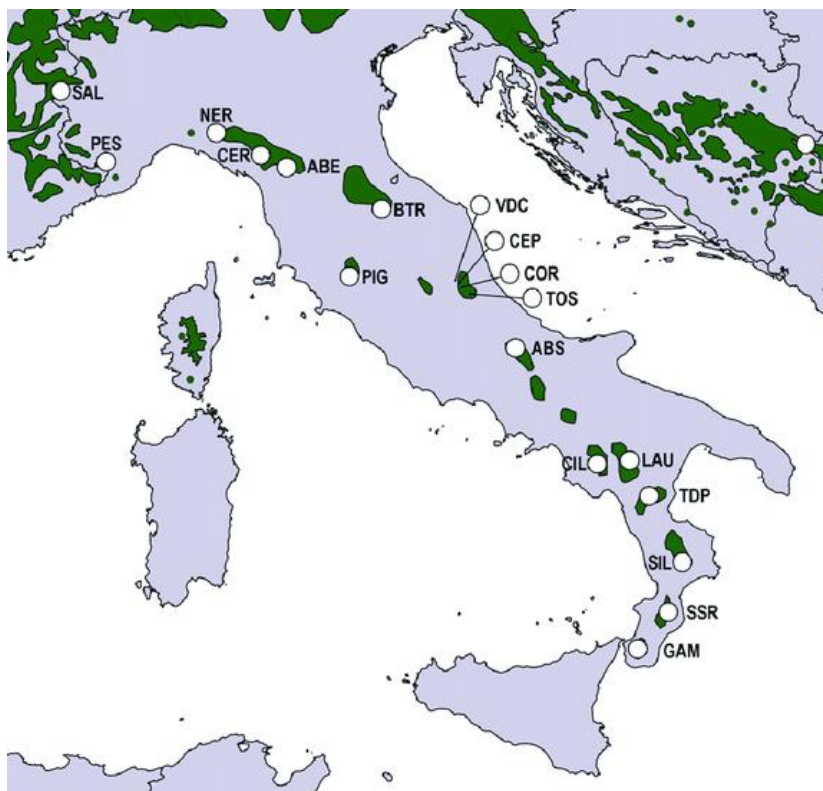


Figura 1.2.2.1 Distribuzione appenninica dell'abete bianco (fonte euforgen.org)

L'eccezionale ritrovamento di individui vivi plurisecolari di abete bianco consente di ricostruire dinamiche di accrescimento, relazioni climatiche e storia pregressa di boschi oggi marginali, i quali, dopo aver perso il loro valore socio-economico, sono depositari di importanti valenze naturalistiche, spesso poco valorizzate (Gallucci & Urbinati, 2011). L'abete bianco appenninico ha quasi completamente perduto la sua valenza economica protratta nei secoli fino agli anni '60 del secolo scorso, e oggi, laddove presente in formazione sicuramente autoctone, è una specie di prevalente interesse naturalistico. Esso caratterizza ancora alcune formazioni del piano submontano (cerrete) e montano (fagete), soprattutto se associato ad altre specie sempreverdi come tasso e agrifoglio. Alcuni popolamenti appenninici di abete bianco vengono classificati come "habitat prioritario" della Rete Natura 2000 dell'Unione Europea quali:

- 9220*, Fagete appenniniche con *Abies alba* e *A. nebrodensis*;
- 9510, Foreste sud-appenniniche di *Abies alba*;
- 9210*, Fagete appenniniche con *Taxus* e *Ilex*.

Si tratta di un insieme di habitat affini nei quali è piuttosto frequente la presenza di specie interpretabili come relitti terziari (*Taxus baccata*, *Ilex aquifolium*, *Daphne laureola*).

L'Habitat 9220* si riferisce ai boschi misti di faggio e abete bianco e presenta una distribuzione molto frammentata lungo la dorsale appenninica. Queste formazioni sono legate al termotipo supratemperato, più raramente a quello mesotemperato. Esse vanno considerate come relitti di cenosi orofile terziarie che sono rimaste accantonate in siti isolati e frammentati. Questi tipi di boschi misti di faggio e abete bianco assumono un duplice significato: ecologico e selvicolturale. Nelle particolari situazioni stazionali che determinano una minore evoluzione del suolo, a causa di un rallentamento o blocco dei processi pedogenetici, come sui versanti molto acclivi, la minore competitività del faggio favorisce l'affermarsi dell'abete bianco e la strutturazione di fitocenosi miste, spesso riferite in letteratura a specifiche sub-associazioni o varianti. In questo contesto, i boschi misti di *F. sylvatica* e *A. alba* traggono rapporti catenali con i boschi puri di faggio insediati su suoli più profondi, ma possono essere anche il risultato di passate utilizzazioni selvicolturali. Il taglio a raso della faggeta, praticato in passato soprattutto per la produzione di carbone, crea ambienti più luminosi e favorevoli per lo sviluppo della rinnovazione di abete bianco. Successivamente, nel bosco a prevalenza di abete formatosi, le condizioni prettamente sciafile favoriscono la rinnovazione del faggio che costituisce uno strato arbustivo più o meno denso. La successiva utilizzazione selvicolturale dell'abete bianco rilascia il novellame di faggio che ricostituisce il bosco in condizione di netta dominanza. In relazione al momento del ciclo selvicolturale si osserveranno quindi situazioni di codominanza o di dominanza di una delle due specie sull'altra (Mercurio & Spampinato, 2006). Questo habitat si sovrappone in parte con l'habitat 9210* e appare poco chiara anche la sua distribuzione geografica ed i sintaxa fitosociologici a cui va riferito. All'interno dell'habitat 9210*, infatti, è possibile riscontrare la presenza di *Abies alba* oltre a *Taxus* e *Ilex*. Sono da considerare di pertinenza dell'habitat in oggetto anche le faggete macroterme di bassa quota ad agrifoglio qualora vi sia una significativa presenza di abete bianco, come avviene per esempio sulle Serre Calabre, e i boschi di transizione in cui l'abete bianco si consocia oltre che con il faggio anche con il cerro, come sull'Appennino lucano centro-settentrionale. I boschi a dominanza di abete bianco dell'Appennino meridionale vanno invece riferiti all'habitat 9510* "Foreste sud-appenniniche di *Abies alba*". Questi popolamenti di abete bianco, quando classificati come "habitat prioritario" della Rete Natura 2000, necessitano di conservazione e conoscenza più approfondita soprattutto sulle specie adattamento a condizioni ambientali non stazionarie.

1.3 Abete bianco e faggio

Il faggio (*Fagus sylvatica* L.) è una delle specie di latifoglie più importanti e iconiche che caratterizza il paesaggio di molte aree montane d'Europa. Il suo areale di distribuzione naturale copre gran parte dell'Europa continentale e cresce formando popolamenti monospecifici in condizioni di crescita ottimali o miscele con specie di conifere tra cui l'abete bianco (Ellenberg, 1996). Su scala europea, la regione più significativa che presenta boschi di abete bianco e faggio è il massiccio montuoso dei Carpazi, con le più estese distese di foreste naturali nella zona temperata europea.

Generalmente le foreste di *F. sylvatica* e *A. alba* crescono in modo ottimale ad altitudini comprese tra i 600 e i 1200 metri sul livello del mare, dove le regioni a clima submediterraneo, atlantico e continentale assicurano sufficiente umidità e disponibilità di acqua (Rubner & Reinhold, 1953). Entrambe sono specie tolleranti l'ombra e potrebbero prosperare in tali condizioni per periodi di tempo prolungati (Ellenberg, 1988). L'abete bianco, tuttavia, risulta più sensibile ai deficit idrici rispetto al faggio, soprattutto nei siti più aridi (Rolland, et al., 1999). Gli aghi dell'abete bianco sono sensibili alle oscillazioni e ai rapidi cambiamenti di temperatura, soprattutto all'inizio della stagione di crescita e in combinazione con la siccità (Prpić & Seletković, 2001). La capacità di assimilazione specifica dell'abete è inferiore; il minor tasso di pigmentazione nelle foglie riflette la sua maggiore tolleranza all'ombra e la capacità di far crescere i tessuti di assimilazione anche con intensità di luce inferiori rispetto al faggio. L'energia necessaria per la formazione delle foglie non è condizionata dalla stagionalità e la cuticola dell'ago è più spessa e le perdite di assimilazione sono minori (Aerts, 1995). La forza competitiva dell'abete bianco è quindi minore rispetto a quella del faggio; nelle aperture naturali (gap) e negli interstizi il faggio si adatta meglio e molto più velocemente ai rapidi cambiamenti dell'intensità della luce (Lichtenthaler, et al., 2007).

La qualità e la proporzione delle foreste di abete bianco e faggio presenti e future, di conseguenza, sono strettamente legate alla nostra comprensione della risposta degli alberi alle diverse condizioni di luce. Quest'ultima, in quanto fattore ambientale predominante, controlla il rapporto tra lo sviluppo delle piantine e le erbe infestanti ed esercita anche un'influenza sulla diversità delle specie arboree, controllando così il rapporto di mescolanza delle specie arboree.

1.4 Obiettivi

In Italia, e soprattutto sull'Appennino, *A. alba* presenta un areale molto frammentato e la presenza di cenosi e/o nuclei di questa specie assumono oggi sia un valore fitogeografico che ecosistemico, soprattutto nelle faggete, dove possono costituire habitat di interesse prioritario a livello europeo nell'ambito della Rete Natura 2000. L'abete bianco, insieme al tasso (*Taxus baccata* L.), è una delle poche gimnosperme arboree appenniniche, e quindi grazie anche alle sue notevoli dimensioni ha avuto un notevole interesse conservazionistico.

Fino ai primi decenni del XX secolo ha avuto una importantissima valenza per la produzione di legname di qualità, tuttavia il recente abbandono di queste aree, unitamente ad un aumento esponenziale dei vincoli di conservazione e del comportamento aggressivo di specie competitive (es. *Fagus sylvatica* L.), hanno ridotto notevolmente l'elevato valore del legname di abete bianco (Urbinati & Romano, 2012). Il disturbo antropico può quindi essere considerato il fattore finale responsabile dell'attuale frammentazione dell'areale di abete bianco in Appennino, all'interno del quale oggi si distinguono tre ambiti geografici principali: i) tosco-emiliano, ii) abruzzese-molisano e iii) lucano-calabrese. Esistono, inoltre, cenosi secondarie di estensione variabile, nonché testimonianze toponimiche che confermano la maggiore diffusione pregressa della specie.

Nel presente studio si vuole caratterizzare la struttura di una faggeta con diffusa presenza di rinnovazione ad abete bianco ubicata sul massiccio del monte Catria-Acuto nell'Appennino centrale (loc. Pian dell'Ortica, Rifugio Boccadore). Ad oggi non è stato pubblicato alcuno studio né tantomeno sono state rinvenute testimonianze riguardo la presenza di *A. alba* in questa zona, caratterizzata prevalentemente da suoli a matrice calcarea poco ospitali per l'abete bianco, ma non per tasso e agrifoglio che sono sicuramente più diffusi. Sebbene nel settore centrale appenninico sono stati rinvenuti diversi popolamenti di abete, la maggior parte di essi sono localizzati sui Monti della Laga ed in particolare le aree di medio e alto versante del bosco della Martese, nel settore abruzzese (nei pressi di Ceppo, TE) e della Valle della Corte (presso Umito, AP) in quello marchigiano, nel Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga (Gallucci & Urbinati, 2011). Altre cenosi sono invece ubicate a Borgo Pace (PU) in località Fonte Abeti (Gallucci & Urbinati, 2009) e nell'Appennino tosco-marchigiano come nella foresta della Verna (Manetti & Cutini, 2006). Tutte queste cenosi si sviluppano in suoli arenacei o maenoso-arenacei.

La presenza di questa faggeta con abete bianco nel sito in questione è quanto meno insolita e pone alcuni quesiti sulla sua origine (naturale o antropica) suscitando interesse in merito alla sua struttura, età e dinamiche di accrescimento.

Questo studio preliminare, pertanto, ha come obiettivi principali: i) l'analisi strutturale del soprassuolo, ii) la determinazione della data di insediamento delle specie di *A. alba*, iii) la ricostruzione e valutazione delle dinamiche di accrescimento sia degli individui di abete bianco che di faggio. I risultati ottenuti hanno consentito di comprendere meglio i rapporti fra le due specie arboree e ipotizzare interventi selvicolturali per favorire l'affermazione dell'abete anche nel piano dominante.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Area di studio

2.1.1 Caratteristiche geomorfologiche e pedologiche

L'area di studio è ubicata sul monte Catria, rilievo montuoso appartenente al gruppo del Catria-Acuto, delimitato a nord dalla Valle del Burano (Bacino del Metauro) e a sud dalla Valle del Sentino (Bacino dell'Esino) (Fig. 2.1.1.1), che si estende in gran parte nella provincia di Pesaro e Urbino, interessando i territori comunali di Cantiano, Cagli, Frontone e Serra Sant'Abbondio. La faggeta oggetto di studio si trova però nel comune di Scheggia e Pascelupo in provincia di Perugia, ed è in gran parte di proprietà del demanio della regione Umbria.



Figura 2.1.1.1 Ubicazione dell'area di studio sul monte Catria (PG)

Geologicamente il gruppo montuoso è costituito da litotipi calcarei e calcareo-marnosi di origine marina, risalenti al Mesozoico, appartenenti alla serie umbro-marchigiana. Nei settori sommitali più elevati affiora il calcare Massiccio che, in generale, risulta separato dai sottostanti litotipi, appartenenti alla Formazione della Maiolica da profonde scarpate di faglia. In queste posizioni, a seguito di condizioni di maggiore acclività dei versanti, sono particolarmente attivi fenomeni periodici di geliflusso che, unitamente all'erosione delle rocce, determinano la formazione di coltri di detrito grossolano incoerente di spessore variabile. In queste aree coesistono suoli riferibili a stadi evolutivi molto lontani tra loro ed aventi caratteristiche fisico-chimiche differenti. Al limite superiore del bosco questi sono poco evoluti e quasi privi di orizzonti organici, conseguenza dell'eccessiva inclinazione dei versanti che non consentono l'accumulo della lettiera. Tale condizione migliora scendendo a valle, dove si trovano terreni più profondi e fertili.

2.1.2 Caratteristiche climatiche e vegetazionali

La caratterizzazione climatica e bioclimatica dell'area di studio è stata analizzata attraverso l'utilizzo dei dati della stazione termo-pluviometrica di Fonte Avellana (PU), ubicata a 689 m. s.l.m., che è la più vicina alla zona di interesse. Secondo la classificazione di Köppen il mesoclima è di tipo "subcontinentale di transizione", ovvero con temperatura media annua di 11,7°C ed escursione termica annua pari a 16-19°C, temperatura media del mese più freddo fra 1 e 3,9°C e 1-2 mesi con temperatura media superiore a 20°C. Le precipitazioni medie annue raggiungono i 1700 mm con un regime sub-equinoziale autunnale, con picchi massimi nei mesi di ottobre-novembre e minimi nel mese di luglio, ma che in genere non determinano condizioni significative di aridità e periodi di deficit idrico. Secondo la classificazione di Rivas-Martinez (2008), il macrobioclima è di tipo temperato oceanico con piano bioclimatico supratemperato inferiore, termotipo supratemperato inferiore e ombrotipo imperumido inferiore (Fig. 2.1.2.1).

Fonteavellana (Italia)				689 m
P= 1708	43° 20' N	12° 45' E	32/ 32 a	
T= 11.6°	Ic= 18.7	Ip= 1393	Tn= 0	
n= 0.5	H= 5.2	Itc= 177	Io= 12.3	

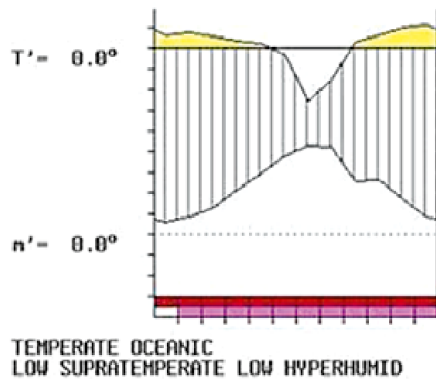


Figura 2.1.2.1 Diagramma termo-pluviometrico e classificazione bioclimatica della stazione meteorologica di Fonte Avellana (PU).

L'uso del suolo, classificato in base a tre macrocategorie di utilizzo silvo-pastorale (faggete, altri boschi e prati pascoli), evidenzia una netta prevalenza delle cenosi forestali sulle praterie. Nel piano montano, in generale sopra i 900-1000 m, sono presenti boschi di faggio che rappresentano la vegetazione forestale potenziale attuale del piano sino al limite superiore del bosco chiuso, che per l'Appennino centrale si attesta sui 1850 m s.l.m. Nella località di interesse, la maggior parte di essi sono cedui oltre turno o fustaie transitorie di origine agamica in diversi stadi di conversione. La porzione di faggeta con *Abies alba* ha un'estensione di circa 6 ha, ubicata in località Pian d'Ortica (PG) ad un'altitudine compresa tra i 1250 e i 1370 m s.l.m sul versante con pendenza media del 30 % ed esposizione sud-est di una vallecchia fresca nei pressi del rifugio Boccatore (1234 m s.l.m) (Fig. 2.1.2.2).

Secondo il piano di gestione della regione Umbria, la relativa particella oggetto di studio è occupata da una faggeta giovane di origine agamica di età prevalente 26 anni e non è segnalata alcuna presenza di abete bianco. Si è visto, invece, che la faggeta è in maggioranza una fustaia giovane biplana di probabile origine gamica, vista l'assenza di ceppaie e individui policormici, con il piano dominante esclusivamente occupato dal faggio, con individui sporadici di *Acer opalus ssp. obtusatum*, e il piano dominato dall'abete bianco (Fig. 2.1.2.3). Lo strato arbustivo è perlopiù assente tranne che per qualche ricaccio di *F. sylvatica*. Nello strato erbaceo sono prevalentemente presenti specie quali *Mercurialis perennis*, *Daphne laureola* e *Aconitum lycoctonum*.

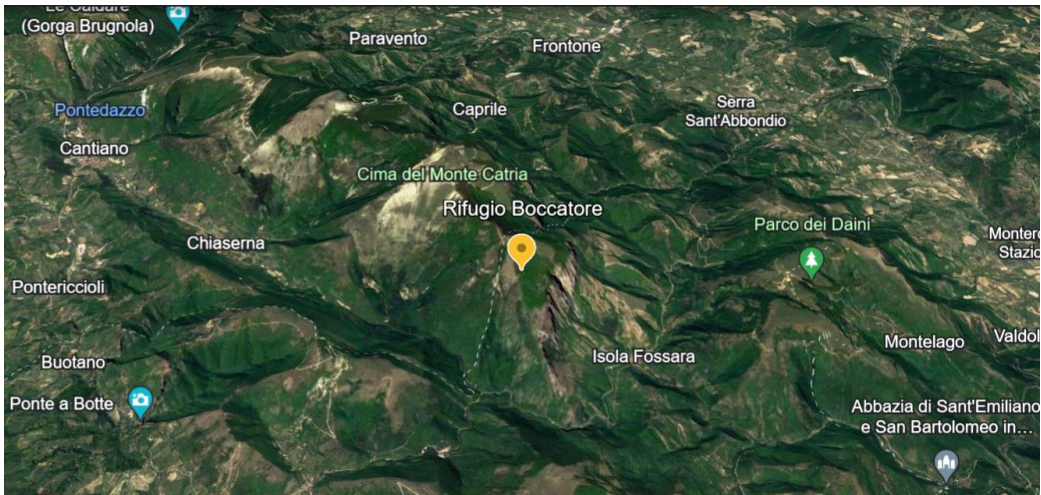


Figura 2.1.2.2 Contesto (sopra) e particolare (sotto) dell'area di interesse



Figura 2.1.2.3 Faggeta con abete bianco nel piano dominato in ambito invernale (sopra) ed estivo (sotto)

2.2 Raccolta e analisi dei dati

2.2.1 Rilevamento dendrometrico-strutturale

All'interno del sito di studio sono state delimitate due aree di saggio di 15 m di raggio ciascuna entro le quali sono stati collezionati i parametri principali per l'analisi dendrometrico-strutturale e dendrocronologica. Sono state prese in considerazione un'area situata più a valle (ADS 1) e una più a monte (ADS 2), rispettivamente ad un'altitudine compresa tra 1285-1300 m e 1320-1340 m s.l.m. (Fig. 2.2.1.1).

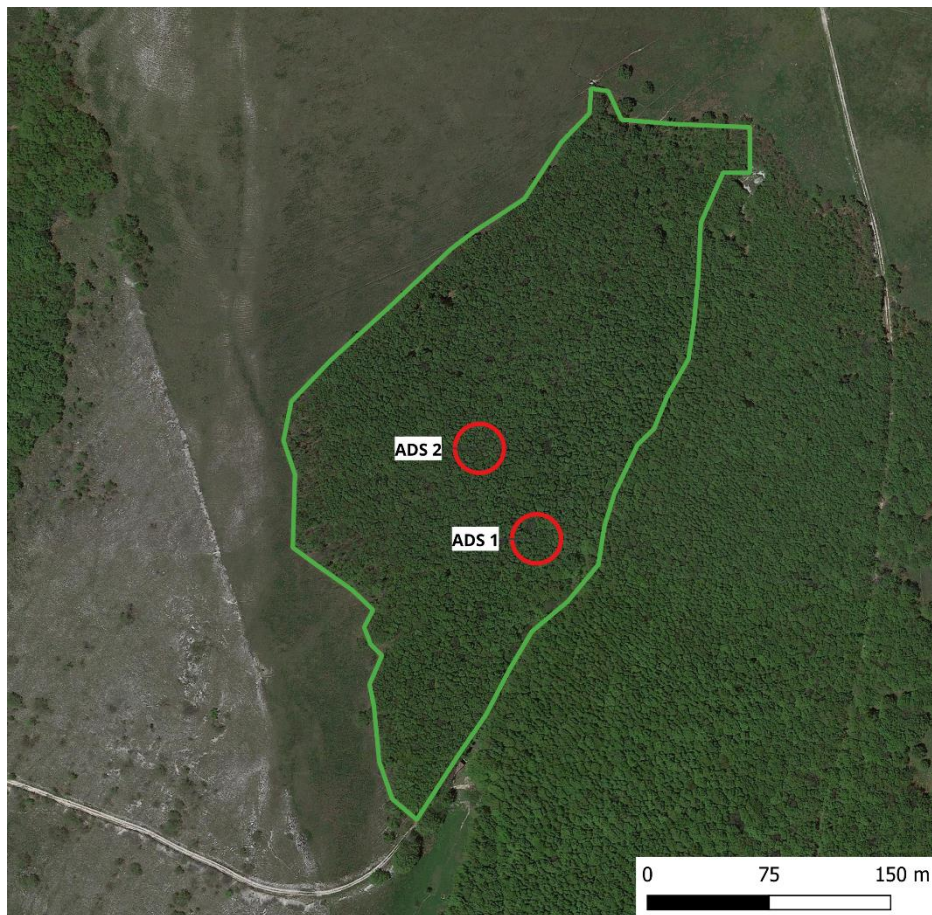


Figura 2.2.1.1 Ubicazione delle due aree di saggio all'interno della faggeta con abete bianco (in verde)

L'individuazione delle aree di saggio è stata effettuata a partire da un centroide, ovvero il punto centrale, in aree rappresentative del soprassuolo.

In ognuna delle due aree di saggio sono state effettuate le seguenti misurazioni: i) il cavallettamento (misurazione del diametro del fusto a 1.30 m) di tutti gli alberi presenti con soglia di 2 cm, ii) l'altezza di tutti gli individui di *Abies alba*, iii) l'altezza di alcuni individui di faggio dominanti, iv) la stima della luce che arriva al suolo mediante una misurazione della copertura delle chiome. Le misurazioni sono state eseguite con i seguenti strumenti:

- cavalletto dendrometrico modello Lega 1208 di alluminio con asta piatta e graduato su entrambi i lati (Fig. 2.2.1.2);
- distanziometro e ipsometro a ultrasuoni VERTEX 3 (Haglöf, Sweden) (Fig. 2.2.1.3);
- lente fisheye applicata al telefono cellulare per ottenere immagini "emisferiche", per la stima della copertura forestale.



Figura 2.2.1.2 Cavalletto dendrometrico



Figura 2.2.1.3 Ipsometro Vertex

Tutte le misurazioni, in particolare diametro, altezza e numero della pianta corrispondente, sono state riportate su delle schede di valutazione suddividendole a seconda dell'area di saggio e inserendo anche eventuali note.

Si è proseguito con il trasferimento dei dati raccolti e la loro successiva elaborazione su foglio elettronico Excel, distinti per le due specie principali (*A. alba* e *F. sylvatica*). Sono state realizzate le distribuzioni di frequenza diametriche e per le altezze (solo abete bianco) e calcolate le curve ipsometriche per ogni area di saggio. La scelta della curva viene determinata sulla base di tre parametri: la curva deve risultare convessa, priva di culminazione e ben interpolata ai punti (con R^2 maggiore). Il coefficiente di determinazione (R^2) indica la percentuale della varianza esistente nella relazione fra le due variabili (diametro e altezza) e dipende da fattori endogeni alla relazione. Per ogni area si è ricavato, inoltre, il numero di piante ad ettaro di superficie (N/ha), l'area basimetrica individuale (g) e ad ettaro (G), il

diametro medio (Dg), l'altezza media (Hg) e l'altezza dominante ($Hdom$). L'area basimetrica (g) è la superficie della sezione trasversale di un fusto rilevata a 1,30 m ed è data da:

$$g = \frac{\pi}{4} d^2$$

Il diametro medio corrisponde al diametro dell'albero avente area basimetrica media e viene ricavato da:

$$Dg = \sqrt{\frac{4\bar{g}}{\pi}}$$

dove:

$$\bar{g} = \frac{G}{N}$$

Infine, il volume per le specie di abete bianco si è calcolato attraverso l'utilizzo della formula speditiva $g \cdot h \cdot 0,6$ e riportato ad ettaro di superficie. Il volume del popolamento di faggio, invece, è stato ricavato attraverso l'utilizzo delle tavole di popolamento per la determinazione diretta della massa legnosa in piedi dei boschi dell'Emilia-Romagna (Fig. 2.2.1.4). L'equazione del modello di regressione per il volume è la seguente:

$$V = b_1 + b_2 * GH$$

dove:

$$b_1 = 11,19265,$$

$$b_2 = 0,3556897,$$

G = area basimetrica ad ettaro,

H = altezza dominante.

Siccome le immagini sono state catturate con diversi parametri di esposizione (ISO, apertura e tempi), è stata impostata una soglia (*Threshold*) diversa e ottimale per ciascuna di esse. Si è ricavato, quindi, il valore dell'apertura forestale (*Canopy Openness*) e dell'indice di superficie fogliare (LAI), e il calcolo della chiusura forestale è stato ottenuto sottraendo il valore dell'apertura forestale in percentuale da 100.

2.2.2 Rilevamento dendrocronologico

La determinazione dell'età e l'analisi degli accrescimenti radiali sono stati effettuati mediante il prelievo di carote legnose dai fusti attraverso la trivella di Pressler, una di lunghezza utile 40 cm e l'altra di 15 cm, aventi un diametro di sezione del trapano entrambe di 0,5 cm (Fig. 2.2.2.1).



Figura 2.2.2.1 Trivelle di Pressler di lunghezza utile 40 e 15 cm.

Per consentire una misura più accurata dell'ampiezza degli anelli, è necessario che la trivella entri nel fusto in modo perpendicolare. Per le piante di *Abies alba*, vista l'altezza contenuta, le carote sono state prelevate alla base del fusto (a circa 30 cm da terra) selezionando 10 individui casualmente all'interno di ogni area di saggio. Le ridotte dimensioni dei fusti ha reso utile l'impiego della trivella di Pressler da 15 cm. Oltre agli individui all'interno delle due aree di saggio, ne sono stati carotati altri due fuori ADS e aventi diametro e altezza maggiori rispetto al resto del popolamento. Vista l'omogeneità del piano dominante di *Fagus sylvatica* sono stati censiti preliminarmente 10 individui selezionati tra i più

rappresentativi sulla base delle caratteristiche fisiche-strutturali solo nell'area di saggio più a valle (ADS 1), e le carote sono state estratte a 1.30 m di altezza del fusto. Tutti i campioni prelevati sono stati poi posizionati e fissati con nastro adesivo di carta su specifici supporti in legno con riportati i codici delle rispettive piante, composti da 7 caratteri: 3 per la sigla della località, due per le iniziali di genere e specie e due per il numero identificativo della pianta.

Complessivamente sono stati raccolti 32 campioni legnosi che sono stati poi allestiti in maniera definitiva presso il laboratorio TreeringLab del D3A. Questi sono stati ricollocati e incollati con colla vinilica sui supporti in modo da posizionarli con le fibrotracheidi perpendicolari al piano d'appoggio. Nel momento in cui l'asciugatura è avvenuta in maniera opportuna, i campioni sono stati poi sottoposti a levigatura sia manuale che attraverso levigatrice elettrica con diversi nastri in carta abrasiva con grana progressivamente più fine (P120, P180, P320) per ottenere una visione ottimale degli anelli (Fig. 2.2.2.2).



Figura 2.2.2.2 Levigatura dei campioni tramite levigatrice elettrica con nastro in carta abrasiva

I campioni sono stati analizzati individualmente allo stereo-microscopio (LEICA ms5) per il conteggio degli anelli. L'analisi dendrocronologica si è svolta con l'utilizzo della stazione di misurazione semiautomatico LinTab (Rinntech) dotata di trasduttore lineare che trasforma gli spostamenti effettuati dalla slitta in misure di ampiezza anulare durante la definizione, con lo stereoscopio, dell'inizio e della fine di ogni anello legnoso (Fig. 2.2.2.3).

Durante la misurazione è stato necessario mantenere la linea del mirino parallela a quella degli anelli modificando pertanto la posizione della carota sul piano in modo da effettuare una misura corretta.



Figura 2.2.2.3 Postazione di misurazione degli anelli legnosi con sistema LinTab presso il TreeringLab del D3A

Attraverso il software TSAP-Win (Rinn, 2012) è stato possibile registrare l'ampiezza dell'anello e misurare gli accrescimenti anulari restituendo in tempo reale i grafici per la visualizzazione degli incrementi. Ogni campione è stato datato al 2022 poiché l'accrescimento dell'ultimo anello non è ancora stato completato dalle piante, considerando che la raccolta dei dati è avvenuta nel mese di luglio 2023. Si è proceduto alla sincronizzazione visiva delle serie misurate, traslandole se necessario al fine di ricercare anni caratteristici e possibili errori di misurazione. Successivamente è stata valutata la qualità delle sincronizzazioni e l'accuratezza della misurazione delle serie di anelli tramite il programma COFECHA (Holmes, 1983). Le carote asincrone sono state rimisurate individuando eventuali errori dovuti ad anelli mancanti o a conteggio errato. Quando l'asincronia non è imputabile ad errori derivanti da mancanza di anelli o conteggio errato, significa che quella determinata pianta ha avuto un accrescimento anomalo rispetto alla media della zona.

Con i dati ottenuti dai rilievi si è proceduto al calcolo delle statistiche. Per ogni campione sono stati ricavati i seguenti parametri:

- data dell'ultimo anello misurato, aggiornato anche in base allo spostamento delle sincronizzazioni;
- data del primo anello misurato, che corrisponde alla nascita della pianta;
- numero degli anelli totale;
- ampiezza dell'anello più piccolo, dell'anello più grande e ampiezza media.

Sono state analizzate anche la deviazione standard, o scarto quadratico medio, la varianza, l'autocorrelazione di primo ordine e la sensibilità media. Sulla base dei dati ricavati, sono stati realizzati i grafici a dispersione con linee rette raffiguranti l'ampiezza degli anelli nel corso degli anni nelle due aree di saggio degli individui di abete bianco e di faggio con le relative medie (evidenziate in rosso). Si è calcolato, infine, l'incremento di area basimetrica (BAI) degli alberi partendo dagli incrementi radiali annuali (mm) e riportando i valori in un grafico a dispersione.

3. ANALISI E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

3.1 Parametri dendrometrici-strutturali

Il popolamento oggetto di studio è rappresentato da un bosco con una struttura forestale biplana, nel quale il faggio rappresenta la specie dominante e l'abete bianco quella sottoposta.

Faggio

Il popolamento di faggio presenta piante con range dei diametri compreso tra 16 e 44 cm nella prima ADS e tra 17 e 41 nella seconda. Analizzando la distribuzione delle classi diametriche, è possibile notare la maggior frequenza di piante appartenenti alla classe di 25 cm (Fig. 3.1.1). La distribuzione mostra una coetaniformità del soprassuolo con frequenza relativamente bassa di individui aventi diametro superiore ai 35 cm in entrambe le aree campionate, mentre sono presenti in numero maggiore piante con classe diametrica di 20 e 25 cm in ADS 2 rispetto ad ADS 1.

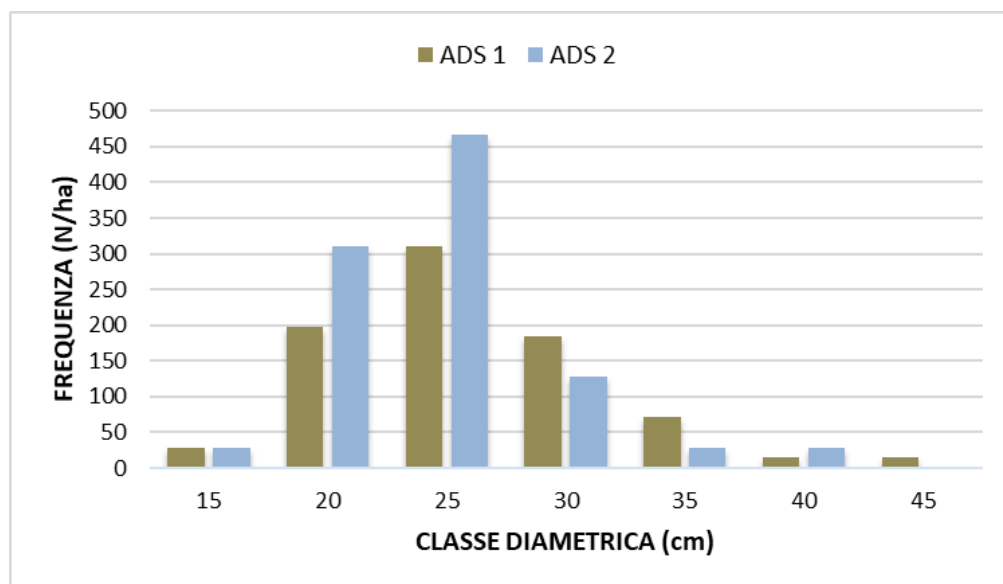


Figura 3.1.1 Distribuzione di frequenza del numero di piante di faggio in base alla loro classe diametrica (di 5 cm) in ADS 1 e ADS 2

I dati, quindi, mostrano una notevole similitudine strutturale tra le due aree di saggio. Le mediane sono rispettivamente di 27,5 cm per ADS 1 e di 26,5 cm per ADS 2 (Fig. 3.1.2).

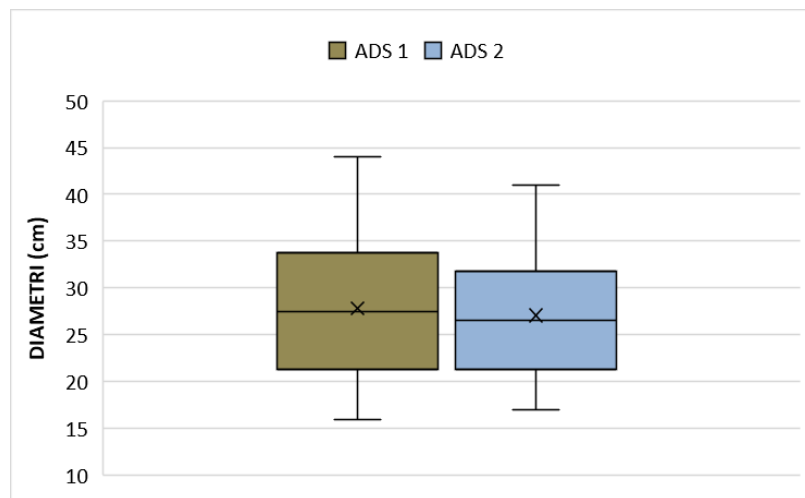


Figura 3.1.2 Box plot dei diametri degli individui di faggio in ADS 1 e ADS 2

Nonostante il numero di piante ad ettaro sia maggiore in ADS 2 rispetto ad ADS 1, i parametri che concernono l'area basimetrica ad ettaro, il diametro medio e di conseguenza anche il volume non presentano particolari differenze. È stata presa un'altezza dominante di riferimento per il popolamento di faggio, corrispondente a 16 m, sulla base della quale si è potuto poi ricavare il volume ad ettaro in entrambe le aree di saggio grazie all'utilizzo delle tavole di popolamento per i boschi di faggio.

Abete bianco

Per quanto concerne l'abete bianco, negli individui campionati il diametro presenta un range tra 2 e 15 cm, mentre l'altezza varia tra 2,2 e 7 m. La distribuzione diametrica evidenzia una coetaniformità tra le 2 aree di saggio, mostrando però una leggera differenza (Fig. 3.1.3). In ADS 1 la curva di distribuzione è bimodale mostrando 2 picchi nelle classi diametriche 6 e 10 cm. In ADS 2 la curva è a campana con 2 mode nelle classi 7 e 8 cm e il range dei diametri è compreso tra 2 e 10 cm. La distribuzione per classi diametriche di 5 cm evidenzia come l'abete bianco abbia la maggior parte degli individui appartenenti alle classi di 5 e 10 cm.

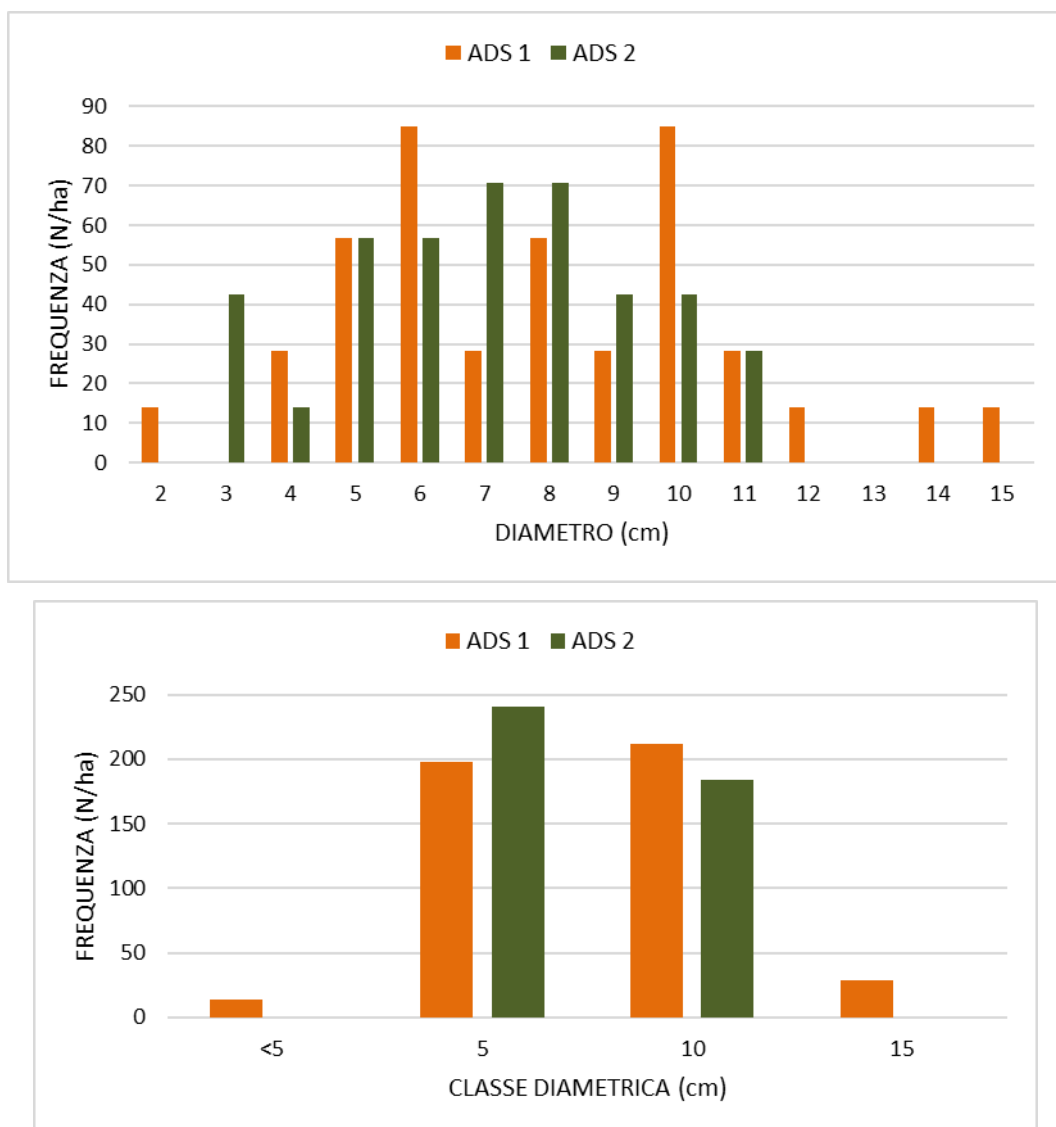


Figura 3.1.3 Distribuzione di frequenza del numero di piante di abete bianco ad ettaro per seriazione unitaria (sopra) e in classi diametriche di 5 cm (sotto) in ADS 1 e ADS 2

In questo popolamento, gli individui di *Abies alba* non raggiungono altezze notevoli. All'interno delle aree di saggio queste diminuiscono debolmente all'aumentare della quota; in ADS 1 gli individui arrivano fino a 9 m e l'altezza media del popolamento è di 4,78 m, mentre in ADS 2 non raggiungono i 7 m e l'altezza media risulta essere di 3,88 m. (Fig. 3.1.4).

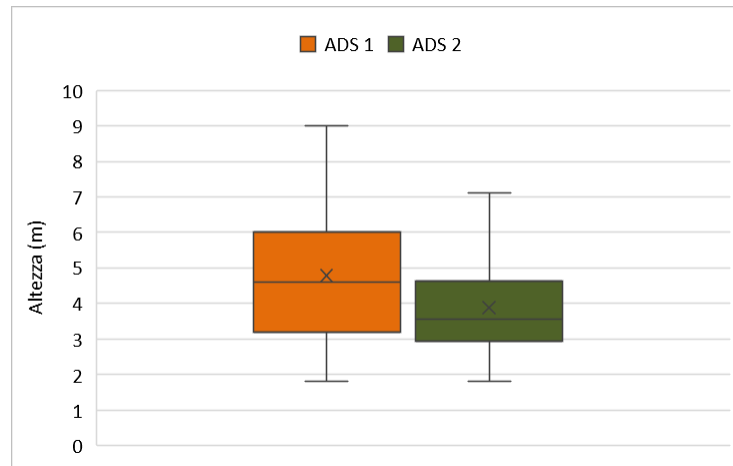


Figura 3.1.4 Box plot delle altezze di abete bianco in ADS 1 e ADS 2. La croce indica il valore medio mentre la linea corrisponde alla mediana

L'altezza maggiormente riscontrata si nota nella classe di altezza di 3 m in entrambe le aree (Fig. 3.1.5). Le altezze dominanti sono state registrate nei due individui censiti fuori area, rispettivamente di 13,8 e 11,2 m.

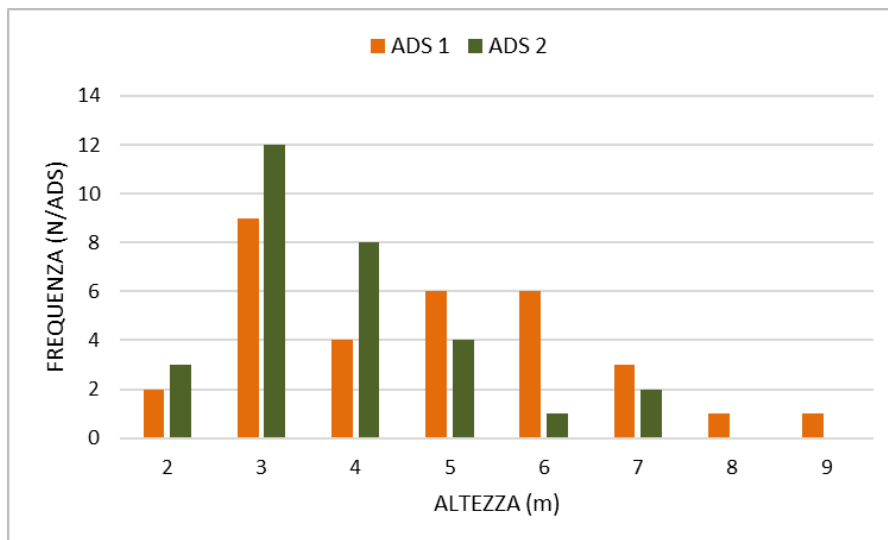


Figura 3.1.5 Distribuzione di frequenza del numero di piante di abete bianco suddivise per altezze in ADS 1 e ADS 2

Attraverso uno *Student-t-test* si è visto che, analizzando le serie di altezze in ADS 1 e in ADS 2, sia $P(T \leq t)$ a una coda che $P(T \leq t)$ a due code riscontrano valori rispettivamente di 0,015 e 0,029. Questi risultano minori di $\alpha = 0,05$, pertanto è possibile affermare la presenza di una differenza significativa delle altezze tra le due aree di saggio, in particolare che le altezze in ADS 1 sono maggiori in ADS 2. Lo stesso test è stato effettuato anche per le serie dei diametri e delle età, tuttavia non è scaturita nessuna differenza sostanziale.

La costruzione delle curve ipsometriche avviene ponendo in relazione le altezze delle piante campionate e i rispettivi diametri per ogni ADS. Sulla base dei tre parametri per la scelta della curva descritti precedentemente, in ADS 1 la curva è di tipo polinomiale con coefficiente di determinazione (R^2) pari a 0,9047, mentre in ADS 2 si osserva una curva di potenza con coefficiente di determinazione più basso, corrispondente a 0,6874 (Fig. 3.1.6).

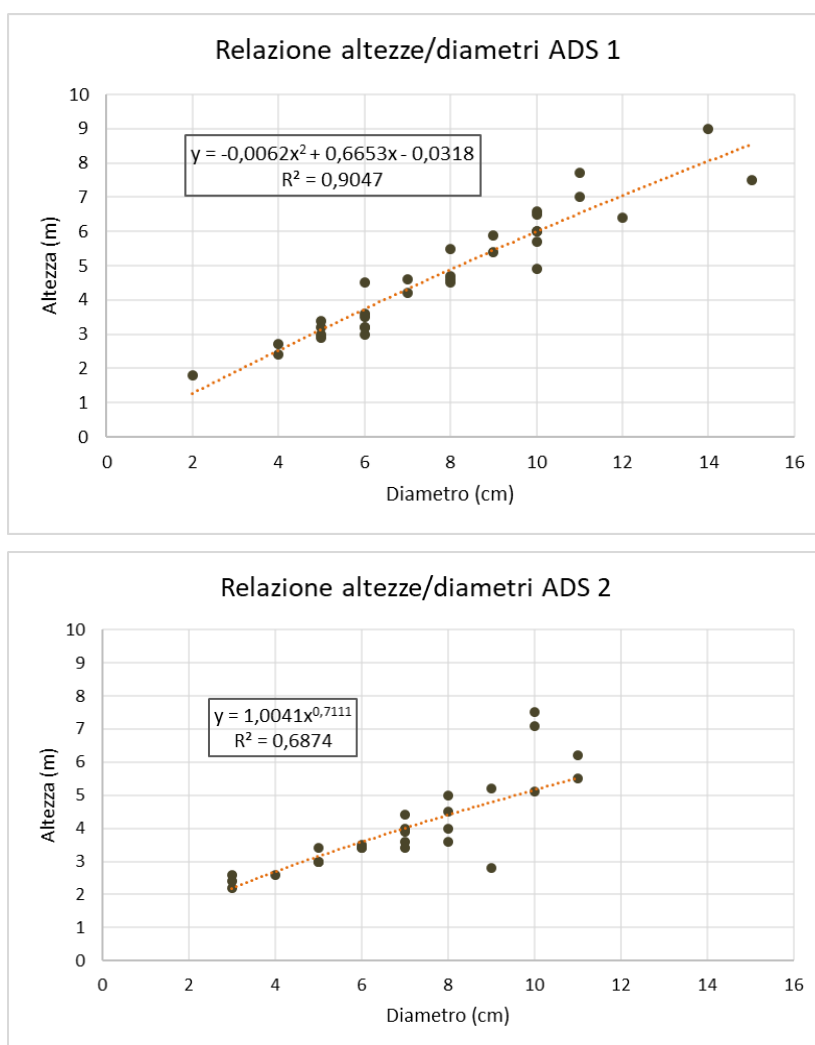


Figura 3.1.6 Relazione altezze/diametri degli individui di abete bianco in ADS 1 e ADS 2

Il volume è il dato avente maggiore differenza: si stima una massa legnosa di 8,98 m³/ha in ADS 1, mentre in ADS 2 corrisponde a 4,94 m³/ha. Il valore più basso in ADS 2 è dovuto sia dalle altezze relativamente più basse e sia alla mancanza di classi diametriche superiori ai 10 cm.

Le 2 aree di saggio, aventi una superficie di 706,5 m² ciascuna (raggio 15 m), non mostrano evidenti diversità strutturali sia nel piano dominato di abete bianco che in quello dominante di faggio. Nella tabella 3.1.1 viene evidenziata una sintesi delle principali caratteristiche delle due specie messe a confronto in base all'area di saggio.

Tabella 3.1.1: Caratteristiche strutturali di abete bianco e di faggio messe a confronto tra ADS 1 e ADS 2: N/ha: numero di piante ad ettaro; G = area basimetrica ad ettaro; Dg = diametro medio (diametro corrispondente ad area basimetrica media); Hg = altezza media (come media delle altezze rilevate); V/ha = volume ad ettaro.

ADS 1	N/ha	G (m ² /ha)	Dg (cm)	Hg (m)	V (m ³)/ha
<i>Faggio</i>	821	46,98	26,86	16	278,54
<i>Abete bianco</i>	453	2,53	8,43	4,78	8,98
<i>Totale</i>	1274	49,51	/	/	287,52

ADS 2	N/ha	G (m ² /ha)	Dg (cm)	Hg (m)	V (m ³)/ha
<i>Faggio</i>	991	47,84	27,87	16	283,46
<i>Abete bianco</i>	425	1,82	7,39	3,88	4,94
<i>Totale</i>	1416	49,66	/	/	288,4

Il popolamento di abete bianco e di faggio dell'area di saggio 1 è stato raffigurato, attraverso l'utilizzo dei dati precedentemente elaborati, tramite una rappresentazione grafica in 3D tramite software SVS (*Stand Visualization System*) (Fig. 3.1.7)

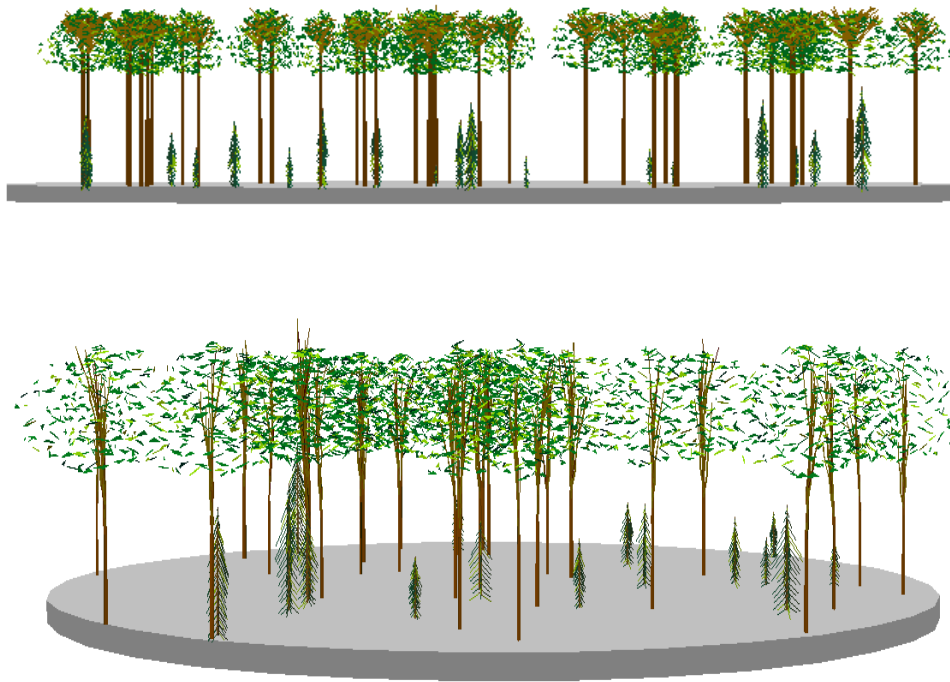


Figura 3.1.7 *Rappresentazione tramite software SVS (Stand Visualization System) dell'ADS 1*

Raggruppando i dati ricavati sia dagli individui di abete bianco che da quelli di faggio, è possibile osservare la differenza che coesiste tra i due popolamenti sia in ADS 1 che in ADS 2. Ponendo a confronto i diametri, e in particolare le classi diametriche, è possibile dedurre che la distribuzione di frequenza del numero delle piante ad ettaro di abete bianco è compresa nelle classi diametriche più piccole e il numero di individui totale è circa la metà di quelli di faggio che, invece, rappresenta la specie dominante (Fig. 3.1.8). La diversità strutturale viene maggiormente accentuata mettendo in relazione le classi diametriche con l'area basimetrica ad ettaro degli individui presenti in ADS 1 e in ADS 2 (Fig. 3.1.9).

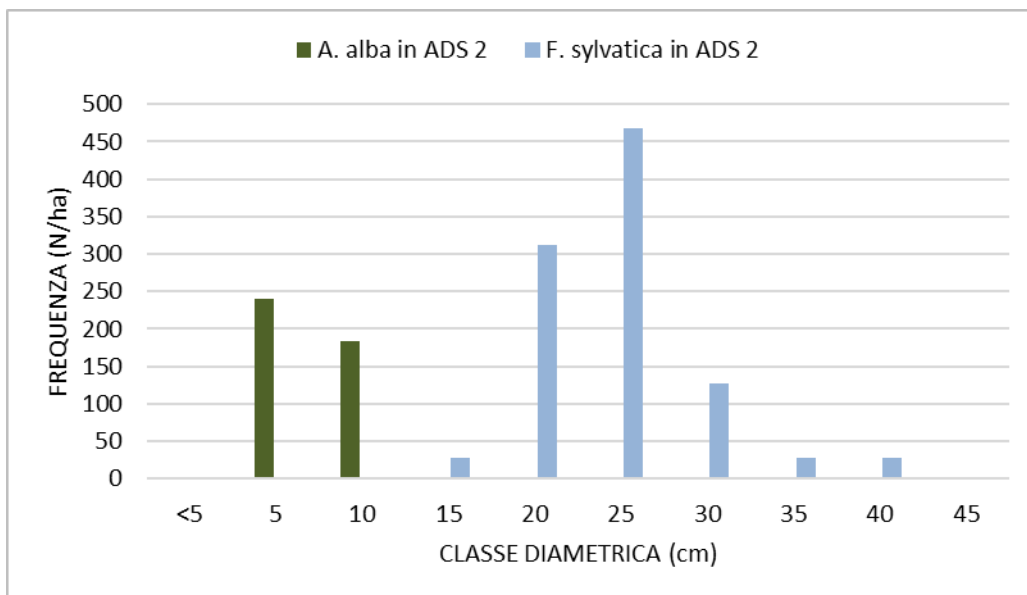
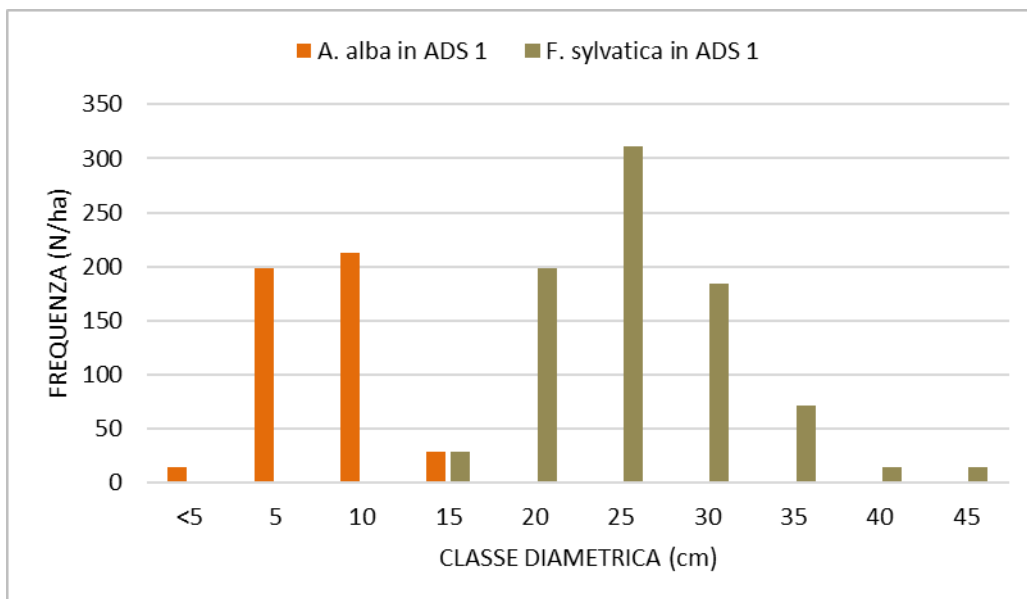


Figura 3.1.8 Distribuzione di frequenza del numero di piante ad ettaro di *A. alba* e *F. sylvatica* in base alla loro classe diametrica di 5 cm in ADS 1 e ADS 2

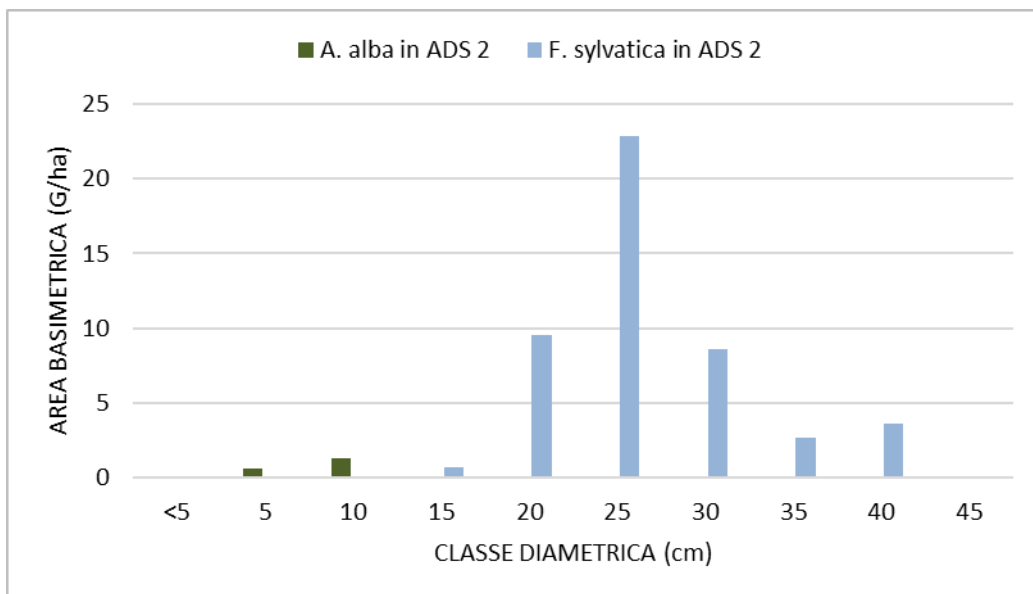
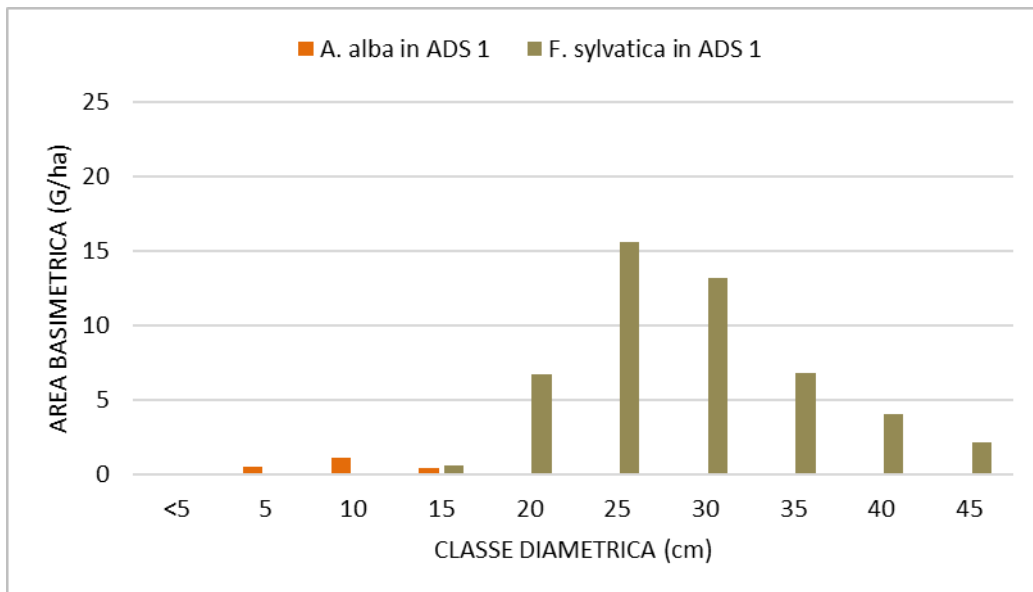


Figura 3.1.9 Distribuzione di frequenza del valore di area basimetrica ad ettaro di *A. alba* e *F. sylvatica* in base alla loro classe diametrica di 5 cm in ADS 1 e ADS 2

La stima della copertura forestale è stata effettuata attraverso il software GLA (Fig. 3.1.10) che ha restituito i valori riportati in tabella 3.1.2.



Figura 3.1.10 Immagine a colori (a sinistra), banda del blu a gradazione di grigio (al centro), in bianco e nero con Treshold impostata (a destra) per suddividere le porzioni di cielo da quelle occupate da foglie e rami

Tabella 3.1.2: Valori di Canopy Openness, LAI e Treshold delle 5 immagini ricavate dalla lente fisheye.

	Canopy Openness (%)	LAI (m ² /m ²)
<i>IMG_1</i>	10,77	2,39
<i>IMG_3</i>	11,22	2,37
<i>IMG_4</i>	12,01	2,29
<i>IMG_6</i>	9,44	2,55
<i>IMG_7</i>	13,65	2,22
<i>MEDIA</i>	11,42	2,36

La distribuzione dei valori di apertura forestale ricavati dalle 5 immagini sottolinea un range tra 9,44 e 13,65 %. L'apertura forestale media della faggeta, quindi, risulta essere dell'11,4%, da cui si ricava la corrispondente copertura delle chiome che equivale all'88,6%. I valori di LAI sono molto simili e con un valore medio di 2,36 m² (Fig. 3.1.11).



Figura 3.1.11 Box plot con i valori di apertura forestale (a sinistra) e di LAI (a destra) stimati dalle immagini fisheye. La croce indica il valore medio mentre la linea corrisponde alla mediana

3.2 Parametri dendrocronologici

3.2.1 Dinamica di accrescimento dell'abete bianco

L'analisi dendrocronologica ha consentito di ricavare diversi parametri che verranno poi utilizzati per il calcolo delle serie cronologiche. L'età media del popolamento risulta essere di 36 anni in ADS 1 e di 40 anni in ADS 2. Gli individui più longevi hanno riscontrato età fino ad un massimo di 53 anni, mentre i più giovani non scendono sotto i 30 anni. Nella tabella 3.2.1.1 sono stati riportati i dati relativi ai diametri, le altezze e le età dei 10 individui campionati per ogni ADS e dei due campioni presi fuori ADS.

Tabella 3.2.1.1: Dati degli individui campionati di abete bianco in ADS 1, ADS 2 e fuori ADS relativi a: D = diametro (cm); H = altezza (m); Età (anni)

ADS 1	D (cm)	H (m)	Età (anni)	ADS 2	D (cm)	H (m)	Età (anni)
AA08	6	4,5	21	AA05	9	5,2	35
AA09	15	7,0	51	AA06	10	7,1	45
AA13	14	9,0	36	AA09	10	5,1	47
AA14	6	3,2	31	AA10	8	2,6	39
AA20	10	4,9	30	AA19	7	4,0	36
AA21	5	3,0	44	AA20	8	4,5	36
AA22	5	3,2	30	AA23	6	3,4	44
AA23	5	3,4	47	AA25	8	4,0	45
AA28	6	3,2	41	AA26	6	3,5	34
AA32	9	5,4	37	AA30	11	6,2	47

Fuori ADS	D (cm)	H (m)	Età (anni)
AA01	20	13,8	52
AA02	20	11,2	53

Ponendo in relazione le età degli individui prima con i relativi diametri poi con le relative altezze è possibile osservare una certa correlazione che, tuttavia, risulta più accentuata se si considerano i diametri (Fig. 3.2.1.1).

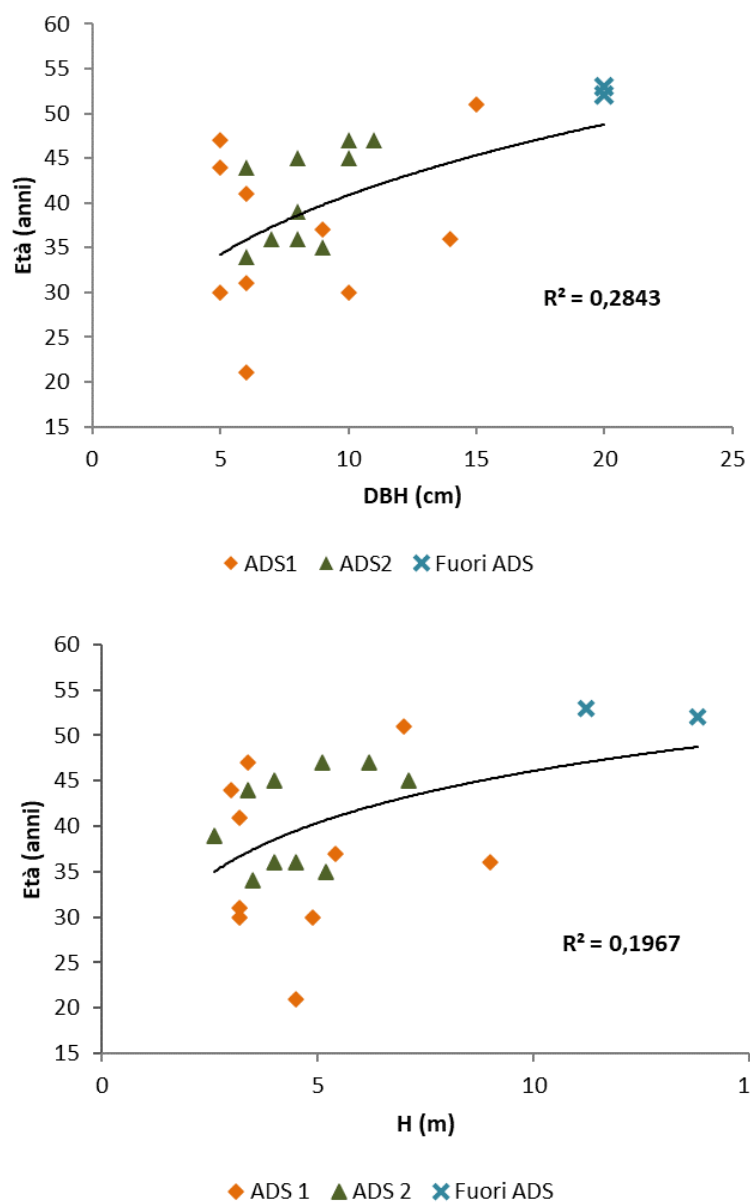


Figura 3.2.1.1 Relazione tra età e diametri (sopra) e tra età e altezze (sotto) degli individui di abete bianco in ADS 1, ADS 2 e fuori ADS

Attraverso le curve cronologiche è stato possibile effettuare delle osservazioni sulla dinamica di accrescimento degli individui di abete bianco (Fig. 3.2.1.2). Sono state poi riportate le principali statistiche dendrocronologiche dell'abete bianco di entrambe le aree di saggio e dei due campioni presi fuori ADS (Tab. 3.2.1.2).

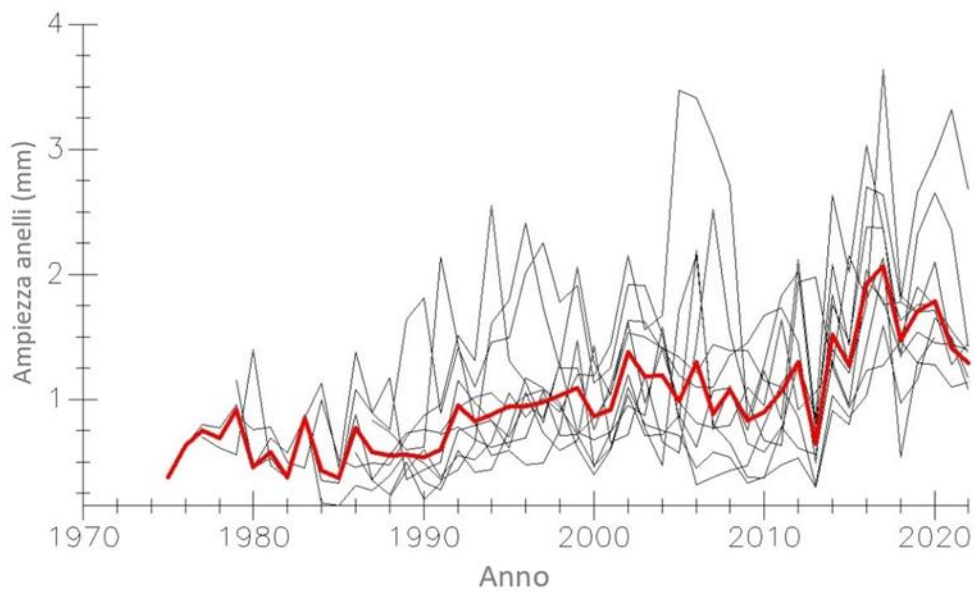
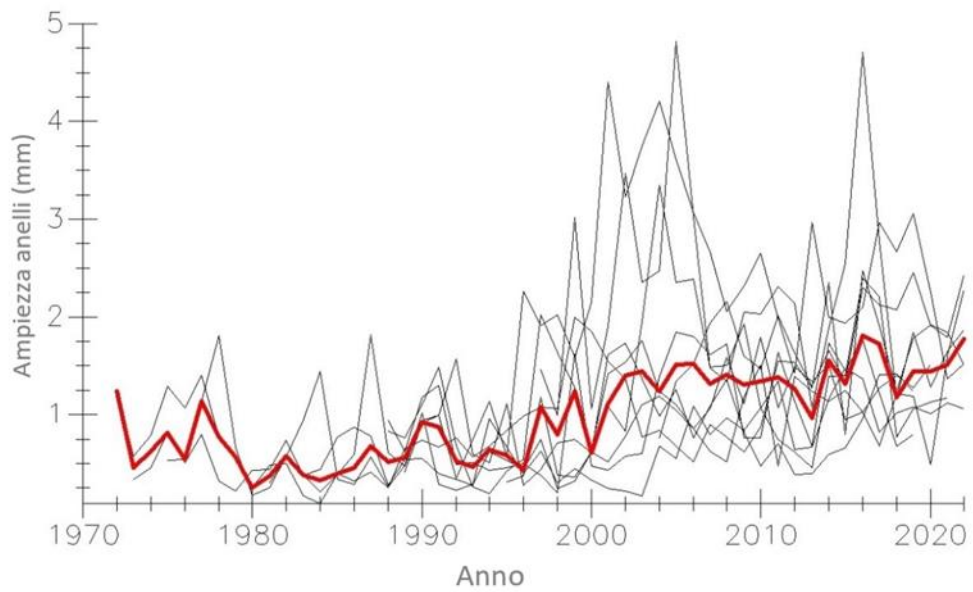


Figura 3.2.1.2 *Curve di accrescimento dell'ampiezza degli anelli legnosi degli individui di abete bianco in ADS 1 (sopra) e ADS 2 (sotto). La curva rossa rappresenta la media di tutte le serie individuali (in nero)*

Tabella 3.2.1.2: Statistiche dendrocronologiche dell'abete bianco in ADS 1 e ADS 2: Dev.st = deviazione standard (mm); AC (1) = autocorrelazione di primo ordine; SM % = sensibilità media in percentuale

ADS	N° campioni	Periodo (anni)	Età media (anni)	Ampiezza media (mm)	Dev.st (mm)	AC (1)	SM %
1	10	1972-2022	36	1,28	56,3	0,52	37
2	10	1975-2022	40	1,12	58,2	0,60	34
Fuori	2	1971-2022	51	1,89	83,2	0,73	26

Dal valore di autocorrelazione AC (1) si nota come la formazione dell'anello, dell'anno in corso, sia generalmente influenzato dalla formazione dell'anno precedente. L'ampiezza media equivale a 1,28 mm in ADS 1 e 1,12 mm in ADS 2. In entrambi i grafici si possono notare andamenti crescenti della curva delle ampiezze anulari e la presenza di anelli caratteristici nelle serie individuali, ovvero anelli la cui l'ampiezza è molto superiore o inferiore a quella di periodi precedenti.

Ponendo a confronto le due curve di accrescimento medie, è stato possibile osservare la presenza di anelli caratteristici comuni (detti anni caratteristici) nei quali gli individui evidenziano dei picchi negativi (che corrispondono ad anelli molto stretti), ovvero mostrano una risposta comune ad uno specifico fattore limitante di crescita. In ordine cronologico si notano in particolare 3 picchi negativi comuni, in presenza degli anni: 2000, 2013, 2018 (Fig. 3.2.1.3). Il più evidente è quello relativo all'anno 2013, probabilmente dovuto a temperature più basse rispetto alla media registrate nel mese di giugno.

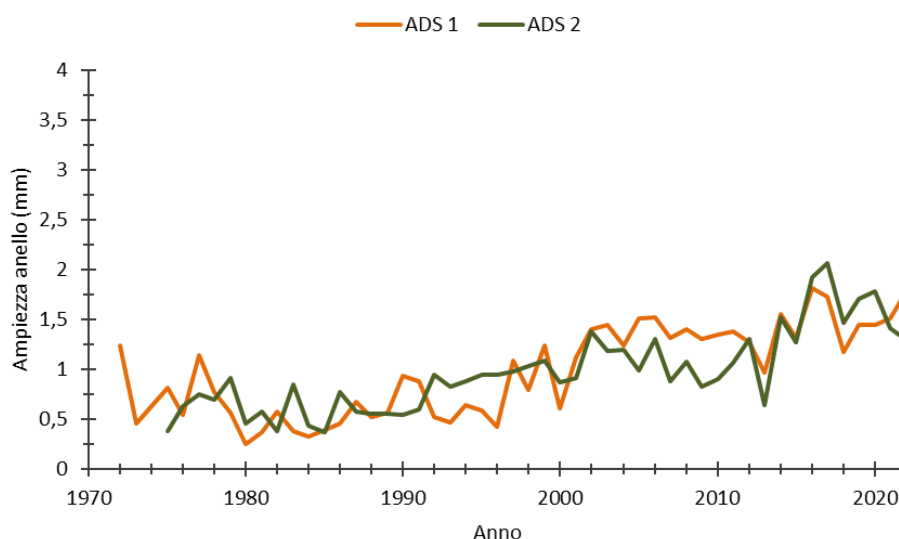


Figura 3.2.1.3 Cronologie medie delle ampiezze degli anelli legnosi in ADS 1 e ADS 2

Trasformando l'ampiezza in superficie degli anelli (BAI, incremento di area basale), è possibile notare come siano riportati gli stessi picchi negativi ma con intensità e linea di tendenza diversi per ogni sito (Fig. 3.2.1.4). Le due curve mostrano un andamento positivo che rimane stabile nel periodo iniziale e che aumenta progressivamente in corrispondenza dell'anno 2000.

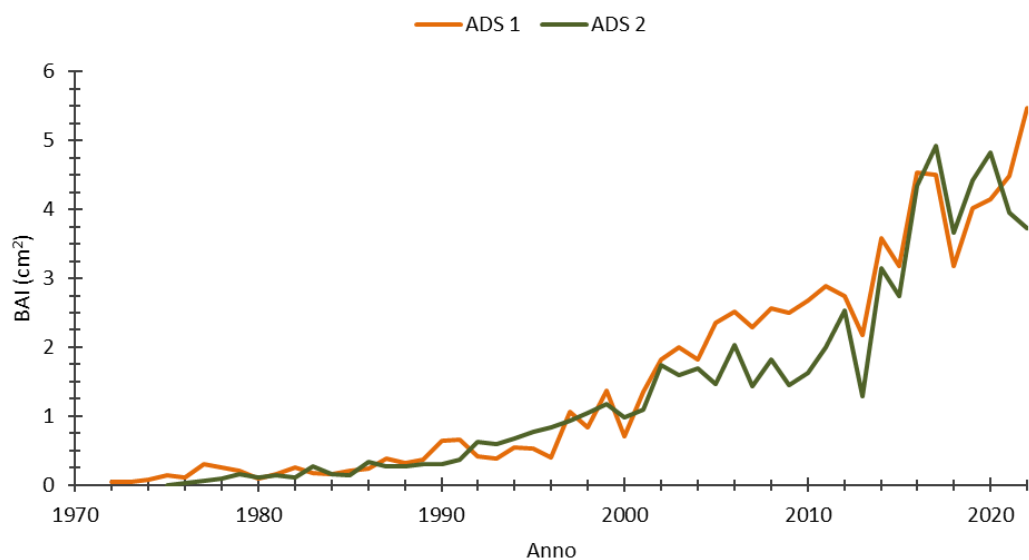


Figura 3.2.1.4 Curva dell'incremento di area basimetrica (BAI) dell'abete bianco

3.2.2 Dinamica di accrescimento del faggio

La faggeta oggetto di studio, sulla base delle analisi dendrocronologiche effettuate in ADS 1, risulta avere un'età media di 85 anni nella quale sono presenti individui dai 70 fino a 100 anni. L'ampiezza media degli anelli equivale a 1,61 mm e osservando le curve di accrescimento si nota una leggera tendenza negativa dell'ampiezza a partire dagli anni '80. Anche dal popolamento di faggio è possibile notare anni caratteristici in cui l'ampiezza degli anelli è risultata di molto superiore o inferiore alla media (Fig. 3.2.2.1).

Le principali statistiche dendrocronologiche del faggio sono riportate nella tabella 3.2.2.1.

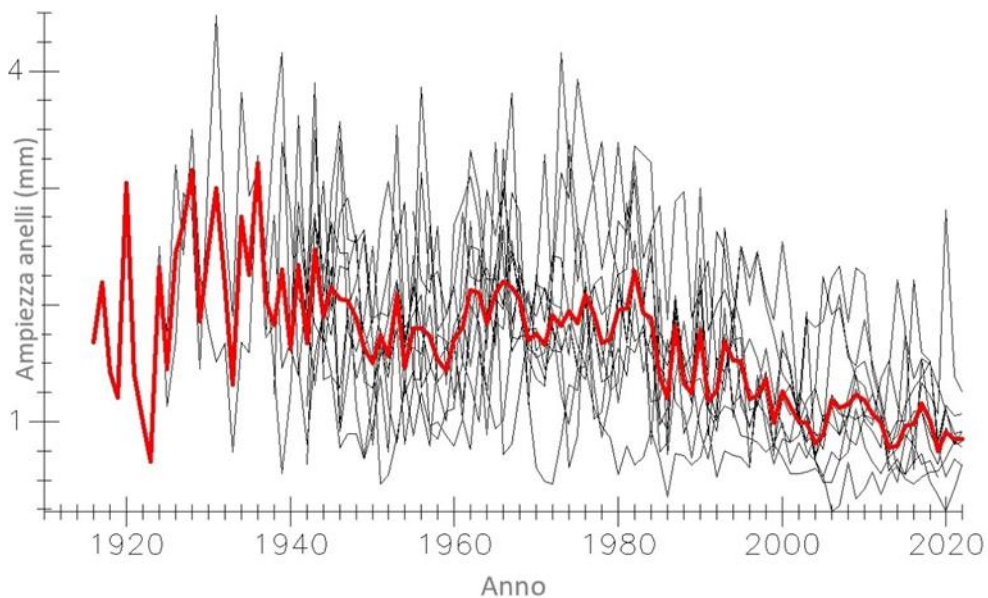


Figura 3.2.2.1 Curve di accrescimento dell'ampiezza degli anelli legnosi degli individui di faggio in ADS 1. La curva rossa rappresenta la media di tutte le serie individuali (in nero)

Tabella 3.2.2.1: Statistiche dendrocronologiche del faggio in ADS 1 e ADS 2: Dev.st = deviazione standard (mm); AC (1) = autocorrelazione di primo ordine; SM % = sensitività media

ADS	N° campioni	Periodo (anni)	Età media (anni)	Ampiezza media (mm)	Dev.st (mm)	AC (1)	SM %
<i>I</i>	10	1920-2022	85	1,61	71,2	0,57	29

L'individuazione degli anni indicatori permette di verificare se l'accrescimento anomalo dell'anno è legato ad un'anomalia delle variabili climatiche. È stata confrontata la cronologia media delle ampiezze anulari del faggio presente nel sito di studio con altre due cronologie medie di faggio ricavate dai dati collezionati dagli studi effettuati rispettivamente sul monte Acuto e sul monte Nerone (Fig. 3.2.2.2).

L'analisi comparativa mette in relazione i dati relativi al periodo comune 1938-2020. Si evidenziano degli anni caratteristici comuni come quelli del 1986, 1999 e 2004 con la curva del monte Acuto, mentre sono meno rilevanti quelli comuni con la curva del monte Nerone. Dalla tabella 3.2.2.2, infatti, si nota che la curva della cronologia media del faggio sul monte Catria presenta maggior correlazione con quella del monte Acuto. Anni caratteristici comuni a tutti i siti sono il 1991 e il 2013; quest'ultimo, in particolare, mostra la presenza di un anello più sottile rispetto alla media nelle piante di faggio presenti in tutti e tre i siti in analisi.

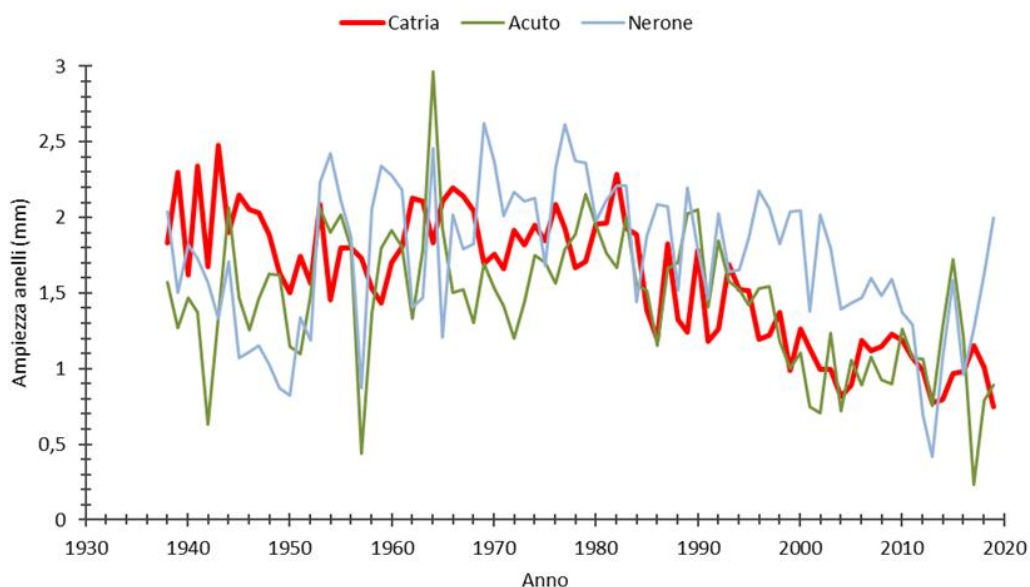


Figura 3.2.2.2 Cronologia media delle ampiezze anulari di faggio in ADS 1 messa a confronto con quelle relative ai siti del monte Acuto e del monte Nerone

Tabella 3.2.2: Confronto delle cronologie medie di faggio del monte Catria con quelle del monte Acuto e del monte Nerone attraverso un'analisi della correlazione

Località	Nerone	Acuto	Catria
Nerone	1,00		
Acuto	0,48	1,00	
Catria	0,18	0,23	1,00

La curva dei valori di BAI del faggio riscontra un andamento positivo relativamente costante già a partire dai primi anni di insediamento (Fig 3.2.2.3). Si nota un picco finale positivo nell'anno 1982, cui segue un andamento apparentemente negativo che però risulta poco costante. È presente un picco negativo evidente nell'anno 1986, in cui il BAI è passato in meno di 4 anni da un valore di 18,6 cm² del 1982 a un valore di circa 10 cm². Si è messo a confronto anche il BAI dell'abete bianco sottolineando la differenza di incremento di area basimetrica tra le due specie. Un picco negativo, infine, mette in comune entrambe le curve nell'anno 2013.

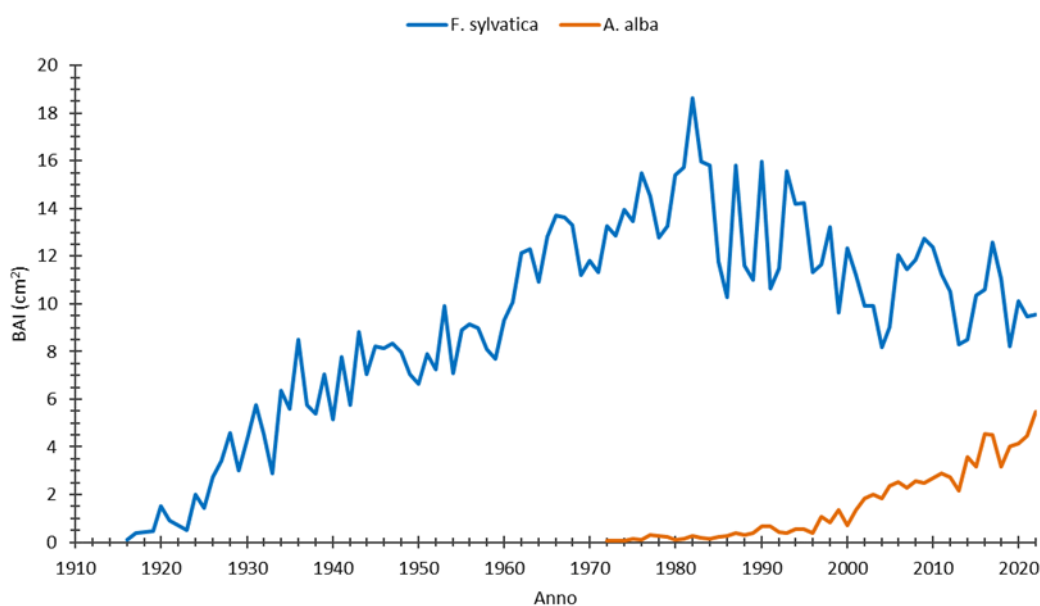


Figura 3.2.2.3 Diagramma riportante i valori di BAI (Basal Area Increment) del faggio confrontato con quelli dell'abete bianco in ADS 1

4. CONCLUSIONI

I risultati di questo studio preliminare evidenziano le caratteristiche strutturali e dendrocronologiche di una peculiare cenosi di faggio con abete bianco sottoposto, ubicato nel versante umbro del Monte Catria. La peculiarità è data dalla insolita presenza di abete bianco in un ambito in cui non è segnalato vista la prevalente matrice calcarea dell'intero massiccio del Catria. Il dubbio è, quindi, sull'origine della presenza dell'abete bianco, ovvero se naturale o antropogena. Sulla base delle analisi dendrocronologiche è possibile escludere l'impianto e pertanto le ipotesi rimarrebbero due: i) disseminazione naturale da individui parentali che peraltro non sembrano essere più presenti (almeno nelle vicinanze della cenosi attuale); ii) semina a spaglio in concomitanza di qualche intervento colturale pregresso in faggeta avvenuto circa 40 anni fa.

La faggeta dominante è a tutti gli effetti una fustaia cronologicamente matura (85 anni) ma non in termini dimensionali e provvigionali. Questo dipende dall'elevata densità del soprassuolo (oltre 800 piante/ha) che ha mantenuto basso il diametro medio e il volume legnoso (meno di 300 m³/ha). Tale densità non ha però condizionato la vitalità degli individui di *A. alba* che, sebbene caratterizzati da diametri e altezze ridotti rispetto alle loro età, non mostrano segni di deperimento fisiologico. Le piante, inoltre, presentano ancora una buona capacità auxometrica che va a dimostrare la resilienza di questa specie in ambiti dove la luce può essere un fattore limitante. È noto, infatti, che l'abete bianco abbia una notevole capacità di tolleranza all'ombra che si può protrarre per lungo tempo (anche fino a 70-90 anni). L'accrescimento basimetrico ridotto del faggio testimonia, invece, l'opportunità di procedere ad alcuni interventi selvicolturali finalizzati ad una valorizzazione strutturale e funzionale sia dell'abete bianco che dell'intera cenosi.

L'abete bianco oggi è infatti una specie secondaria e con una presenza molto limitata nel territorio appenninico, sia per cause climatiche ma anche per un utilizzo pregresso non particolarmente idoneo. Gli interventi selvicolturali dovranno essere indirizzati ad ottenere una maggiore mescolanza delle due specie nel piano dominante. Sicuramente la strada è quella di interventi selettivi con la creazione di gap di dimensioni adeguate alle caratteristiche strutturali del soprassuolo. Vista la funzione non produttiva del bosco, oltre ad interventi di diradamento

selettivo, al fine di evitare danni durante l'abbattimento, si potrebbero effettuare anche cercinature su alcuni individui di faggio oculatamente selezionati. Questa operazione favorirebbe l'accrescimento dell'abete bianco creando condizioni con scarsa illuminazione diretta, poiché una improvvisa ed eccessiva esposizione alla radiazione solare può compromettere il suo stato fisiologico, considerando la sua lunga permanenza sotto copertura. L'abete può mostrare plasticità morfologica e fisiologica in risposta a livelli di luce contrastanti, ma per periodi più lunghi rispetto al faggio. L'adattamento al tasso di crescita in ambiente luminoso si verifica gradualmente nel corso di diversi anni (Robakowski, et al., 2004). È fondamentale, quindi, l'importanza dei gap, di dimensioni relativamente più piccole (0,03-0,11 ha) ma significative nel contribuire ad aumentare il vantaggio competitivo dell'abete nelle foreste montane e miste di specie (Čater, et al., 2014). Ciò deve essere fatto nella consapevolezza che gli interventi, per quanto di intensità limitata, non possono essere estemporanei e che essi sono la garanzia di un processo continuo di rinnovazione indotta e calibrata nella sua dinamica di accrescimento.

L'opportunità di eseguire ulteriori approfondimenti potrebbe offrire un quadro più completo e accurato del contesto studiato come per esempio studi riguardanti il suolo e la vegetazione al fine di caratterizzare le condizioni edafiche per l'abete bianco così come analisi genetiche per determinare l'eventuale provenienza degli individui di *A. alba* presenti.

5. BIBLIOGRAFIA

- Aerts, R., 1995. The advantages of being evergreen. *Trends in ecology & evolution*, Issue 10, pp. 402-407.
- Barros, V. R., 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge.
- Bononcini, A., 2008. *Abies alba Miller 1759*.
- Čater, M., Diaci, J. & Roženbergar, D., 2014. Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill.. *Forest Ecology and Management*, pp. 128-135.
- Chauchard, S., Beilhe, F., Denis, N. & Carcaillet, C., 2010. An increase in the upper tree-limit of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Alps since the mid-20th century: A land-use change phenomenon. *Forest Ecology and Management*.
- Cheddadi, R. et al., 2014. Revisiting tree-migration rates: *Abies alba* (Mill.), a case study. *Vegetation History and Archaeobotany*, Issue 23, pp. 113-122.
- Dörken, V. M. & Lepetit, B., 2018. Morpho-anatomical and physiological differences between sun and shade leaves in *Abies alba* Mill. (Pinaceae, Coniferales): a combined approach. *Plant, Cell & Environment*.
- Ducci, F., Proietti, R. & Favre, J. M., 1998. Le genre abies en Italie: écologie générale gestion sylvoicole et ressources génétiques. *Forêt Méditerranéenne*, XIX(2).
- Eckstein, D., Aniol, R. W. & Bauch, J., 1983. Dendroklimatologische Untersuchungen zum Tannensterben. *European Journal of Forest Pathology*.
- Ellenberg, H., 1988. *Vegetation ecology of central Europe*. Cambridge.
- Ellenberg, H., 1996. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. *Stuttgart: Ulmer Verl.*

- Elling, W., Dittmar, C., Pfaffelmoser, K. & Rötzer, T., 2009. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and management*, Issue 257, pp. 1175-1187.
- Ficko, A., Poljanec, A. & Boncina, A., 2011. Do changes in spatial distribution, structure and abundance of silver fir (*Abies alba* Mill.) indicate its decline?. *Forest Ecology and Management*, pp. 844-854.
- Gallucci, V. & Urbinati, C., 2009. Growth dynamics and climatic sensitivity of Silver fir (*Abies alba* Mill.) in the European important site (SIC) at the Alpe della Luna - Bocca Trabaria (PU - Italy). *Journal of Silviculture and Forest Ecology*, Volume VI, pp. 85-99.
- Gallucci, V. & Urbinati, C., 2011. Abete bianco nelle faggete dei monti della laga. *Gestione Forestale*.
- Häne, K., 2006. L'abete bianco (*Abies alba* Mill).
- Holmes, R. L., 1983. *Computer assisted quality control in tree ring dating and measurement*, University of Arizona.
- Jennings, S. B., Brown, N. D. & Sheil, D., 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry*, Issue 72, pp. 59-74.
- Kandler, O. & Innes, J., 1995. Air pollution and forest decline in Central Europe. *Environmental pollution*.
- Kirschner, R., Begerow, D. & Oberwinkler, F., 2001. A new *Chionosphaera* species associated with conifer inhabiting bark beetles. *Mycological Research*, Issue 105, pp. 1403-1408.
- Klopčič, M., Klemen, J. & Andrej, B., 2010. Long-term changes of structure and tree species composition in Dinaric uneven-aged forests: are red deer an important factor?. *European Journal of Forest Research*, Issue 129, pp. 277-288.
- Larsen, J. B., Qian, X. M., Scholz, F. & Wagner, I., 1988. *European Journal of Forest Pathology*, Issue 18.
- Larsen, V. J., 1986. Das Tannensterben: Eine neue Hypothese zur Klärung des Hintergrundes dieser rätselhaften Komplexkrankheit der Weifstannes (*Abies alba* Mill.). *Forstwissenschaftliches Centralblatt*.

- Lichtenthaler, H. K. et al., 2007. Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species. *Plant Physiology and Biochemistry*.
- Longauer, R., Paule, L. & Andonoski, A., 2003. Genetic diversity of southern populations of *Abies alba* Mill.. *International Journal of Forest Genetics*.
- Macias, M., Andreu, L. & Bosch, O., 2006. Increasing Aridity is Enhancing Silver Fir (*Abies Alba* Mill.) Water Stress in its South-Western Distribution Limit. *Climatic Change*, Issue 79, pp. 289-313.
- Manetti, M. C. & Cutini, A., 2006. Tree-ring growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in two stands under different silvicultural systems in central Italy. *Dendrochronologia*, Issue 23, pp. 145-150.
- Mercurio, R. & Spampinato, G., 2006. *I tipi forestali delle Serre calabresi*: Laruffa.
- Motta, R., 1996. Impact of wild ungulates on forest regeneration and tree composition of mountain forests in the Western Italian Alps. *Forest Ecology and Management*, Issue 88, pp. 93-98.
- Pignatti, S., 1982. *Flora d'Italia*. Bologna: Edagricole.
- Praciak, A., 2013. *The CABI encyclopedia of forest trees*.. Oxfordshire, UK.
- Prpić, B. & Seletković, Z., 2001. Ecological constitution of Silver fir. *Academy of Forest Sciences*, pp. 255-276.
- Rinn, F., 2012. *TSAPWin scientific: time series analysis and presentation for dendrochronology and related applications*. Rinntech, Heidelberg.
- Robakowski, P., Wyka, T., Samardakiewicz, S. & Kierzkowski, D., 2004. Growth, photosynthesis, and needle structure of silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings under different canopies. *Forest ecology and management*, pp. 211-227.
- Rolland, C. et al., 1999. Ecological requirements of *Abies alba* in the French Alps derived from dendro-ecological analysis. *Journal of Vegetation Science*, pp. 297-306.
- Rubner, K. & Reinhold, F., 1953. Site factors, plant geography and ecology as the foundations of silviculture. *Site factors, plant geography and ecology as the foundations of silviculture*.
- Ruosch, M. et al., 2015. Past and future evolution of *Abies alba* forests in Europe – comparison of a dynamic vegetation model with palaeo data and observations. *Global Change Biology*.

- Schütz, J.-P., 2001. Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest ecology and management*, Issue 151, pp. 87-94.
- Schütz, J., 2002. Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. *Forestry*, Issue 75, pp. 329-337.
- Senn, J. & Werner, S., 2003. Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: beliefs in search of supporting data. *Forest ecology and Management*, Issue 181, pp. 151-164.
- Sprugel, D. G., Brooks, J. R. & Hinckley, T. M., 1996. Effects of light on shoot geometry and needle morphology in *Abies amabilis*. *Tree Physiology*, Issue 16, pp. 91-98.
- Tinner, W. et al., 2013. The past ecology of *Abies alba* provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming. *Ecological Monographs*, Issue 83.
- Urbinati, C. & Romano, R., 2012. *Foreste e Monaci di Camaldoli: un rapporto millenario tra gestione e conservazione*.
- Vitasse, Y. et al., 2019. What is the potential of silver fir to thrive under warmer and drier climate?. *European Journal of Forest Research*, Issue 138, pp. 547-560.
- Watson, D. J., 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. *Annals of botany*, Issue 11, pp. 41-76.

Ringraziamenti

Al mio relatore, una figura importante per avermi fornito conoscenze e curiosità durante tutto il percorso di studi ma anche per la sua disponibilità e i suoi preziosi consigli.

Al correlatore, che mi ha seguito durante le misurazioni e le elaborazioni dandomi suggerimenti indispensabili

Ai miei genitori che sono il fulcro di tutto, sempre pronti a sostenermi e ad aiutarmi a proseguire al meglio la mia strada, e al thomassino, il fratello che tutti desiderano

Ai miei nonni, fonti di ispirazione e di saggezza (*si, verrò a trovarvi più spesso!*)

A tutti i miei amici e a chi mi conosce, così non salto nessuno.

Ai mitici del collegio: tante risate, tante chiacchiere e tanto supporto; ai due cuochi, al mister *“Buon appetito!”* e al campione di: *“Cavallo? Non mi dire”*.

Ai miei altri compagni di avventura: mister woaf, maestro-allievo/allievo-maestro, magica calamita e a tutti coloro che vorranno intraprendere nuovi infiniti viaggi e imprese