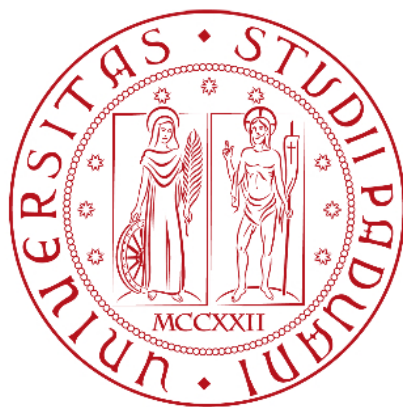




UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Corso di laurea in TECNOLOGIE FORESTALI E AMBIENTALI

ANALISI DEGLI ACCRESCIMENTI DI ABETE ROSSO (PICEA ABIES) E ABETE BIANCO (ABIES ALBA) IN RELAZIONE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI NELL'ALTOPIANO DI ASIAGO

Analysis of the growth of Spruce (*Picea abies*) and Silver Fir (*Abies alba*) in relation to
climate change in the Altopiano di Asiago

Relatore:

Dott. Daniele Castagneri

Correlatore:

Dott. Paulina Puchi

Laureando:

Franco Salvador

Matricola:1223067

INDICE

1. RIASSUNTO	pag.3
1.1 Abstract	pag.4
2. INTRODUZIONE	pag.5
2.1 Obiettivi	pag.6
3. MATERIALI E METODI	pag.6
3.1 Introduzione All'area	pag.6
3.2 Clima	pag.7
3.2.1 Media Precipitazioni E Temperature Su Base Mensile	pag.7
3.2.2 Storico Precipitazioni E Temperature	pag.8
3.3 Descrizione Del Sito	pag.9
3.4 Rilievo In Campo	pag.11
3.5 Elaborazione Dati	pag.12
3.5.1 Preparazione E Lettura Dei Campioni	pag.12
3.5.2 Crossdatazione Delle Letture	pag.12
3.5.3 Calcolo accrescimento in area basimetrica e competizione	pag.14
4. RISULTATI	pag.15
4.1 Accrescimento medio nelle due aree di studio	pag.15
4.2 Relazione Tra Bai E Competizione	pag.15
4.3 Picchi negativi negli accrescimenti annuali	pag.17
4.4 Bai Medio E Accrescimenti Medi Decennali	pag.18
4.4.1 Confronto tra specie in area 1	pag.18
4.4.2 Confronto tra specie in area 2	pag.21
4.4.3 Confronto tra le due aree	pag.25
5. DISCUSSIONI	pag.26
5.1 Relazione tra bai e competizione	pag.26
5.2 Picchi negativi negli accrescimenti radiali	pag.26
5.3 Andamento degli incrementi medi decennali	p2ag.26
6. CONCLUSIONI	pag.27
7. BIBLIOGRAFIA	pag.28
8. INDICE TABELLE	pag.29
9. INDICE FIGURE	pag.29
10. RINGRAZIAMENTI	pag.31

1.RIASSUNTO

Lo studio effettuato ha come intento quello di verificare se e in che modo i cambiamenti climatici hanno influito sulle popolazioni di abete rosso (*Picea abies*) e abete bianco (*Abies alba*) a basse-medio quote nell'altopiano di Asiago, e individuare quale delle due specie in questione ne ha risentito in maniera minore. Il metodo per effettuare la ricerca è stata la dendrocronologia che permette di analizzare la risposta degli alberi ai cambiamenti climatici utilizzando gli accrescimenti legnosi. Nell'altopiano di Asiago negli ultimi tre decenni si è verificato un aumento delle temperature di 0,6°C. Sono state selezionate due aree, entrambe nell'area corrispondente al comparto Litiche-Cloise ad Asiago, la prima a quota 1220-1250m s.l.m., la seconda a 1080-1100m s.l.m. per capire anche eventuali differenze dovute all'altitudine. Per ogni area sono state raccolte 42 carote di legno, 21 per specie. Queste sono state preparate, misurate e crossdatate. Inoltre, per ogni pianta carotata è stata misurata e calcolata la competizione. Gli accrescimenti degli ultimi 100 anni di 84 piante sono stati convertiti in accrescimento in area basimetrica, il Basal Area Increment (BAI) che permette di stimare l'incremento volumetrico dell'albero più correttamente rispetto alla misura lineare degli anelli. Nelle aree analizzate non è presente una forte correlazione tra BAI e competizione. Analizzando le cronologie di accrescimento anulare si evidenziano alcuni anni in cui entrambe le specie hanno diminuito il loro accrescimento, ma tra le due specie la diminuzione maggiore la presenta *Picea abies*. Confrontando i valori di BAI tra le due specie e le due aree, si è visto che nella prima area fino al nuovo millennio la specie che presentava accrescimenti maggiori era *Picea abies*, ma il trend si è invertito negli ultimi vent'anni, perché *Picea abies* stessa ha dimezzato la sua produttività. Nella seconda area invece, si è notato che l'*Abies alba* ha sempre avuto incrementi maggiori, e anche se entrambi presentano una diminuzione negli ultimi 20 anni, *Picea abies* rimane sempre la specie con incrementi minori. Si è osservato anche come la seconda area ha sempre presentato incrementi minori rispetto alla prima soprattutto per l'abete rosso, negli ultimi anni 20 anni. Questo divario è diminuito proprio perché l'area uno ha avuto forti diminuzioni degli incrementi. Si può quindi affermare che ad oggi nell'Altopiano di Asiago a medio-basse quote l'accrescimento dell'*Abies alba* è maggiore rispetto a quello della *Picea abies*, e quindi potrebbe garantire accrescimenti superiori e rappresentare una valida alternativa a *Picea abies* per i futuri sistemi selvicolturali.

1.1 ABSTRACT

The study carried out aims to verify if and how climate change has affected the populations of spruce (*Picea abies*) and silver fir (*Abies alba*) at low-medium altitudes in the Asiago plateau, and identify which of the two species in question were less affected. The method for carrying out the research was dendrochronology which allows to analyze the response of trees to climate change using woody growths. In the Asiago plateau in the last three decades there has been an increase in temperatures of 0.6°C. Two areas were selected, both in the area corresponding to the Litiche-Cloise sector in Asiago, the first at an altitude of 1220-1250m a.s.l., the second at 1080-1100m a.s.l. to also understand any differences due to altitude. For each area, 42 wood carrots were harvested, 21 per species. These have been prepared, measured and cross-dated. Furthermore, the competition was measured and calculated for each core plant. The growths of the last 100 years of 84 plants have been converted into Basal Area Increment (BAI) which allows to estimate the volumetric increase of the tree more correctly than the linear measurement of the rings. In the areas analyzed there is no strong correlation between BAI and competition. Analyzing the annular growth chronologies, some years in which both species have decreased their growth are highlighted, but between the two species the greatest decrease is *Picea abies*. By comparing the BAI values between the two species and the two areas, it has been seen that in the first area up to the new millennium the species with the greatest growth was *Picea abies*, but the trend has reversed in the last twenty years, because *Picea abies* itself has halved its productivity. In the second area, however, it was noted that the *Abies alba* has always had greater increases, and although both have decreased in the last 20 years, *Picea abies* always remains the species with smaller increases. It was also observed that the second area has always presented smaller increases than the first, especially for spruce, in the last 20 years. This gap has decreased precisely because area one has experienced sharp decreases in increases. It can therefore be said that today in the Asiago plateau at medium-low altitudes the growth of *Abies alba* is greater than that of *Picea abies*, and therefore could guarantee higher growths and represent a valid alternative to *Picea abies* for future silvicultural systems.

2.INTRODUZIONE

Da quando sono apparsi, i cambiamenti climatici hanno gradualmente attirato l'attenzione di tutti i ricercatori, e ad oggi gli studi sull'aumento della temperatura globale, sull'effetto serra, sulla riduzione degli habitat ed altri effetti dei cambiamenti, sono diventati tra i più importanti e i più numerosi nel mondo scientifico. In tutto il mondo si studia come la crisi climatica stia affliggendo in diversi modi gli ecosistemi e il genere umano. Questo studio mira ad analizzare un cambiamento nei popolamenti vegetali dovuto ai mutamenti del clima, derivati dai cambiamenti climati, che influisce un modello umano socio-economico, ovvero la selvicoltura di area che per molto tempo ha determinato l'economia e la cultura del luogo. Precisamente andremo ad analizzare gli accrescimenti di due specie arboree, ovvero l' abete rosso (*Picea abies*) e l' abete bianco (*Abies alba*), nell'Altopiano di Asiago, in relazione ai cambiamenti climatici degli ultimi tre decenni, per avere un quadro fondamentale della gestione ecologica e selvicolturale migliore da effettuare nei prossimi anni. Più precisamente si concentra nelle popolazioni a quote medio-basse da 1000-1300 m s.l.m., dove possibilmente con l'aumento delle temperature degli ultimi 20-30anni e gli altri fattori che ne conseguono gli accrescimenti di *Picea abies* e *Abies alba* sono mutati.

Il principale motivo tecnico per cui lo studio viene effettuato è di valutare le capacità di accrescimento della *Picea abies*, presente nella maggior parte del territorio per la produzione di legname. La specie è particolarmente sensibile ai cambiamenti climatici nell'Europa centrale e meridionale, dagli anni 2000 (Čermák, et al 2021). Nelle regioni del Nord-Est gli ultimi avvenimenti storici come la tempesta VAIA o il più recente attacco di Bostrico (*Ips typographus*) hanno avuto un impatto economico, sulla produzione di legname (Udali et al.2021)e hanno modificato il paesaggio (Salvadori et al. 2021). Una possibile alternativa potrebbe essere l'*Abies alba* perché oltre ad essere una specie con caratteristiche meccaniche simili, e con condizioni di crescita simili, è autoctona delle Alpi.

Per questo studio è stata utilizzata la dendrocronologia, ovvero la disciplina che studia l'accrescimento delle piante nel tempo, attraverso gli anelli di accrescimento. Questa scienza si basa sul fatto che la stessa specie nello stesso habitat cresce in modo simile o proporzionale essendo condizionata dagli stessi fattori climatici, Grazie a questo è possibile comparare gli accrescimenti di diversi esemplari (crossdating). Inoltre è possibile confrontare questi dati con le serie di dati climatici di cui siamo in possesso.

Studi comparativi tra abete rosso e abete bianco sono stati già fatti in passato, ad esempio nella foresta di Lom in Bosnia-Erzegovina. (Castagneri et al.,2014), e nella Foresta Nera centrale nel sud-ovest della Germania (Vitali et al.2017), ma mai in territorio Italiano per le specie in questione. Proprio questi motivi hanno portato alla formazione di questa tesi di laurea.

2.1 OBIETTIVO

L'obiettivo generale di questo studio è quindi analizzare e determinare come i cambiamenti climatici abbiano influito sugli incrementi anulari di *Abies alba* e *Picea abies* nell'Altopiano di Asiago. I risultati di questo studio potranno contribuire a comprendere l'ecologia delle due specie nell'Altopiano, guidare le linee per una gestione forestale sostenibile in grado di garantire la produzione di legname e altri servizi ecosistemici in futuro.

3. MATERIALI E METODI

3.1 INTRODUZIONE ALL'AREA

Lo studio è localizzato nell'Altopiano di Asiago (VC) nelle Prealpi venete, Italia (fig.1). La morfologia tipica e caratteristica deriva dal fenomeno del carsismo quindi sono presenti grandi cavità e una bassa ritenzione idrica, questo probabilmente è dovuto al ghiacciaio pleistocenico, che si estendeva per circa 200 kmq nella parte alta dell'Altopiano, esso ha favorito una notevole modificazione delle zone carsiche e nello stesso tempo ha anche accelerato l'approfondimento dell'acquifero carsico. Il clima è caldo e temperato. In Asiago esiste una piovosità significativa durante l'anno, anche nel mese più secco vi è molta piovosità. Il clima è stato classificato come Cfb secondo Köppen e Geiger. 6.3 °C è la temperatura media di Asiago nel 2021. Piovosità media annua di 1227.6 mm nel 2021.

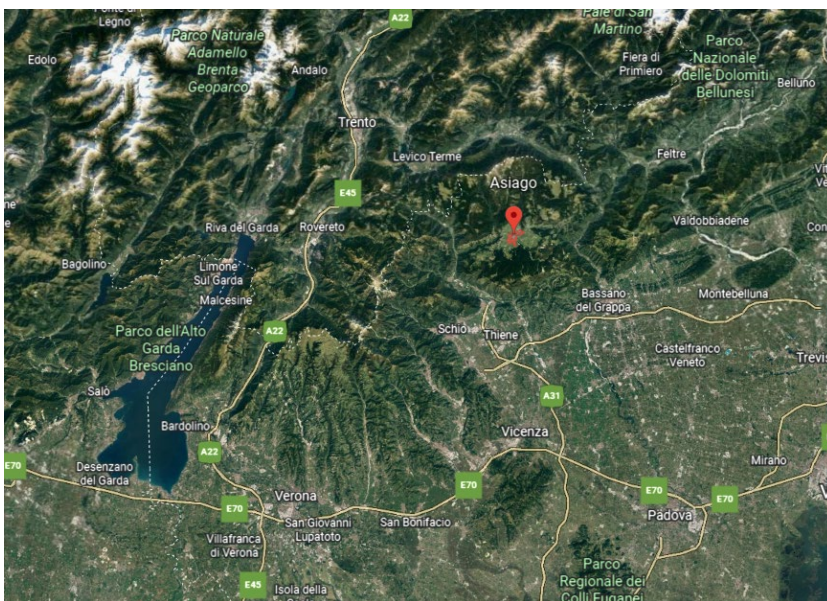


Fig. 1: immagine localizzazione dell'Altopiani di Asiago catturata con Google Earth

3.2 CLIMA

3.2.1 Misure medie mensili totali di Precipitazione e Temperatura

Di seguito sono presenti tabelle e grafici creati dai dati forniti dal sito dell'Arpa Veneto. I dati sono stati rilevati in una stazione meteorologica situata ad Asiago Aeroporto (fig. 2), tra di essi sono stati presi per questo studio la piovosità media per ogni mese dal 1994 al 2021 (tab 1 e fig3), per capire quali sono i mesi più soggetti a siccità e la quantità di pioggia presente nei periodi vegetativi. Sono stati presi anche i dati di temperatura (minima, media e massima) media per ogni mese dal 1994 (tab2 e fig4) grazie ai quali si può notare l'andamento delle temperature nel periodo vegetativi, i picchi di temperatura minimi utili per trovare eventuali "ghiacciate" e i picchi di temperature massime per capire quanto possono aver effetto sulle piante.

Stazione	Asiago - aeroporto	
Anno	2021	
Quota della stazione	1016	m s.l.m.
Coordinata X	1694869	Gauss-Boaga fuso Ovest (EPSG:3003)
Coordinata Y	5084184	
Comune	ASIAGO (VI)	

fig2 dati stazione climatica.

mese	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Media me	57.4	46.9	76.2	115.7	161.3	145.6	137.5	141.7	118.5	146	193.9	80.3

Tab 1: dati pluviometri altopiano di Asiago: media precipitazioni dal 1994 al 2021

MESE	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
MINIMA												
minima	-19,7	-18,1	-13,7	-11,8	-1,8	1,6	5,1	2,2	1	-5,7	-8,9	-13,9
media	-11,8	-5,3	-5,6	-3	2,3	7,9	9,7	8,2	5,5	0,1	-1,8	-7,6
massima	0,3	0,9	0,9	6,9	8,3	13,6	14	13,2	13,2	12	4,8	-0,1
MEDIA												
minima	-13,4	-10,1	-5,1	-4,3	6,3	10,7	12,4	10,8	9,6	1,7	-2,6	-7,4
media	-5,9	-0,2	1,4	3,8	8,8	15,9	16,6	15,4	12,6	6,2	3,3	-2,3
massima	1,8	3,8	8,6	9,9	11,9	19,5	19,1	20,5	15,2	13,7	7,4	1,7
MASSIMA												
minima	-4	-2,8	1	1,7	9,9	16,5	17,4	15,1	14,6	9,8	2,5	-0,5
media	1,5	7	8,3	9,4	13,9	22,2	22,5	21,6	19,1	13,3	9,4	5
massima	6,5	16,2	18,5	19,8	18,2	26,2	25,1	28,5	23,1	17,2	16,6	12,3

Tab 2: dati di temperatura media mensili altopiano di Asiago: dal 1994 al 2021

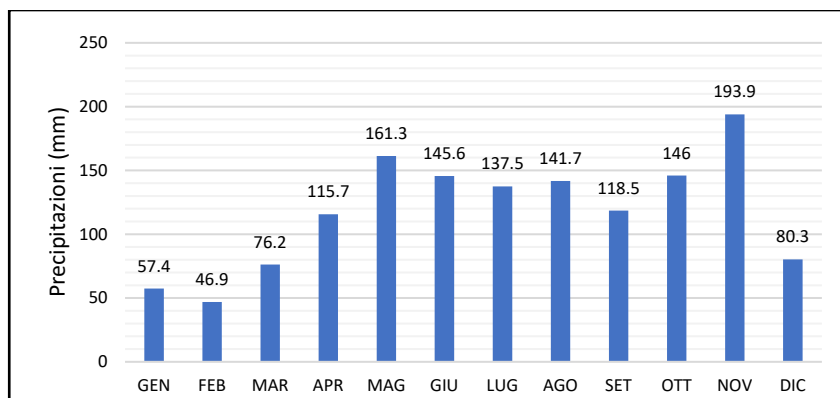


Fig3: istogramma rappresentativo delle quantità di precipitazioni.

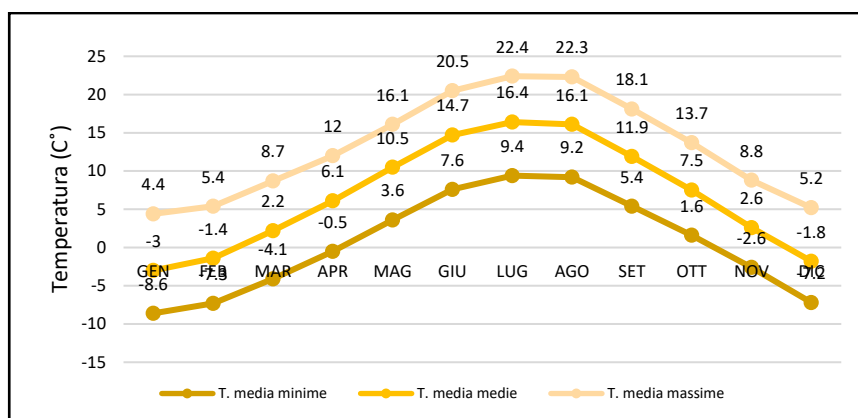


Fig4: grafico che indica le minime, massime e medie temperature medie mensili medie.

3.2.2 Storico Precipitazioni e Temperature

Per avere un'idea più ampia della situazione climatica dell'altopiano di Asiago negli ultimi tre decenni, ovvero gli anni in cui a livello globale si è assistito in modo più evidente al cambiamento climatico , attraverso i dati forniti sempre gratuitamente dal sito dell'Arpa, sono stati creati due grafici che rappresentano le medie annuali di precipitazione (fig.5) e di temperatura(fig.6). Dal grafico sulla piovosità si nota che essa non è costante negli anni e la linea di tendenza mostra un aumento di precipitazione media negli anni. Il grafico delle temperature ci mostra come la temperatura sta aumentando sempre di più nel tempo, sembra infatti che solo negli ultimi tre decenni sia aumentata circa di 0,6°C.

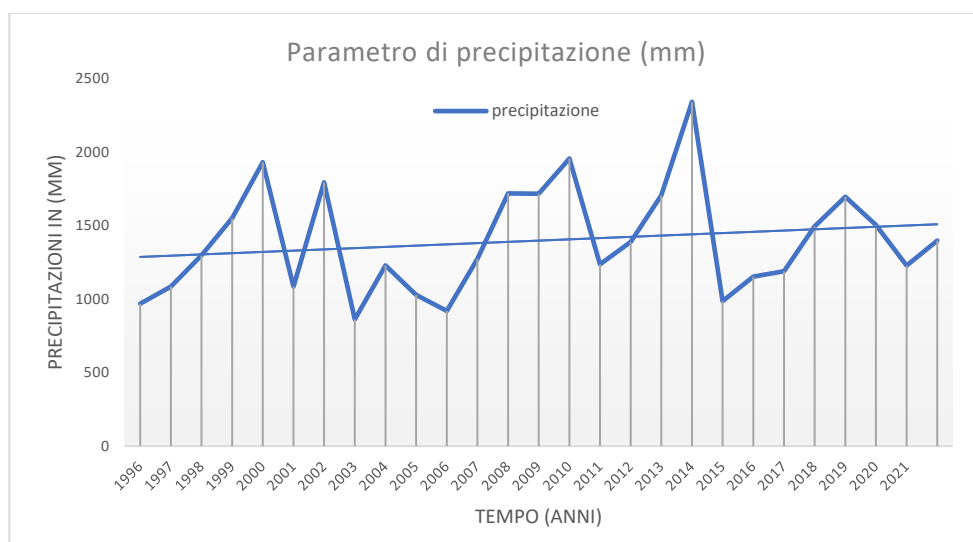


Fig5: storico sulle precipitazioni medie

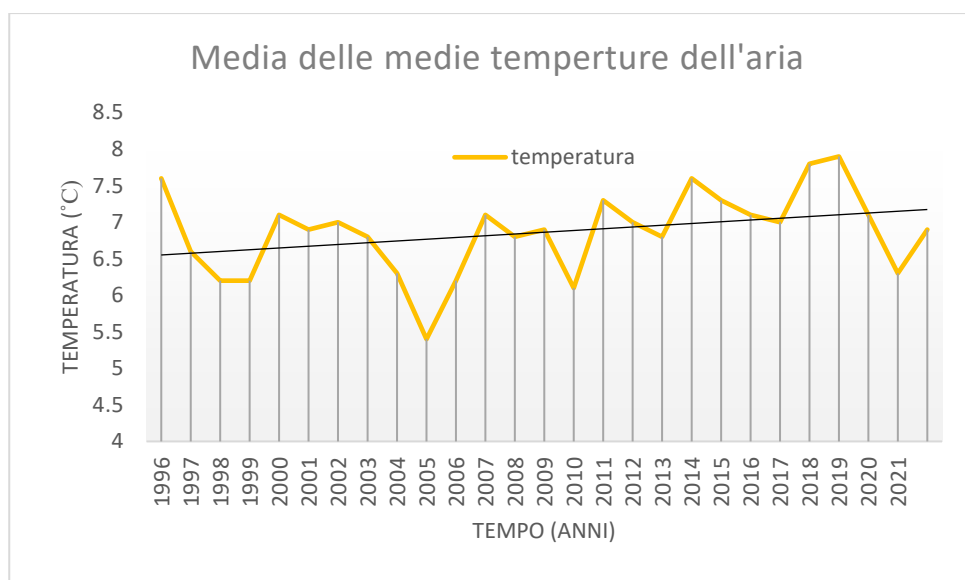


Fig6: storico delle temperature medie medie

Tutti i dati meteorologici sono stati presi da sito dell'ARPAV

<https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/open-data/clima/principali-variabili-meteorologiche>

3.3 DESCRIZIONE DEI SITI/ AREE DESIGNATE

I siti di studio selezionati rispondono a determinati criteri; devono trovarsi nella fascia montana medio-bassa (1000-1300 m s.l.m.) dell'altopiano di Asiago, il bosco deve essere misto, quindi con presenza di *Abies alba* e *Picea abies* in simile quantità, e devono esser presenti numerosi alberi di almeno 80 anni per poter valutare gli accrescimenti lungo un periodo di tempo antecedente i cambiamenti climatici.

Il Piano Forestale Territoriale di Asiago, individua due zone possibili come candidate: il comparto superiore e il fondovalle del comparto Lintiche-Cloise e localmente nel comparto Ekar, entrambe di origine artificiale post bellica; e alla disponibilità del comune rilasciare un'autorizzazione per la sperimentazione invasiva (

molto limitata); Si è selezionato il comparto Lintiche-Cloise nella località di Turcio nel comune di Asiago (VC), data la possibilità di effettuare un'area nella parte superiore identificata come area 1, visibile in figura7 e un'area a fondovalle, l'area 2 visibile in figura8. Entrambe rispettano le caratteristiche prima elencate, ma con una differenza tra le due ovvero l'altitudine. Infatti se la prima si trova ad un'altitudine di circa 1220-1250 m s.l.m., la seconda invece si colloca a quote inferiori circa 1080-1100 m s.l.m.. Questa differenza, infatti, potrebbe portare a diversi risultati nella nostra ricerca molto importanti per capire come la differenza di quota può influire sugli incrementi, come avviene nel sud-ovest della Germania, (van der Maaten-Theunissen, et al.2013) . A livello floristico le principali piante arboree erano il *Fagus sylvatica*, *Abies alba* e *Picea abies*, mentre il sottobosco era perlopiù assente tranne in aree aperte e radure dove erano presenti *Rubus idaeus*, *Fragaria vesca* e *Dryopteris filix-mas*.

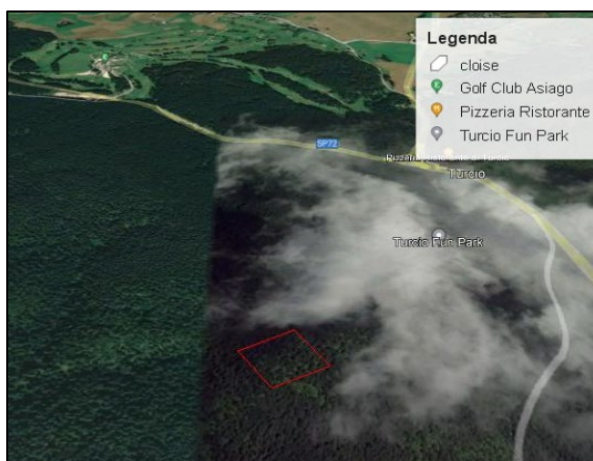


Fig7: localizzazione area1, immagine catturata con Google Earth

Fig8: localizzazione area2, immagine catturata con Google Earth



Fig9: esempio della vegetazione delle aree designate

3.4 RILIEVO IN CAMPO: CAMPIONAMENTO E ANALISI DEGLI ALBERI

Nelle due aree di studio sono stati selezionati 21 alberi dominanti o codominanti vivi, per ognuna delle due specie in esame. Gli alberi sono stati selezionati con un campionamento soggettivo, ovvero selezionando casualmente in campo ogni albero in base al suo diametro (minimo di 40 cm a 1.30m dal suolo), tralasciando gli individui meno indicativi che presentavano caratteristiche come tronchi vicini e chioma in comune, tronco troppo irregolare, evidenti cancri e biforcazioni basse. Per ognuno di questi si è effettuato un carotaggio con il Succhiello di Pressler (Fig10) a altezza 1.30m laterale per evitare ogni tipo di legno di reazione quindi si è riuscito ad estrarre un campione (carota) visibile in figura 10 che in molti dei casi finiva in concomitanza con il centro dell'albero o addirittura lo superava (circa 15/20 cm di lunghezza). Per ogni albero poi si è misurata la competizione con gli esemplari vicini misurandone la distanza (dal soggetto in carotato), il diametro (sempre a 1.30m) e individuandone la specie, per avere un dato di influenza della competizione sugli incrementi (Mina et al. 2018). I campioni selezionati hanno un codice identificativo di 7 caratteri: i primi 2 per indicare uno dei due siti CL (per il primo sito) CE (per il secondo sito), tre cifre numeriche per identificare la pianta (nella prima area, essendo una area di saggio permanente abbiamo utilizzato i numeri già presenti negli individui), mentre gli ultimi due, indicano la specie a cui appartiene l'albero e il campione AA (*Abies alba*) PA (*Picea abies*) (Fig11)



Fig10: campione estratto con Succhiello

[illegible]

Fig11: scheda di campo con dati sulla pianta esaminata e la sua competizione

3.5 ELABORAZIONE DEI DATI

3.5.1 Preparazione e lettura dei campioni

Tutti gli 84 campioni sono stati preparati per la lettura degli anelli, attraverso un processo di levigazione, che prevedeva 3 diversi tipi di carta vetrata abrasiva, utilizzate dalla più spessa alla più fine, per rendere la fine o inizio di ogni anello più visibile e nitido con l'ingrandimento dello stereoscopio, e portare la misura ad una precisione maggiore. Le carote poi sono fissate con la colla su una base in legno apposta con le fibre verticali rispetto ad essa. Allo stereoscopio, sono stati misurati gli anelli attraverso uno strumento formato da un tavolo meccanico che poteva muoversi con precisione micromillimetrica grazie ad una rotellina azionata dall'utilizzatore, il movimento veniva quindi misurato automaticamente grazie ad un macchinario, che risultava in una corretta misura di una lunghezza, che nel nostro caso era l'anello corrispondente ad un determinato anno. La misura poi attraverso l'applicazione TSAP era inserita in un database che correttamente impostato registrava tutte le misure effettuate dall'ultimo anno creando un grafico a due entrate dove si osservava l'accrescimento dell'albero anno per anno (fig13).

3.5.2 Crossdatazione delle letture

Le letture poi, divise per area e successivamente per specie, devono essere corrette per evitare di avere letture sbagliate che causerebbero problemi ai dati finali, per correggerle si utilizza COFECHA (Holmes, 1983) che analizzando le lunghezze dei dati, fa risultare un numero che indica se la misura di un determinato campione è correlata con la media di tutte. Per i dati che risultavano una correlazione inferiore al 0,500/0,600, il software indica dove sta il possibile errore ovvero se è stato tralasciato la misura di uno specifico anello, se è stato misurato un "falso anello" come anello o se il campione è privo di alcuni anelli finali. Oltre a questo metodo si può utilizzare lo stesso TSAP, dove mettendo in relazione tutti i campioni di una area della stessa specie, si individuano degli anni nei quali tutti i campioni (se corretti) hanno un minore accrescimento causato dalle avverse condizioni climatiche. Se quindi un campione sfasa di 1-2 anni, si ricerca l'errore a microscopio aggiungendo misure per anelli dimenticati o togliendo anelli per eventuali falsi anelli misurati.



Fig12: campione preparato per la lettura

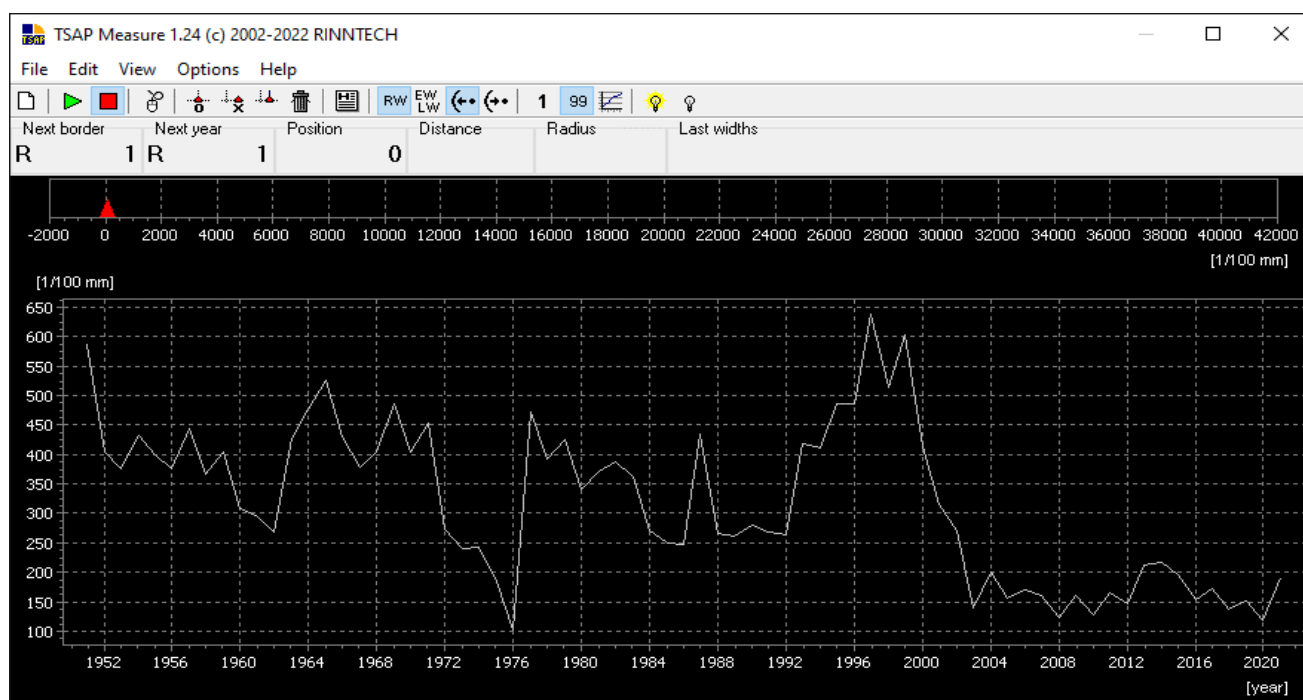


Fig13: immagine di una lettura degli anelli con TSAP

3.5.3 Calcolo Accrescimento in area basimetrica E Competizione

I dati corretti misurati sono stati elaborati con Microsoft Excel, per ogni campione si è calcolato l'incremento in area basimetrica (BAI, che sta per basal area increment), attraverso vari passaggi :

1. Si calcola il raggio (in centesimi di mm) partendo dal diametro dell'albero.
2. Si trova il raggio totale di ogni pianta per ogni anno, sottraendo al raggio totale, l'accrescimento dell'anno successivo.
3. Si calcola l'area basimetrica totale di ogni pianta in un determinato anno, trovata con la formula:
$$((PI.GRECO * raggio\ totale^2) / 1000000).$$
4. Si calcola il BAI, ovvero la differenza di area basimetrica negli anni consecutivi.

Il BAI è un dato che viene utilizzato al posto del semplice incremento diametrico perché l'incremento basimetrico, su due dimensioni, è direttamente legato all'incremento volumetrico. (West et al. 1980)

Il dato corrispondente al BAI per ogni albero calcolato è stato messo in relazione ad un valore di competizione, trovato con la formula:

$$\Sigma(diametro\ competitore / diametro\ albero\ campione) / (distanza\ tra\ i\ due + 1) = \text{valore di competizione}$$

Questa relazione è stata effettuata per ogni pianta. Per ogni sito e specie separatamente intersecando il valore del BAI nell'asse Y e il valore di competizione dell'asse X, si è creata una nuvola di punti che rappresentano la relazione tra l'incremento e la competizione.

4.RISULTATI

4.1ACCRESIMENTO MEDIO NELLE DUE AREE DI STUDIO

Alcuni dati grezzi sono stati calcolati nella tabella sottostante (tab. 3) per avere un inquadramento generale delle due aree

Dati e descrizione delle aree		
	A alba	P abies
Dati		
n. alberi per area	21	21
Anno	1922-2021	1922-2021
accrescimento radiale medio (cm)		
area 1	2,81	2,75
area 2	2,49	2,08
BAI medio (cm^2)		
area 1	26,45	26,78
area 2	23,90	18,81
Competizione media		
area1	0,97	0,83
area 2	1,10	0,80

Tab3: dati di accrescimento e competizione nelle due aree

4.2 RELAZIONE TRA BAI E COMPETIZIONE

La relazione mostra come la competizione degli individui vicini all' albero campione influisce sull'incremento radiale della pianta(espresso come BAI negli ultimi 10 anni).Osservando le figure 14,15, non si nota una diminuzione dell'incremento con l'aumentare del valore di competizione, mentre è marcata ma opposta nelle figure 16 e 17.

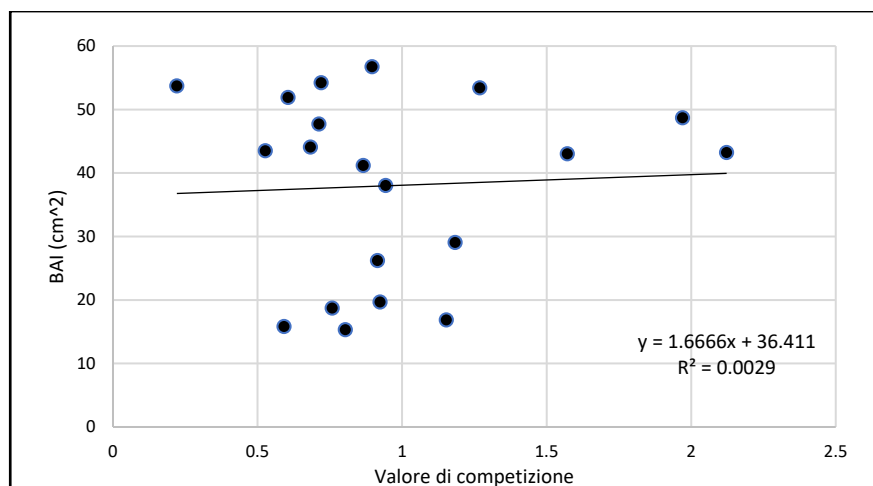


Fig14: relazione BAI contro competizione AA area 1

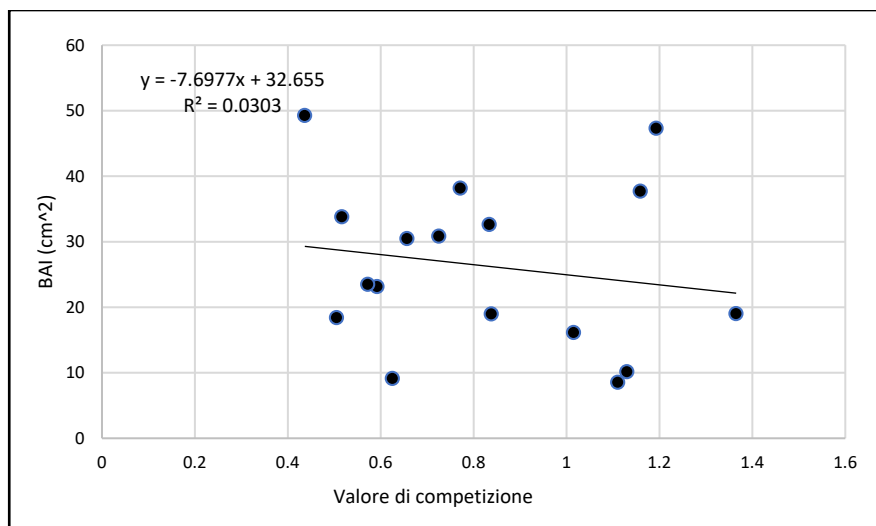


Fig15: relazione BAI contro competizione PA area 1

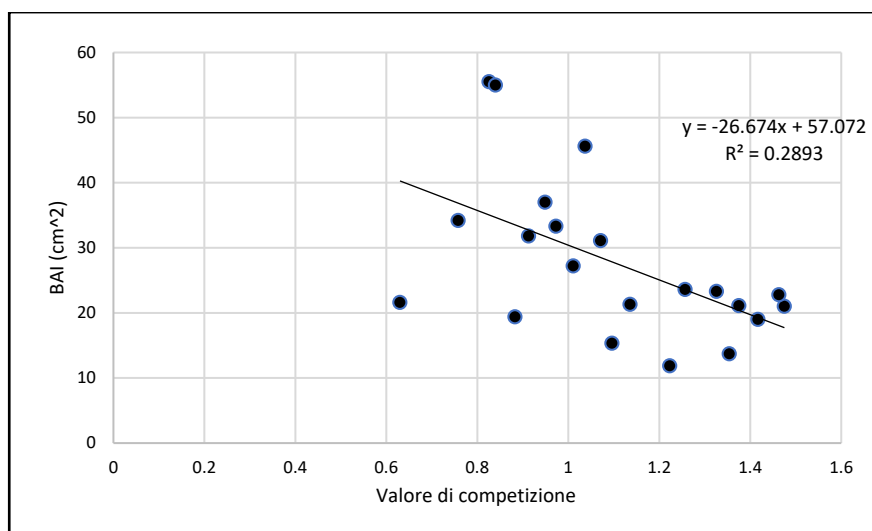


Fig16: relazione BAI contro competizione AA area 2

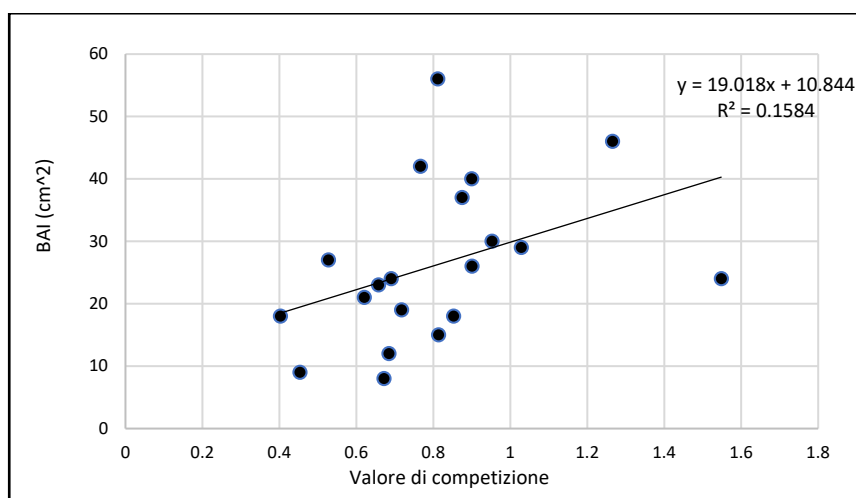


Fig17: relazione BAI contro competizione PA area 2

4.3 PICCHI NEGATIVI NEGLI ACCRESCIMENTI ANNUALI

Per avere un inquadramento generale degli accrescimenti in ogni anno, e per osservare possibili anni con picchi negativi o positivi di accrescimento, è stato creato un grafico (fig18) che esprime l'accrescimento anulare in funzione degli anni, dal 1920 al 2021 (prendendo in considerazione quindi gli ultimi 100 anni), si può osservare come negli anni di picco negativo come il 1992, il 2003, il 2006 o il 2020, tutti gli esemplari tendono ad avere un accrescimento anulare minore, ma questo è molto più accennato negli esemplari di *Picea abies*, o addirittura visibile sono su di essi (come nel 1992). Nella tabella 4 si possono osservare i valori di accrescimento medi in cm negli anni di picco negativo presi in considerazione, insieme alle percentuali che indicano la diminuzione di accrescimento dell'anno di picco negativo rispetto all'anno precedente, e la ripresa di accrescimento dall'anno successivo all'anno di picco negativo e l'anno di picco negativo. Da questa si nota che la % di diminuzione, che si utilizza per individuare più facilmente la diminuzione di accrescimento, è molto molto più alta nella *Picea abies* in tre dei quattro casi, sia nell'area 1 che 2. Solo nell'anno 2006 anche l'*Abies alba* presenta una (% di diminuzione) simile a quella della *Picea*, ma questo deve essere integrato con un altro dato ovvero la % di ripresa che nell' *Abies* è più alta .

	AA area 1	PA area1	AA area 2	PA area 2		AA area 1	PA area1	AA area 2	PA area 2
1991	2,58	2,59	2,02	1,80	2002	3,20	2,56	1,85	1,80
1992	2,72	2,2	2,26	1,56	2003	3,05	1,68	1,62	1,54
1993	2,97	2,96	2,19	1,77	2004	2,84	2,03	1,65	1,76
%diminuzione	5,42	-15,33	11,88	-13,37	%diminuzione	-4,74	-34,40	-12,36	-14,23
% ripresa	9,41	34,69	-3,33	13,23	% ripresa	-6,95	20,59	1,93	13,69
2005	2,83	2,25	1,68	1,66	2019	2,62	1,51	1,80	1,78
2006	2,35	1,81	1,37	1,41	2020	2,52	1,14	1,57	1,34
2007	2,69	1,58	1,55	1,52	2021	2,28	1,64	1,49	1,69
%diminuzione	-16,88	-19,45	-17,98	-15,48	%diminuzione	-3,84	-24,31	-12,49	-24,32
% ripresa	14,38	-12,64	12,77	8,32	% ripresa	-9,41	43,02	-5,46	26,00

Tab4: tabella con dati su accrescimenti anulari medi (in mm) degli anni con picchi negativi, e i loro precedenti e successivi. E le % di diminuzione e ripresa

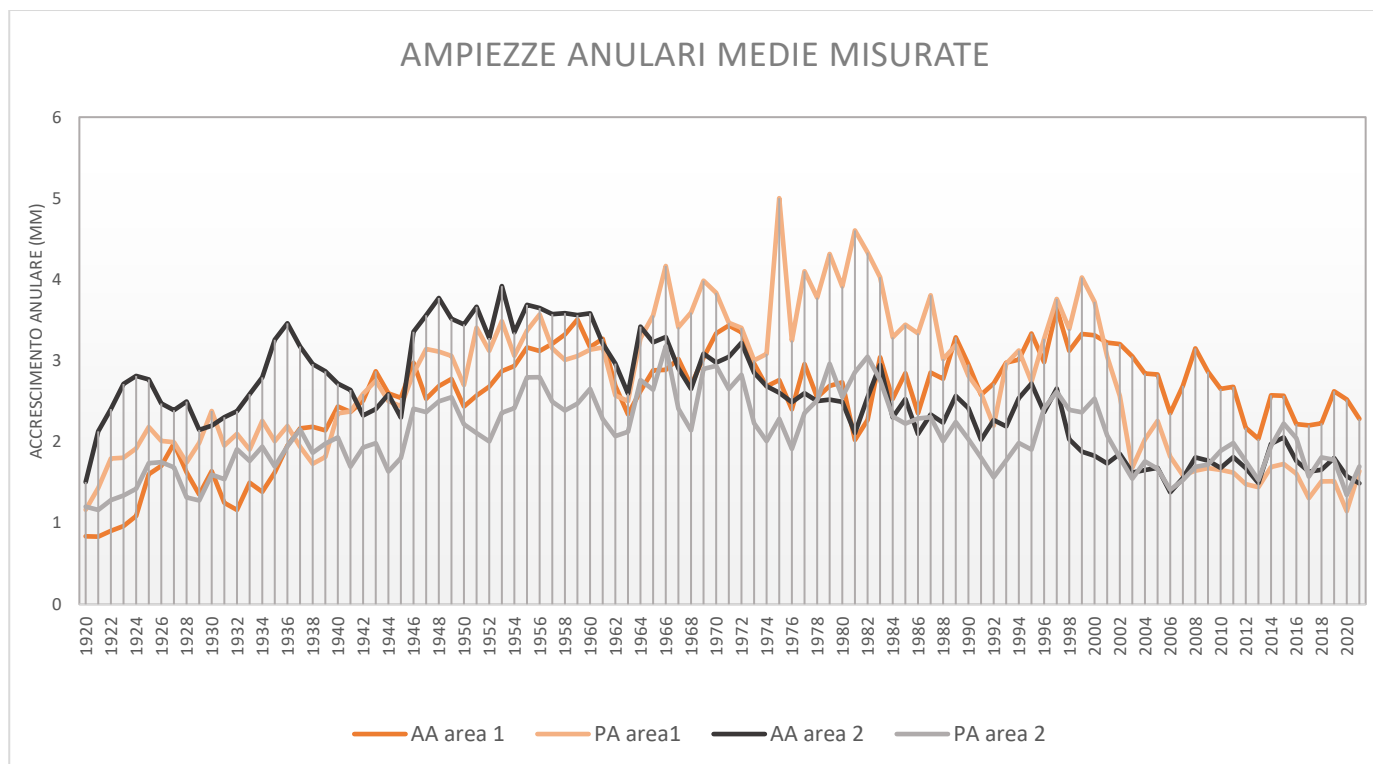


Fig18: accrescimento anulare medio delle due specie arbore in entrambe le aree campione.

4.4 BAI MEDIO E ACCRESCIMENTI MEDI DECENNALI

Qui andiamo a presentare attraverso grafici e tabelle i dati delle medie d'incremento decennali in relazione con il tempo, il confronto tra le due specie e le due aree, che permettono di valutare quale specie e in quale sito si stiano verificando aumenti o riduzioni del tasso medio di accrescimento radiale.

4.4.1 CONFRONTO TRA SPECIE IN AREA 1

Come detto in precedenza l'area 1 si trova nel comparto superiore del comparto Litiche-Cloise ad un'altitudine intorno a 1220-1250 m s.l.m. Qui sono riportati i dati elaborati con i relativi grafici. Di seguito si trovano quattro tabelle con relativi grafici. Nelle prime due, sono riportate la media di tutti i campioni di *Abies alba* della prima area (CL.....AA). La prima descrive l'accrescimento dell'area basimetrica BAI (tab 5+fig19), l'altra l'accrescimento anulare misurato attraverso l'ampiezza dagli anelli (tab6 +fig20). In entrambi i dati sono descritti considerando 10 medie decennali, così da poter osservare più chiaramente un eventuale effetto dei cambiamenti climatici degli ultimi 20/30 anni nelle 2 diverse specie, dal 1922 al 1921. Gli altri 2 grafici presenteranno le stesse tipologie di dati ma in relazione alla *Picea abies* sempre dell'area 1 (tab7+fig21) per BAI (tab8+fig22) e per accrescimento anulare.

ABIES ALBA

Anno	BAI medio (cm ²)
1922-1931	6,34
1932-1941	11,66
1942-1951	16,11
1952-1961	23,31
1962-1971	25,16
1972-1981	27,37
1982-1991	31,88
1992-2001	42,02
2002-2011	42,59
2012-2021	38,03

Tab5: dati BAI medi AA area 1

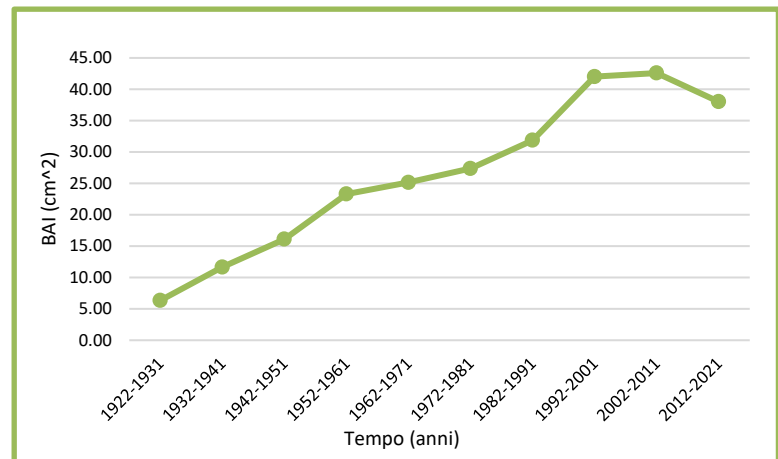


Fig19: evoluzione crescita BAI medio decennale AA area 1

Anno	Accrescimento medio (mm)
1922-1931	1,347
1932-1941	2,314
1942-1951	2,686
1952-1961	3,169
1962-1971	2,902
1972-1981	2,754
1982-1991	2,750
1992-2001	3,166
2002-2011	2,833
2012-2021	2,291

Tab6: dati accrescimento AA area 1

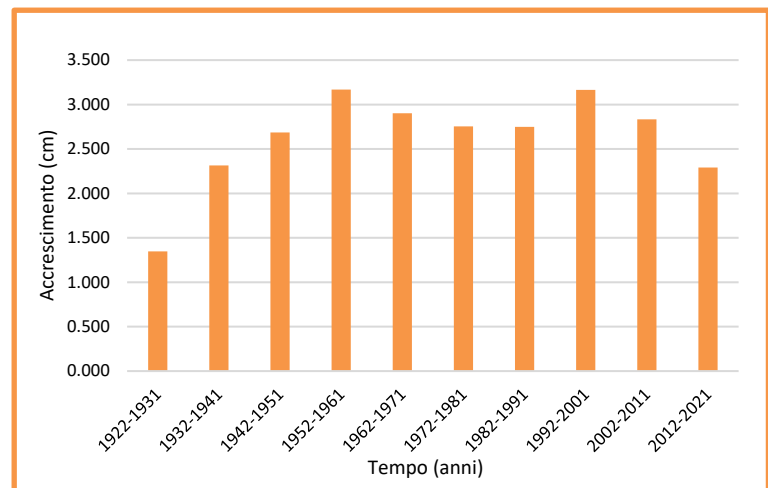


Fig20: evoluzione accrescimento radiale medio decennale AA area 1

PICEA ABIES

Anno	BAI medio (cm ²)
1922-1931	5,38
1932-1941	8,97
1942-1951	15,43
1952-1961	20,64
1962-1971	28,18
1972-1981	39,67
1982-1991	43,04
1992-2001	49,11
2002-2011	31,04
2012-2021	26,29

Tab7: dati BAI medi PA area 1.

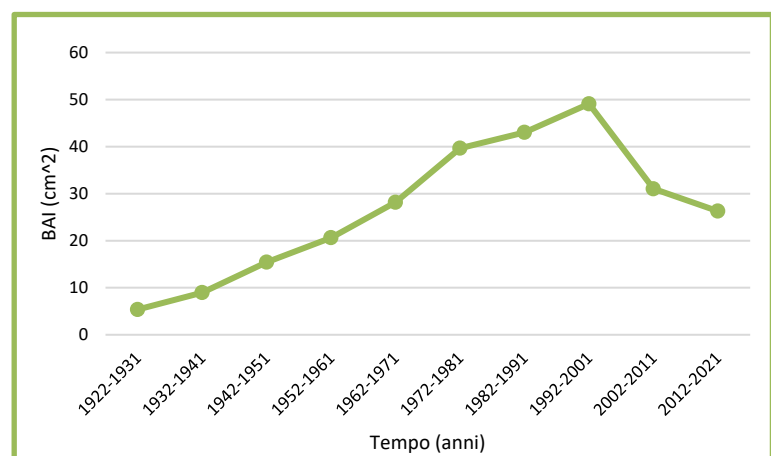


Fig21: evoluzione crescita BAI medio decennale PA area 1

Anno	Accrescimento medio (mm)
1922-1931	1,952
1932-1941	2,131
1942-1951	3,296
1952-1961	3,254
1962-1971	3,356
1972-1981	3,694
1982-1991	3,299
1992-2001	3,192
2002-2011	1,843
2012-2021	1,455

Tab8: dati accrescimento medio PA area 1

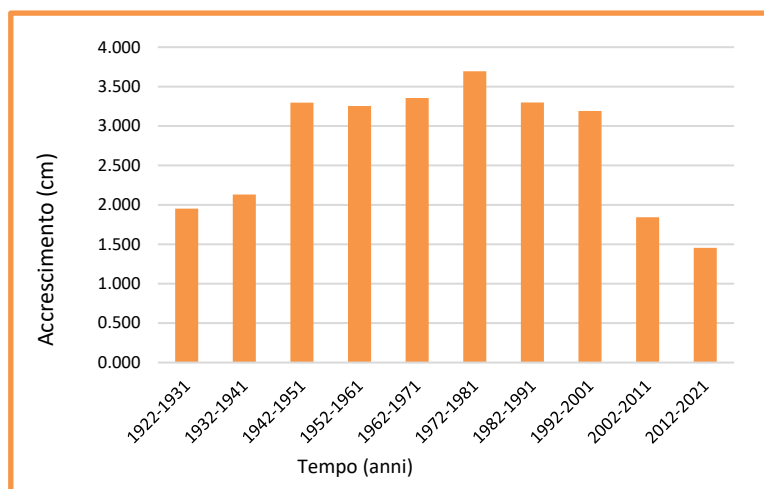


Fig22: evoluzione accrescimento radiale medio decennale PA area 1

Osservando tutti i dati si nota una diminuzione sia degli accrescimenti radiale che del BAI negli ultimi decenni in entrambe le specie, questa diminuzione però è molto più drastica e in *Picea abies* dove dagli anni 2000 si ha una riduzione del 42% dell'ampiezza degli anelli di accrescimento nel decennio 2002-2011 e del 55% nel decennio 2012-2021 rispetto al decennio 1992-2001. Anche nel BAI dove il dato dovrebbe sempre crescere in condizioni ottimali la diminuzione per il decennio 2002-2011 è del 37% e nel biennio 2012-2021 del 52% sempre rispetto al decennio 1992-2001. Questi dati si possono confrontare con l'*Abies alba* che con le stesse condizioni diminuisce "solamente" il suo accrescimento radiale dell' 11% e del 28% negli ultimi 2 decenni; mentre il BAI resta all'incirca costante (tab12). Si può notare meglio nei grafici sottostanti dove le due specie sono combinate per il BAI (fig23) per gli accrescimenti (fig24)

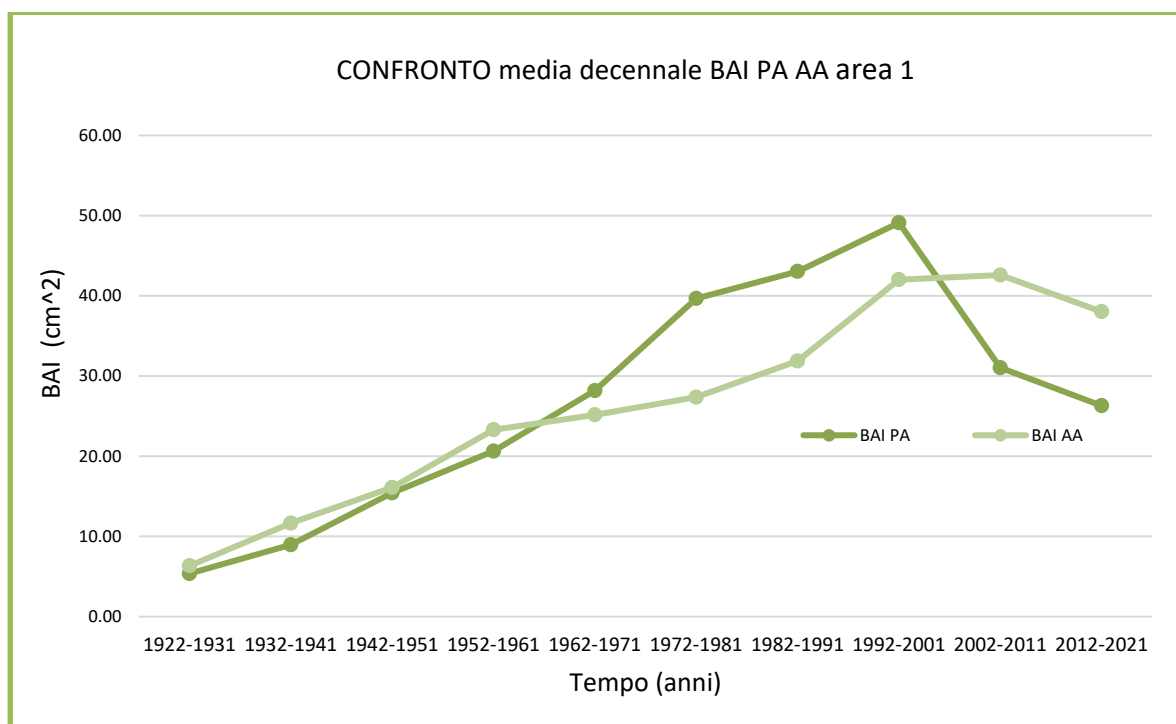


Fig23: BAI medio PA e AA area 1

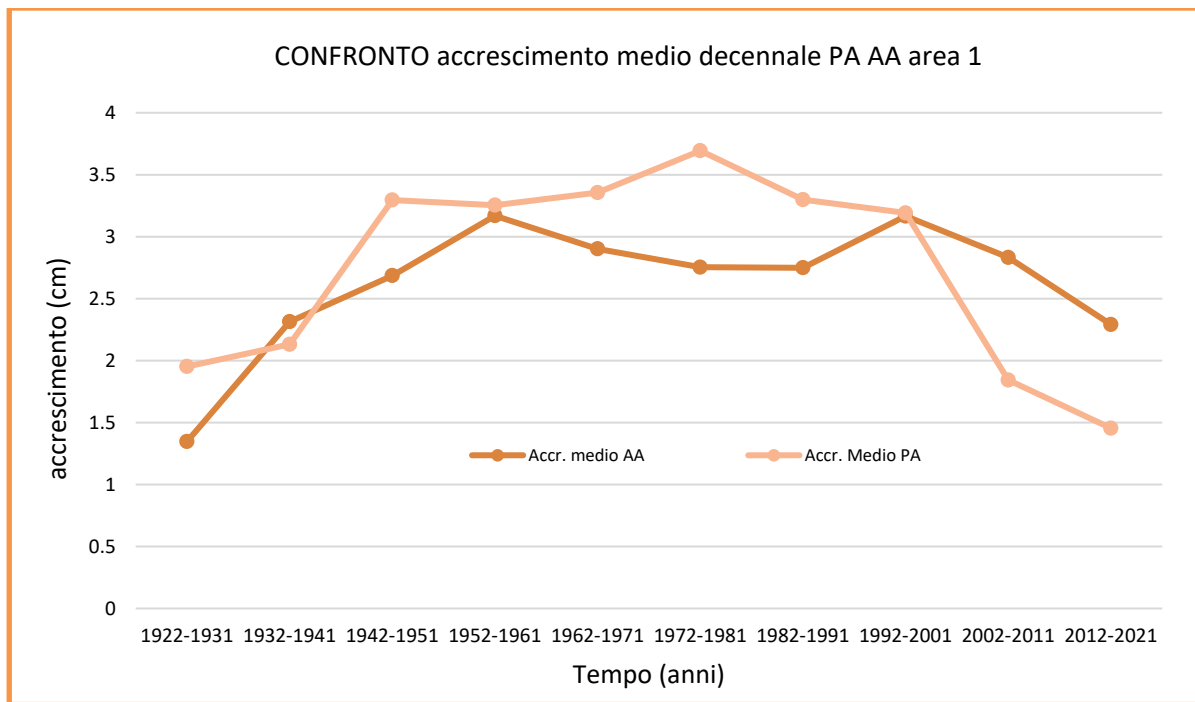


Fig24: accrescimento anulare medio AA e PA area 1

4.4.2 CONFRONTO TRA SPECIE IN AREA 2

La seconda area si trova invece al fondovalle del comparto Litiche-Cloise ad un altitudine di 1080-1100 m s.l.m. Qui sono riportati i dati elaborati con i relativi grafici. Nelle prime due tabelle, sono riportate la media di tutti i campioni di *Picea abies* della seconda area (CE.....PA). La prima descrive l'incremento dell'area basimetrica (BAI) (Tab9+Fig25), l'altra descrive accrescimento radiale attraverso la lunghezza misurata direttamente dagli anelli (Tab 10+Fig26). Gli altri 2 grafici invece saranno uguali ma come soggetto presentano l'*Abies alba* sempre dell'area 2. (tab11+Fig27) per BAI. (tab12+Fig28) per accrescimento.

PICEA ABIES

ANNO	BAI medio (cm ²)
1922-1931	6,50
1932-1941	8,80
1942-1951	10,70
1952- 1961	15,50
1962-1971	20,50
1972-1981	23,70
1982-1991	25,90
1992-2001	27,30
2002-2011	23,00
2012-2021	26,20

Tab 9: dati BAI medi PA area 2

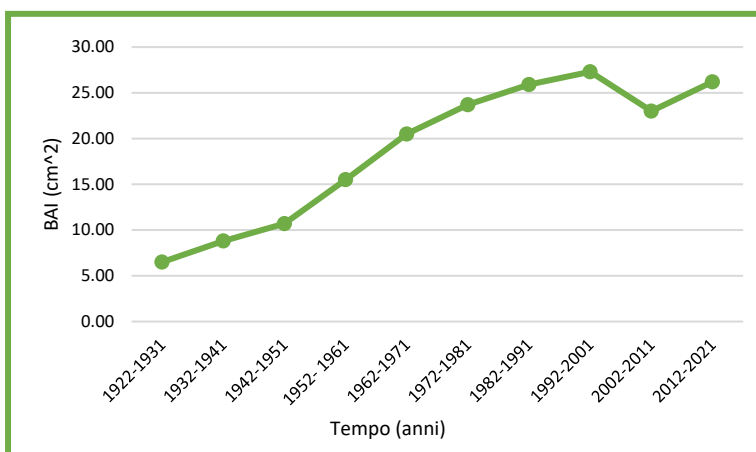


Fig25: evoluzione crescita BAI medio decennale PA area 2

ANNO	Accrescimento medio (cm)
1922-1931	1,5
1932-1941	1,88
1942-1951	1,93
1952- 1961	2,46
1962-1971	2,58
1972-1981	2,45
1982-1991	2,31
1992-2001	2,17
2002-2011	1,7
2012-2021	1,78

tab 10: dati accrescimenti medi PA area 2

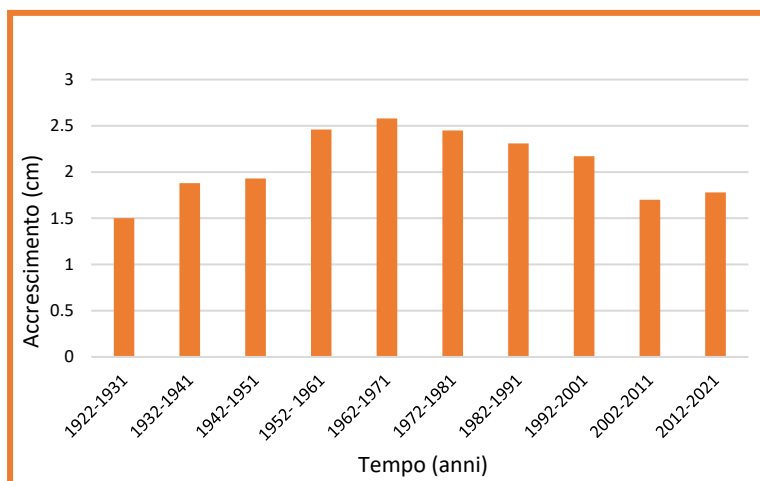
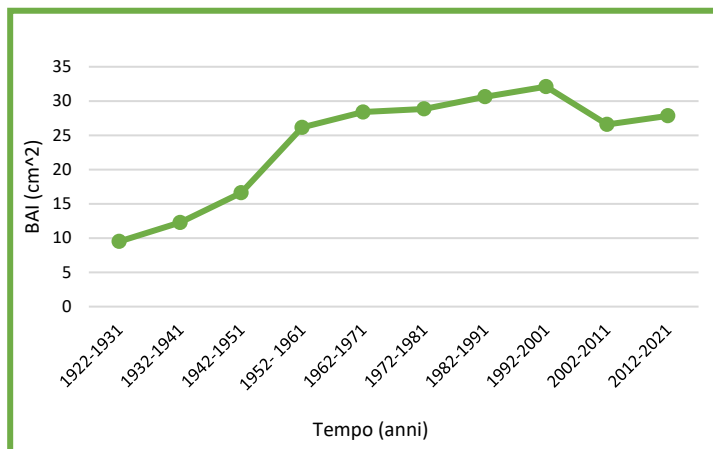


Fig26: evoluzione accrescimento radiale medio decennale PA area 2

ABIES ALBA

ANNO	BAI medio (cm ²)
1922-1931	9,51
1932-1941	12,28
1942-1951	16,61
1952- 1961	26,15
1962-1971	28,4
1972-1981	28,85
1982-1991	30,63
1992-2001	32,1
2002-2011	26,59
2012-2021	27,84



Tab 11: dati BAI medio AA area 2

ANNO	Accrescimento medio (cm)
1922-1931	2,12
1932-1941	2,9
1942-1951	2,74
1952- 1961	3,54
1962-1971	3,02
1972-1981	2,61
1982-1991	2,4
1992-2001	2,22
2002-2011	1,69
2012-2021	1,68

Tab 12: dati accrescimenti medi AA area 2

Fig27: evoluzione crescita BAI medio decennale AA area 2

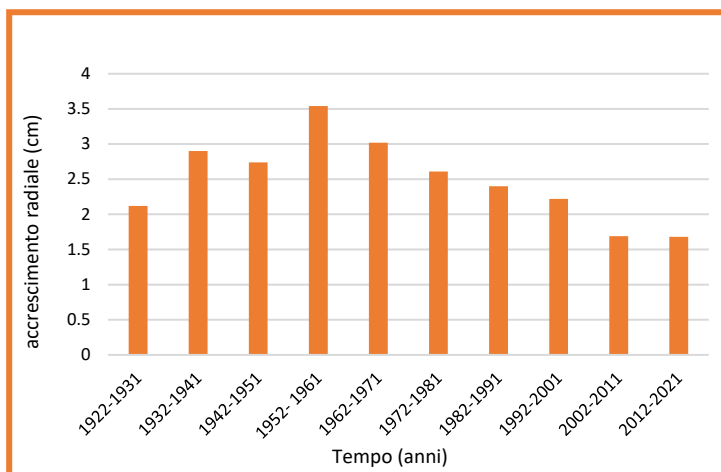


Fig28: evoluzione accrescimento radiale medio decennale AA area 2

Come si può notare dai dati delle tabelle e dai grafici sovrastanti in questa area una ripresa degli incrementi (accrescimento radiale e BAI) nell'ultimo decennio non conferma quanto osservato nell'area 1. Nel decennio 2002-2011 però si vede una riduzione degli incrementi infatti l' accrescimento radiale medio della *Picea abies* diminuisce del 22% mentre il BAI medio del 15%. Una riduzione minore che nell'area 1 ma pur sempre evidente. Anche l'*Abies alba* diminuisce l'incremento radiale medio del 24% mentre il BAI medio del 17% (tab13). La differenza tra le due specie si osserva bene dei grafici (Fig29 e Fig30) che li mettono in relazione.

Diminuzione crescita %rispetto al decennio 1992-2001		PA		AA	
		2002-2001	2012-2021	2002-2001	2012-2021
AREA 1	BAI	-36,79%	-46,47%	+1,36%	-9,50%
	accr. Radiale	-42,26%	-54,42%	-10,52%	-27,64%
AREA 2	BAI	-15,75%	-4,03%	-17,17%	-13,27%
	accr. Radiale	-21,66%	-17,97%	-23,87%	-24,32%

Tab 13: tabella con dati di diminuzione crescita in percentuale

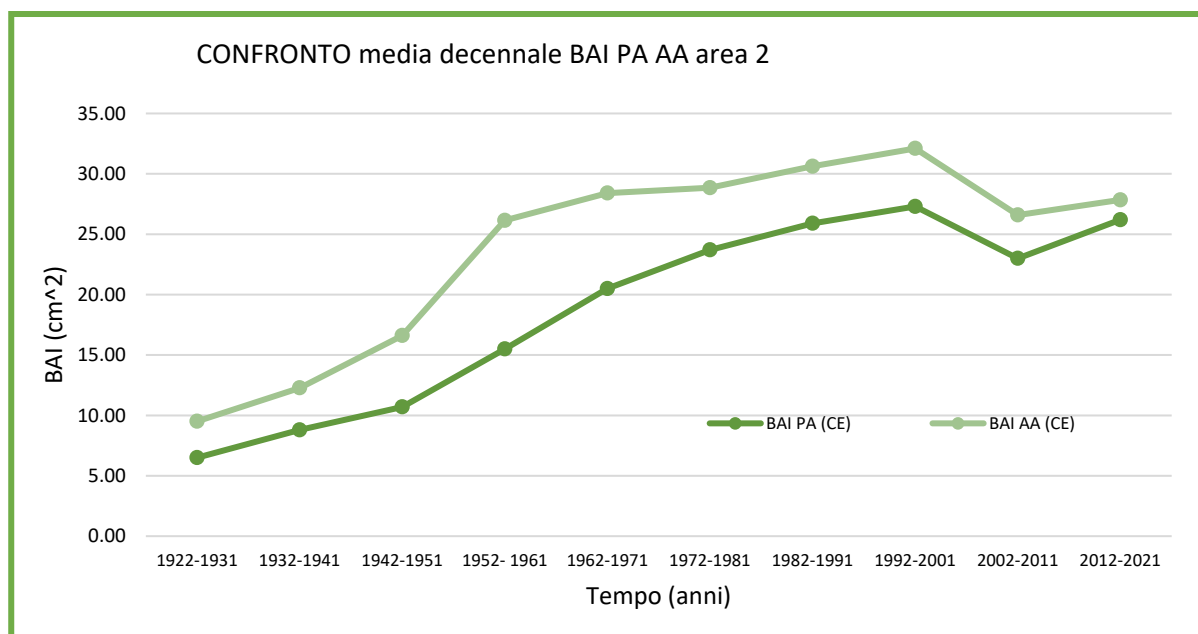


Fig29: BAI medio PA e AA area 2

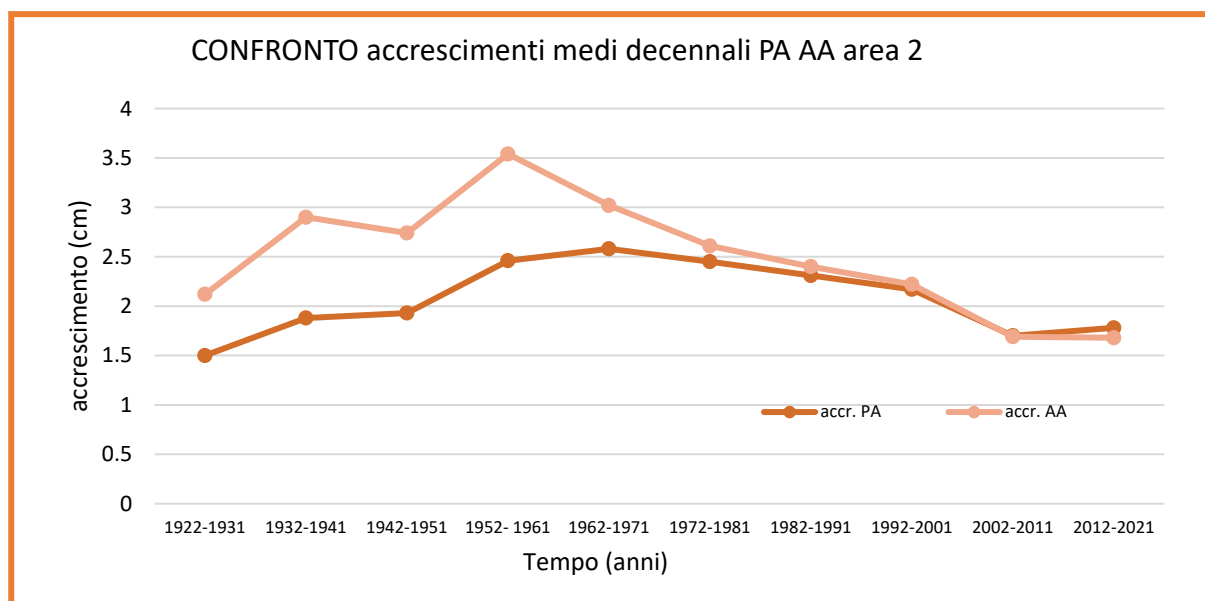


Fig30: accrescimento radiale medio AA e PA area 2

4.4.3 CONFRONTO TRA LE AREE

I grafici in figura 31 e 32 mostrano un confronto degli incrementi (in accrescimento radiale e BAI) della stessa specie nelle 2 aree diverse. In questi grafici si può notare come la stessa specie in condizioni stagionali diverse abbia incrementi diversi, si nota che l'area 2 l'abete rosso ha sempre presentato incrementi minori rispetto all'area 1, in tutti i decenni tranne nell'ultimo 2012-2021 dove il BAI si equivale. Per l'abete bianco il dato è più complesso, si legge infatti che l'incremento è simile nel passato ma c'è un aumento significativo nel decennio 1992-2001 nell'area 1 e una diminuzione dell'incremento solo nell'ultimo decennio, mentre nell'area due la diminuzione comincia già dal 2002, ma entrambe non sono drastiche come per l'abete rosso.

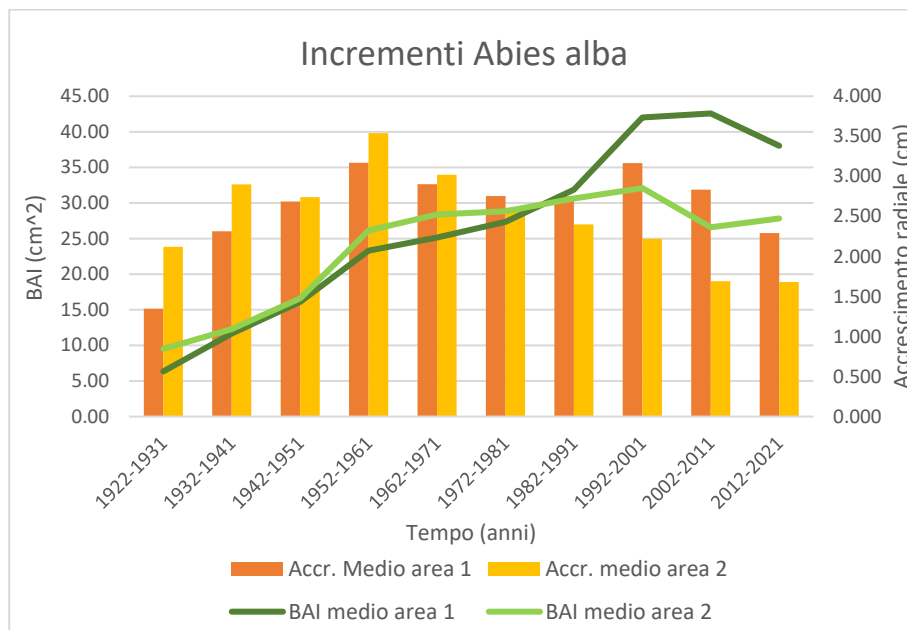


Fig31: relazione tra gli incrementi di Abies alba

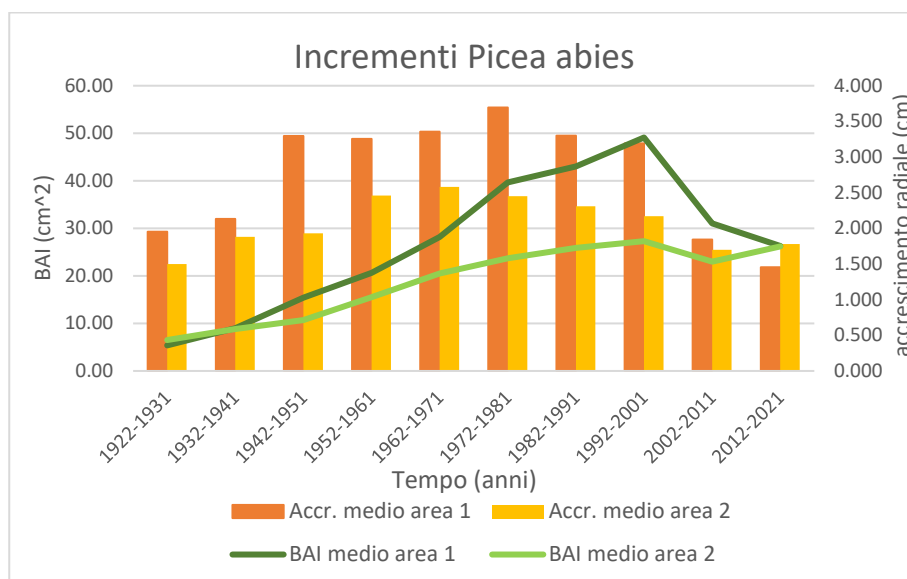


Fig32: relazione tra incrementi di Picea abies

5. DISCUSSIONI

5.1 RELAZIONE TRA BAI E COMPETIZIONE

La mancata diminuzione dell'incremento con l'aumentare del valore di competizione visibile nelle fig 14-15-17 è spiegabile dal fatto che sono state selezionate piante dominanti o co-dominanti, per cui abbiamo una mancanza di dati sulle dominate e sottoposte, ciò non permette di avere un'immagine completa della popolazione. Nel caso del nostro studio il fatto che la competizione sia simile tra le due specie e le due aree permette di escluderla dai fattori che spiegano le differenze tra accrescimenti tra sito e specie negli ultimi 10 anni. Perciò le condizioni ambientali, tra tutte l'aumento di temperatura, sono più influenti sulla diversità degli accrescimenti.

5.2 PICCHI NEGATIVI NEGLI ACCRESCIMENTI RADIALI

Come ben visibile nella tabella 3, le percentuali di riduzione degli accrescimenti nei picchi negativi indicano che negli anni con il clima più avverso è proprio la *Picea abies* che soffre maggiormente rispetto all' *Abies alba*. A differenza della percentuale di diminuzione che è direttamente proporzionale alla risposta della pianta, (se è molto negativa la pianta soffre di più), la percentuale di ripresa è più complessa. Infatti vediamo quasi sempre un valore maggiore nella *Picea abies* ciò non significa che questo sia più resiliente, ovvero abbia maggiori capacità di tornare alla crescita "normale" dopo un picco negativo, dato che se proprio nell'anno incriminato presenta una diminuzione sostanziale, e per questo presenterà un dato di percentuale di ripresa elevato. Bisogna quindi considerare anche l'effettiva crescita in mm (sempre presente in tabella), essa ci dimostra come tende a tornare ai valori di crescita dell'anno precedente al picco sia nella *Picea abies* che nell'*Abies alba*; questo è visibile in tre su quattro degli esempi, tranne nel triennio 2005/2006/2007, dove sommato al fatto che in nel 2006 (anno di picco) anche *Abies alba* ha una percentuale di diminuzione elevata simile alla *Picea abies*, è quindi un dato meno rappresentativo.

5.3 ANDAMENTO DEGLI INCREMENTI MEDI DECENNALI

Nella prima area si nota, che l'abete rosso fino ai primi anni 2000 presentava un incremento di area basimetrica annuale (BAI) maggiore rispetto all' abete bianco. Questo e le caratteristiche fisico meccaniche della specie spiegano perché dal dopoguerra fino allo scorso decennio si tendeva a piantare abete rosso. Lo studio mostra come l'abete bianco dal decennio 2002-2011, oltre ad aver avuto una riduzione minore di accrescimento (in mm) e di BAI (cm²), da quasi 20 anni, ovvero dagli inizi del decennio 2002-2011, presenta incrementi maggiori quindi è effettivamente più produttivo a livello di massa legnosa, a basse quote nell'altopiano di Asiago.

Nella seconda area i dati di accrescimento dell'incremento del decennio 2002-2011 e trend simili tra le due specie, e ciò può essere spiegato dal fatto che la seconda area si trova a quote più basse rispetto all'area uno, (circa 120/150 m di dislivello). Questo può essere dovuto all'abete bianco che soffre di più l'aumento di temperature e siccità a queste quote dal decennio 2002-2021 oppure all'abete rosso che già in tutti i decenni precedenti misurati, ovvero dal decennio 1922.1931 presentava un incremento annuale (BAI e accrescimento radiale) minore al bianco come si può vedere in nei grafici che li mettono in relazione (fig 29 e fig 30) e quindi era già in una situazione di stress ambientale maggiore.

Osservando i valori della stessa specie messi a confronto nelle due aree (fig 31- fig32) si può affermare che per la specie abete rosso la diminuzione dell'incremento annuale dal decennio 2002-2011 abbia avuto effetto sull'area 1 in quantità maggiore rispetto all'area 2, probabilmente perché fino ai primi anni 2000 l'area 1 era climaticamente ideale per la crescita dell'abete rosso (si nota la differenza di crescita con l'abete bianco in quell'area in figura 23). Inoltre è presente un maggior incremento rispetto all'area 2 nella stessa specie. Inversamente nell'area 2 il peccio già presentava una condizione di sofferenza visibile dal fatto che la crescita è sempre (in tutti i decenni) stata minore rispetto all'abete bianco (fig. 9) e come appena detto minore anche alla stessa specie presente nell'area 1 (fig30). L'abete bianco non presenta una drastica diminuzione dell'incremento annuale nell'ultimo ventennio in nessuna delle due aree. Negli ultimi decenni nell'area 1 messo a confronto con l'abete rosso sembra essere più resistente (fig23) mentre come si osserva dal grafico (fig29) in tutti gli anni di studio nell'area 2 ha avuto sempre un incremento maggiore.

Nell'area 2 il BAI non solo è uguale all'area 1 nell'ultimo decennio, ma è in crescita rispetto al decennio precedente. Ciò può essere spiegato da un diradamento effettuato nel 2006, infatti si può osservare come in tutte e due le specie gli incrementi aumentano di molto. Nonostante questo, si ipotizza, osservando la diminuzione dell'accrescimento più drastica nella prima area durante il decennio 2002-2012, che il dato del BAI nell'area seconda nell'ultimo decennio sia solo in piccola proporzione minore rispetto a quello dell'area 1, perché come già detto, l'area non è mai stata ideale per la crescita dell'abete rosso.

6.CONCLUSIONI

Lo studio dimostra come nell'Altopiano di Asiago a basse-medie quote i cambiamenti climatici hanno influito sulle specie esaminate. Più precisamente per *Picea abies* è chiara la diminuzione degli incrementi calcolato come BAI negli ultimi 20 anni in una delle due aree analizzate arriva al 46%, mentre per *Abies alba* la diminuzione dell'incremento (BAI) è effettivamente minore, con picco massimo al 17% e individuabile solo negli ultimi 10 anni. Questo in relazione con l'aumento delle temperature determina che l'abete bianco produce più legno ed è più ecologicamente sostenibile dell'abete rosso. In futuro, con l'aumento delle temperature, si prevede che l'abete bianco possa garantire accrescimenti maggiori e più costanti, mentre l'abete rosso subirà una diminuzione degli accrescimenti sempre maggiore.

7.BIBLIOGRAFIA

Castagneri, D., Nola, P., Motta, R., & Carrer, M. (2014). Summer climate variability over the last 250 years differently affected tree species radial growth in a mesic *Fagus–Abies–Picea* old-growth forest. *Forest Ecology and Management*, 320, 21-29.

Čermák, P., Mikita, T., Kadavý, J., & Trnka, M. (2021). Evaluating Recent and Future Climatic Suitability for the Cultivation of Norway Spruce in the Czech Republic in Comparison with Observed Tree Cover Loss between 2001 and 2020. *Forests*, 12(12), 1687.

Mina, M., del Río, M., Huber, M. O., Thürig, E., & Rohner, B. (2018). The symmetry of competitive interactions in mixed Norway spruce, silver fir and European beech forests. *Journal of Vegetation Science*, 29(4), 775-787.

Pianificazione forestale e di indirizzo territoriale dell'Altopiano di Asiago by P. Corona, G. Carraro, L. Portoghesi, R. Bertani, M. Dissegna, B. Ferrari, M. Marchetti, G. Fincati, A. Alivernini

Salvadori, C., G. Tolotti, and M. Confalonieri. "Danni da bostrico tipografo: una delle pesanti conseguenze della tempesta Vaia." (2021): 14-15.

Udali, A., Andrighetto, N., Grigolato, S., & Gatto, P. (2021). Economic impacts of forest storms—Taking stock of after-vaia situation of local roundwood markets in northeastern Italy. *Forests*, 12(4), 414.

Van der Maaten-Theunissen, M., Kahle, H.P., & van der Maaten, E. Drought sensitivity of Norway spruce is higher than that of silver fir along an altitudinal gradient in southwestern Germany. *Annals of Forest Science* 70, 185–193 (2013).

Vitali, Valentina, Ulf Büntgen, and Jürgen Bauhus. "Silver fir and Douglas fir are more tolerant to extreme droughts than Norway spruce in south-western Germany." *Global change biology* 23.12 (2017): 5108-5119.

West, P. W. "Use of diameter increment and basal area increment in tree growth studies." Canadian Journal of Forest Research 10.1 (1980): 71-77.

<https://it.climate-data.org/europa/italia/veneto/asiago-13704/>

https://www.arpa.veneto.it/bollettini/storico/2021/0218_2021_PREC.htm

<https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/open-data/clima/principali-variabili-meteorologiche>

8.INDICE TABELLE

Tab1: dati pluviometri altopiano di Asiago:media precipitazioni dal 1994 al 2021

Tab2: dati di temperatura media mensili altopiano di Asiago: dal 1994 al2021

Tab3: tabella con dati su accrescimenti anulari degli anni con picchi negativi, e i loro precedenti e successivi.
E le % di diminuzione e ripresa

Tab4: dati generali selvicolturali del popolamento

Tab5: dati BAI medi AA area 1

Tab6: dati accrescimento AA area 1

Tab7: dati BAI medi PA area 1.

Tab8: dati accrescimento medio PA area 1

Tab9: dati BAI medi PA area 2

Tab10: dati accrescimenti medi PA area 2

Tab11: dati BAI medio AA area 2

Tab12: dati accrescimenti medi AA area 2

Tab13: tabella con dati di diminuzione crescita in percentuale

9.INDICE FIGURE

Fig1: immagine localizzazione dell'Altopiani di Asiago

fig2 dati stazione climatica

Fig3: istogramma rappresentativo delle quantità di precipitazioni.

Fig4: grafico che indica le minime, massime e medie temperature medie mensili medie.

Fig5: storico sulle precipitazioni medie

Fig6: storico delle temperature medie medie

Fig7: localizzazione area1

Fig8:localizzazione area2

Fig9: foto esempio della vegetazione delle aree designate

Fig10: campione "carota" estratta

Fig11: scheda di campo con dati sulla pianta esaminata e la sua competizione

Fig12: campione preparato per la lettura

Fig13: immagine di una lettura degli anelli con TSAP

Fig14: relazione BAI contro competizione AA area 1

Fig15: relazione BAI contro competizione PA area 1

Fig16: relazione BAI contro competizione AA area 2

Fig17: relazione BAI contro competizione PA area 2

Fig18: accrescimento anulare medio delle due specie arbore in entrambe le aree campione.

Fig19: evoluzione crescita BAI medio decennale AA area 1

Fig20: evoluzione accrescimento medio decennale AA area 1

Fig21: evoluzione crescita BAI medio decennale PA area 1

Fig22: evoluzione accrescimento medio decennale PA area 1

Fig23: BAI medio PA e AA area 1

Fig24: accrescimento anulare medio AA e PA area 1

Fig25: evoluzione crescita BAI medio decennale PA area 2

Fig26: evoluzione accrescimento medio decennale PA area 2

Fig27: evoluzione crescita BAI medio decennale AA area 2

Fig28: evoluzione accrescimento medio decennale AA area 2

Fig29: BAI medio PA e AA area 2

Fig30: accrescimento radiale medio AA e PA area 2

Fig31: relazione tra gli incrementi di Abies Alba

Fig32: relazione tra incrementi di Picea abies

10.RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare il mio relatore il dottor Daniele Castagneri per avermi dato l'opportunità di svolgere questo lavoro di tesi e la sua disponibilità durante la raccolta, l'analisi dei dati e la stesura della tesi . Volevo ringraziare anche la dottoressa Paulina Puchi per l'aiuto fondamentale con i Software per l'elaborazione dei dati.

Ringrazio infinitamente la mia famiglia che durante tutto il mio percorso di studi mi ha sostenuto sempre, permettendomi di portare a termine gli studi universitari.

Ringrazio poi mio fratello Andrea e Nicola per avermi aiutato durante le analisi in campo ed avermi supportato e spronato non solo durante il lungo il percorso finale, ma anche in tutti gli anni precedenti.

Ringrazio tutti i miei compagni di corso in particolare Giacomo e Leonardo con i quali ho condiviso l'intero percorso universitario. Grazie e con loro sono riuscito a superare anche le prove più ardue.

Ringrazio infine Davide S., Leonardo M., Andrea S., Edoardo B., Davide L., Edoardo M., e Manuel F, per essere stati sempre presenti nel momento del bisogno. Grazie per tutti i momenti di spensieratezza.