



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE FORESTALI DEI SUOLI E DEL PAESAGGIO
(LM 73)

**Sensività climatica del pino nero (*Pinus nigra*
Arn.) nella foresta demaniale delle Cesane (PU)**

Climatic sensitivity of black pine (*Pinus nigra*
Arn.) in the Cesane Regional forest (PU)

TIPO TESI: sperimentale

Tesi di:
SIMONE FABBRI

Relatore:
PROF. CARLO URBINATI

Correlatore:
DOTT. ENRICO TONELLI

ANNO ACCADEMICO 2022-2023
Sessione ottobre 2023

Sommario

1 - INTRODUZIONE.....	2
1.1 - Contestualizzazione della tesi.....	2
1.2 - Il pino nero.....	2
1.2.1. - Inquadramento sistematico e areale.....	3
1.2.2. - Caratteristiche morfologiche e fenologia.....	5
1.2.3. - Caratteri fitogeografici ed esigenze ecologiche.....	8
1.2.4. - Il pino nero in Italia e nelle Marche.....	9
1.2.5. - Minacce biotiche e abiotiche.....	13
1.2.6. - Legno, assortimenti ed usi.....	21
2. - AREA DI STUDIO.....	24
2.1. - Caratteri ambientali dell'area.....	24
2.1.1. - Assetto geolitologico e pedologico.....	26
2.1.2. - Caratteri climatici e bioclimatici.....	28
2.1.3. - Caratteri vegetazionali e faunistici.....	29
2.1.4. - Foreste e loro gestione.....	31
2.2 Obbiettivi della tesi.....	39
3. - MATERIALI E METODI DI ANALISI.....	40
3.1. - Protocollo di campionamento in campo.....	40
3.1.1. - Rilevamento parametri dendrometrici.....	42
3.1.2. - Prelievo campioni legnosi.....	43
3.2. - Preparazione dei campioni per analisi dendrocronologica.....	43
3.3. - Calcolo e analisi dei parametri stazionali e dendrometrici.....	43
3.4. - Misurazione anelli legnosi e analisi dendrocronologica.....	44
3.5. - Calcolo e analisi delle relazioni fra variabili climatiche e accrescimento radiale.....	46
4. - RISULTATI E DISCUSSIONE.....	48
4.1. - Assetto compositivo e dendrometrico-strutturale delle cenosi di pino nero.....	48
4.2. - Dinamiche di accrescimento radiale del pino nero alle Cesane e in Appennino centrale.....	53
4.3. - Relazioni clima-accrescimento e sensibilità del pino nero delle Cesane.....	63

4.4. – Relazioni clima-accrescimento e sensitività del pino nero nell'Appennino centrale.....	67
5. - CONCLUSIONI	72
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	74
SITOGRAFIA	77
ALLEGATO 1 - Rimboschimenti e attuale stato.....	78
Storia dei rimboschimenti in Italia.....	78
Rimboschimenti nelle Marche	80
ALLEGATO 2 - Il grande incendio delle Cesane (2017)	84
ALLEGATO 3 - Approfondimento caratteri idrologici del Monte delle Cesane	90
ALLEGATO 4 - Evoluzione climatica nel territorio di Urbino dal 1921 al 2021	93

1 - INTRODUZIONE

1.1 - Contestualizzazione della tesi

Il seguente studio di tesi si inserisce all'interno di una convenzione stipulata tra l'Area Sistemi Forestali del D3A- UNIVPM e l'Unione Montana Alta Valle del Metauro, finalizzata allo “*Studio delle dinamiche post-disturbo nell'area incendiata della Foresta Demaniale Regionale delle Cesane, con definizione di ipotesi di valorizzazione globale del complesso forestale demaniale, compresa la realizzazione di un'area formativa per la simulazione di tecniche di gestione forestale sostenibile (martelloscopio)*”.

L'area di studio interessata è la foresta demaniale delle Cesane, situata nell'omonimo rilievo montuoso tra Fossombrone e Urbino, al limite del bacino del Metauro, e caratterizzata dalla estesa presenza di rimboschimenti a prevalenza di pino nero effettuati nel secolo scorso. La diffusa presenza di boschi di conifere nelle Cesane è ormai un elemento caratterizzante del paesaggio locale (soprattutto durante l'inverno) e un valore aggiunto per la fruizione turistico-ricreativa che svolge. Peraltro, la prevalente presenza, spesso monospecifica, del pino nero e della sua sensibilità a numerosi e sempre più frequenti disturbi ecologici (es. stress climatici, insetti defogliatori, incendi) esigono una complessiva valutazione delle condizioni vegetative della specie in questo territorio. Informazioni sullo stato vegetativo attuale e dinamiche di accrescimento della specie, sono pertanto utili per poter effettuare appropriati interventi selvicolturali nell'ambito dei piani di assestamento forestale, con il fine di garantire adeguati assetti strutturali e la conseguente multifunzionalità nonché quella identità vegetazionale che, se bene antropogena, caratterizza la foresta delle Cesane nelle Marche e non solo.

1.2 - Il pino nero

Il pino nero (*Pinus nigra* J.F.Arnold, 1785) è una specie arborea della famiglia delle *Pinaceae*; ha un carattere pioniero poiché riesce ad insediarsi facilmente nelle fasi iniziali delle successioni ecologiche su suoli poco profondi e poveri di sostanze nutritive, quali di recente formazione, quelli derivanti da frane o colate laviche, dune costiere o quelli percorsi da incendio. Questa specie nel corso della sua esistenza è in grado di modificare poi il suolo, rendendolo più adatto all'ingresso di specie intermedie più esigenti (Enescu, 2016). Inoltre, è considerata in Italia una specie relitta ovvero tipica di un areale più ampio di quello attuale ed è stata confinata in quest'ultimo a seguito di eventi che ne hanno causato l'estinzione altrove.

1.2.1. - Inquadramento sistematico e areale

In merito alla distribuzione, si ritiene che i cicli glaciali che hanno plasmato il Quaternario in Europa siano responsabili dell'attuale areale del pino nero, in particolar modo si ritiene che abbia subito una sostanziale diminuzione come conseguenza del riscaldamento climatico all'inizio dell'Olocene e dell'aumento delle attività umane durante gli ultimi millenni (Enescu, 2016).

Pertanto, l'areale è molto discontinuo, ma ampio tanto che va dal Nord Africa occidentale fino all'Asia minore coprendo circa 3,5 milioni di ettari, ma la più ampia distribuzione è in Turchia (2,5 milioni di ettari) (Figura 1.1).

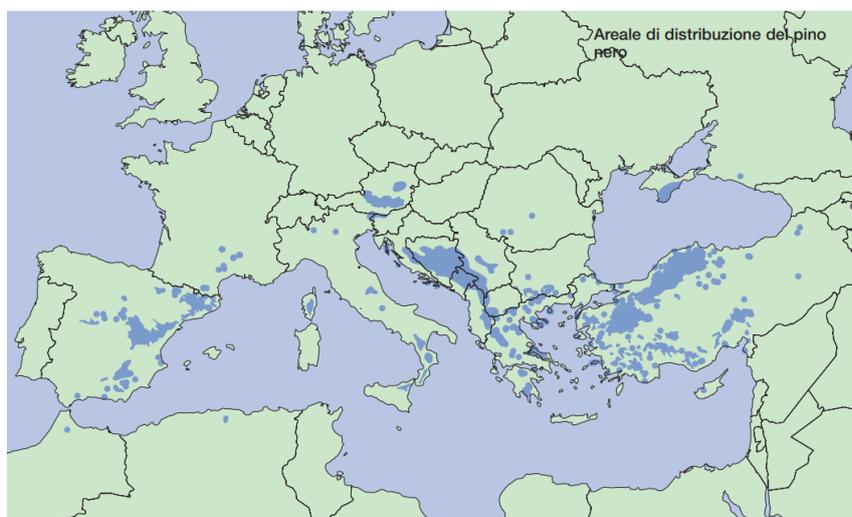


Figura 1.1 - Areale di distribuzione di *Pinus nigra* (Fonte: Euforgen, 2009).

Da un punto di vista sistematico, diversi autori hanno proposto differenti sottospecie di *P. nigra*.

Secondo Isajev et al. (2009) si possono distinguere sei principali sottospecie di *P. nigra*:

- *Pinus nigra mauretanica* (Maire et Peyerimh.) Heywood sulle coste dell'Africa nord-ovest (Marocco e Algeria);
- *Pinus nigra salzmannii* (Dunal) Franco (syn: *P. n. clusiana*, *P. n. pyrenaica*), volgarmente chiamato pino dei Pirenei perché presente sull'omonima catena montuosa e più frequentemente nel resto della Spagna;
- *Pinus nigra laricio* (Poiret) in Corsica, in Sicilia e Calabria (dove è identificato anche come *P. n. l. calabrica*, pino calabrese);
- *Pinus nigra nigra* (syn: *P. n. austriaca* Höss, *P. n. nigricans* Host, pino austriaco) si trova dall'Italia nell'Appennino alla Grecia settentrionale;
- *Pinus nigra dalmatica* (Vis.) Franco, il pino Dalmata, sulle poche isole a largo delle coste della Croazia e sui versanti meridionali delle Alpi Dinariche;
- *Pinus nigra pallasiana* (Lamb.) Holmboe copre estese aree, la maggior parte in Grecia e Turchia (dove i 2,5 milioni di ettari sono l'8% dell'areale totale) e forse in Bulgaria.

Quest'ultimo si può trovare anche a Cipro e in Crimea tanto che a volte è chiamato pino di Crimea.

Secondo la recente classificazione di Euro+Med Plantbase (2014) la specie *Pinus nigra* è invece distinguibile in cinque sottospecie (Figura 1.2):

- *Pinus nigra* J.F.Arnold subsp. *nigra* nella penisola Balcanica nordoccidentale fino all'Austria e Friuli;
- *Pinus nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco in alcune isole della costa croata;
- *Pinus nigra* subsp. *laricio* (Poir.) Maire nel sud d'Italia, Sicilia e Corsica;
- *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (D. Don) nella penisola Balcanica sudorientale, Turchia, Cipro e Crimea;
- *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco in Francia, Spagna, Algeria e Marocco.



Figura 1.2 - Areale della specie *Pinus nigra* (Fonte: Euro+Med Plantbase, 2014).

Ed ancora, secondo altri autori la specie si divide in due sottospecie, ciascuna delle quali divisa in tre varietà:

- *Pinus nigra* subsp. *nigra* nell'areale orientale, dall'Austria all'Italia nordorientale e centromeridionale, fino alla Crimea e alla Turchia (*Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *austriaca* Loud - pino austriaco; *Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *caramanica* - pino turco; *Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *pallasiana* - pino di Crimea; *Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *italica* Hochst - pino di Villetta Barrea).
- *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* - nell'areale occidentale, dall'Italia meridionale fino alla Francia, alla Spagna e all'Africa settentrionale (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii* var. *salzmannii* - Pino nero delle Cevennes; *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* var. *corsicana* (sin. subsp. *laricio*) - pino corso, pino nero calabro; *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* var. *mauretanica* - pino dell'Atlante).

Nonostante le classificazioni tassonomiche controverse, l'alta variabilità genetica e fenotipica (dettata dalle numerose condizioni diversificate di un ampio gradiente longitudinale) consente l'ibridazione di tutte le sottospecie tra di loro generalmente usando il metodo dell'innesto laterale; sempre in condizioni sperimentali sono anche interfertili. Ciò che desta preoccupazione invece è la futura distribuzione della specie; infatti, a causa del riscaldamento climatico l'areale attuale non è definitivo tanto che nelle regioni mediterranee, dove il clima è tendenzialmente più secco, è attesa una crescita di questa specie limitata, mentre nell'Europa centrale si ritiene che il miglioramento climatico, dato dall'innalzamento delle temperature, porti ad una sua espansione (Enescu, 2016).

1.2.2. – Caratteristiche morfologiche e fenologia

Il pino nero in età matura può raggiungere i 30 metri d'altezza e raramente 40-50 metri in condizioni particolarmente favorevoli (Figura 1.3, a). Il tronco principalmente dritto e rastremato, a volte contorto e anche diviso a causa dell'ambiente di crescita, ha corteccia di colore da grigio chiaro a grigio scuro-marrone con fessurazioni profonde aventi bordo nero nelle entità centrali e orientali negli individui adulti (Figura 1.3, i).

L'apparato radicale nella pianta adulta è ampio e particolarmente robusto; da un fittone molto sviluppato si diramano grosse radici laterali che a loro volta si dividono in altre più piccole funzionali all'assorbimento dei nutrienti; quest'ultime sono robuste e molto allungate così da poter esplorare grandi quantità di terreno e anche all'interno di cavità e fessure nelle rocce, rendendo così ben ancorata la pianta che raramente subisce schianti da vento.

La forma della chioma è differente a seconda dell'età: negli individui giovani prevale una chioma maggiormente conica, mentre negli individui adulti ed anziani assume la classica forma ad ombrello del genere *Pinus*; tale forma sferica degli individui più adulti garantisce il massimo volume fotosintetico con la minore area possibile esposta, connubio perfetto per piante la cui vitalità va calando all'aumentare dell'età. Come tutte le piante, più l'età avanza e maggiori sono le esigenze vitali, ma minore risulta la vigora, pertanto in questo delicato equilibrio o bilancio energetico, si instaurano dinamiche di autopotatura: prima acropete (ovvero delle branche ombreggiate sottochioma), poi centrifughe (ovvero dei rami interni alla chioma sempre ombreggiati), poi centripete (ovvero delle branche poste maggiormente alle estremità) e infine avviene la duramificazione (ovvero la morte delle cellule in direzione centrifuga dal midollo in quanto non più funzionali al trasporto, ma per lo più funzionali al sostegno) fino ad arrivare alla cavitazione che però nel pino nero è nulla. I rami negli individui giovani sono leggermente calati verso il basso in evidenti verticilli, mentre negli individui adulti le branche, che sono state auto selezionate dalla pianta stessa, sono rivolte verso l'alto solo nella parte alta della chioma e in generale si dispongono con minore regolarità. Nella *ssp. nigra* i rami dell'anno sono glabri, lucenti e bruno-grigiastri.

La gemma apicale, ovoidale o cilindrico-ovoidale e sempre appuntita all'apice, è particolarmente resinosa, ha squame appressate, mentre quelle basali possono essere aperte, riflesse e con margine sfrangiato; sono di colore bruno chiaro, ma quando sono ricoperte da resina hanno riflessi argentei ed aspetto biancastro.

Gli aghi di colore verde scuro sono riuniti in fascetti da 2 e lunghi 8-16 cm, 1-2 mm in diametro, con 12-14 linee stomatifere. Inoltre, sono rigidi di forma dritti o curvi ben seghettati e con guaina fogliare persistente e lunga 10-12 mm; hanno sezione semicircolare e l'apice è appuntito, ma non sempre pungente (Figura 1.3, b).

Di norma il pino austriaco si differenzia dal simile pino laricio, in quanto in quest'ultimo gli aghi sono più flessibili, appuntiti e poco o nulla pungenti, e hanno colore più chiaro; inoltre può presentare i canali resiniferi assenti nel mesofillo nella parte corrispondente alla faccia piana. In particolare, la presenza o assenza dell'estremità appuntita degli aghi e della loro rigidità dipende dal numero di strati e quindi dallo spessore dell'ipoderma meccanico, che nel pino laricio da Ovest verso Est ha 1-2 strati, mentre nel pino austriaco si hanno, sempre con gradiente da Ovest verso Est, da 2 a 5 strati che avvolgendo maggiormente la base degli aghi li rendono più corti ed appuntiti.

Il pino nero è una conifera monoica, pertanto sullo stesso individuo sono portati sia i coni maschili alla base del ramo dell'anno (Figura 1.3, d), sia i coni femminili, portati eretti all'apice del ramo dell'anno (Figura 1.3, c). I macrosporofilli compaiono quando si evidenzia la gemma apicale e sono inizialmente di colore verde, mentre a maturazione diventano di colore rosso carminio; infine sono portati da un breve peduncolo e riuniti in gruppi di 2-4. L'impollinazione avviene in aprile-giugno.

Il pino nero per la diffusione del polline e dei semi si affida al vento (impollinazione anemofila e disseminazione anemocora). La fioritura è annuale nonostante ogni 2-4 anni la produzione di semi è particolarmente abbondante in quelli che sono anni detti di pasciona.

La maturità sessuale è raggiunta a 15-20 anni nel suo habitat naturale. I coni sono visibili in maggio, in particolare quelli maschili sono di colore giallo, mentre quelli femminili di colore rossastro.

In particolare, gli strobili maturano nell'autunno del secondo anno presentandosi sub-sessili o leggermente pedunculati, inseriti ortogonalmente al rametto o leggermente obliqui, lunghi 5-8 cm e larghi 2-4 cm (Figura 1.3, e-f).

La maturazione del seme richiede un tempo considerevolmente lungo, circa tre anni: dapprima i coni femminili a circa 13 mesi dall'impollinazione iniziano ad essere lucenti e ad allargarsi orizzontalmente, assumono dimensioni di 4-8 cm in lunghezza e 2-4 cm in larghezza e assumono colore bruno chiaro o anche giallastro. Le squame sono lunghe 2,5-3 cm, ben lignificate il cui colore sfuma da giallo-marrone a giallo più chiaro e lucido. Nel secondo anno dall'impollinazione i coni maturano definitivamente da settembre ad ottobre e si aprono (Figura 1.3, g); quindi, la disseminazione avviene durante l'inverno nel terzo anno dopo l'impollinazione ed infine cadono nella primavera successiva.

I coni contengono 30-40 semi dei quali però solo la metà può germinare. I semi, di colore dal grigio-bruno al grigio cenere, sono di lunghezza compresa tra i 5-7 mm, cuneiformi e compressi lateralmente, inoltre sono caratterizzati da un ala lunga 19-26 mm che consente di sfruttare a meglio il vento per raggiungere distanze maggiori, ma comunque abbastanza limitate (Figura 1.3, h).

La germinazione avviene senza stratificazione ovvero senza quella tecnica di adattamento che ha lo scopo di favorire l'interruzione della dormienza del seme con le basse temperature; viene chiamata stratificazione perché prevede generalmente l'alternanza di strati del terreno umido per un periodo di 1-4 mesi in cui il seme troverebbe maggiori condizioni ideali alla germinazione e maggiore protezione dai rischi di congelamento, di essiccamento o dall'attacco di roditori. Tutto ciò consente al pino nero di attecchire anche su suoli poco profondi e superficiali, caratteristica che ha fatto sì che questa specie fosse spesso protagonista nei rimboschimenti svolti principalmente nella seconda metà del secolo scorso in aree con suoli poco evoluti o poveri.

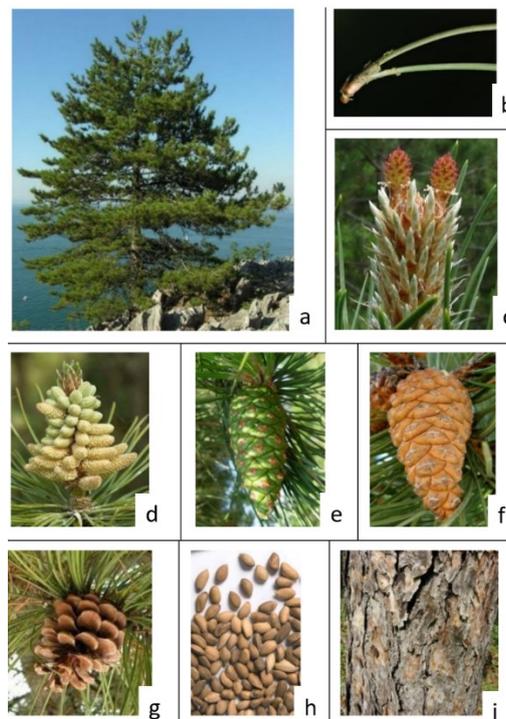


Figura 1.3 – Fisionomia del pino nero: a) pianta adulta; b) fascetto di due foglie; c) coni femminili; d) gruppo di coni maschili; e-f) strobili in fase di maturazione; g) strobili maturo; h) semi; i) corteccia di pianta adulta (Fonte: Nasi, 2017).

Infine, il pino nero è una specie longeva, con una durata di vita di oltre 400 anni nelle condizioni migliori in assoluto. In Germania il pino nero nominato “Vier-Brüder-Baum” (letteralmente: ‘albero dei quattro fratelli’) attesta una circonferenza superiore a 7 m e un’età superiore ai 1000 anni (Enescu, 2016).

1.2.3. - Caratteri fitogeografici ed esigenze ecologiche

L'habitat della maggior parte delle sottospecie di pino nero è caratterizzato da un clima di tipo Mediterraneo con precipitazioni annue che variano dai 400-600 mm per le sottospecie più di ambienti semiaridi, a 800-1000 mm per gli ambienti più subumidi; diversamente è per il *Pinus nigra* subsp. *nigra* il quale richiede un clima tipicamente temperato.

Il pino nero in ambito costiero ha la capacità di utilizzare l'acqua portata dalle correnti marine: il tronco elevato e le ramificazioni più basse creano un apparato per la captazione del vapore acqueo che sugli aghi si condensa formando gocce che poi cadono al suolo come precipitazioni occulte (Pignatti, 1998). Questo adattamento ha permesso ad esemplari di pino nero di raggiungere anche ambienti di limite (come quelli del limite superiore del bosco), nei quali nessuna altra specie arborea è in grado di sopravvivere (Urbinati et al., 2019) (Piermattei et al., 2012, 2014, 2016; Vitali et al., 2017, 2018). In questi individui la crescita risulta comunque non facile e per questo si trovano individui centenari con diametri di appena 20-30 cm (Pignatti, 1998).

I pini neri hanno l'ottimo climatico e altitudinale nella sottozona calda del Fagetum (piano montano inferiore), ma si distribuiscono anche nel piano montano subatlantico, nel piano superiore alla fascia delle latifoglie eliofile e si spingono inoltre fino alla fascia dei boschi supramediterranei di roverella. Pertanto, il piano altitudinale potenziale del pino nero varia quindi tra 350 e 2200 metri (sui Monti Tauri, Turchia), mentre l'ottimo varia tra 800 e 1500 metri con oscillazioni minori o maggiori a seconda dello specifico sito, ad esempio in Italia generalmente il range altitudinale è di 350-1000 metri (Isajev et al., 2009).

Come precedentemente accennato il pino nero ha un'alta capacità di adattamento alle condizioni anche povere del suolo; pertanto, non ha particolari esigenze né di tessitura né di caratteristiche chimiche del suolo. Quindi il pino nero può crescere su diversi substrati, da quello calcareo (con qualche limitazione nel caso del *P.n. laricio*) a quello dolomitico, anche su suoli acidi, perfino su quelli vulcanici. Tollera inoltre anche suoli marnosi e argilloso-compatti purché con falda profonda e mai sommersi poiché suscettibile a marciumi radicali (Tabella 1.1).

Tabella 1.1 - Tabella riassuntiva delle esigenze ecologiche del pino nero.

Pinus nigra: Esigenze ecologiche	
CLIMA	Mediterraneo e Temperato
P annue (mm) in amb. Semiaridi	400-600
P annue (mm) in amb. Subumidi	800-1000
T mese più freddo (°C)	-3/8
QUOTA (m. slm)	800-1500
Ottimo altitudinale in Italia	350-1000
Piano (ottimo) ma non solo	Montano inferiore
SUOLO	Nessuna

Il pino nero, oltre ad avere una buona resistenza al vento e abbastanza alla siccità, è una specie eliofila e frugale; perciò, la rinnovazione naturale necessita di sufficiente illuminazione e ha luogo solitamente al margine del bosco o in radure, quasi mai sotto copertura. L'intolleranza all'ombra è risentita dalla rinnovazione anche quando è presente un giovane strato di latifoglie che può impedirne la crescita (Bocchini, 2021); infine, la rinnovazione è più frequente nei popolamenti esposti a sud e relativamente umidi.

Il pino nero cresce in popolamenti puri o più raramente in associazioni, ma comunque sempre con altre conifere (*P. sylvestris* o *P. uncinata*) intolleranti all'acidificazione del suolo per opera della degradazione degli aghi.

Nota l'elevata diversità genetica all'interno delle popolazioni, sono stati svolti numerosi studi sperimentali per misurare i caratteri adattativi come vigore, forma e resistenza alla siccità, al gelo e alle malattie; la forte variabilità (all'interno e tra popolazioni) e plasticità adattativa, ha reso il pino nero tra le specie preferite per i progetti di rimboschimento su un'ampia gamma di ambienti. Più nel dettaglio studi svolti in Europa, Usa e Nuova Zelanda mostrano su scala mondiale, che le provenienze di pino nero calabresi e corse (*Pinus nigra* subsp. *laricio*) sono le migliori per i rimboschimenti in quanto forniscono la maggiore produzione in volume su suoli silicei e resistendo all'inverno e alle gelate tardive; invece, su suoli calcarei il più resiste è il *Pinus nigra* subsp. *nigra* (Isajev et al., 2009). Il pino nero non è considerata una specie in pericolo sebbene alcune sue popolazioni endemiche sub-mediterranee costituiscano un habitat prioritario secondo la Direttiva Natura 2000 (Direttiva Habitat n. 92/43/CEE, 1992).

1.2.4. - Il pino nero in Italia e nelle Marche

Come riportano i dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi forestali di carbonio (2005) i boschi di pino nero e pino laricio in Italia interessano una superficie superiore ai 235.000 ettari l'equivalente del 2,7% della copertura forestale nazionale. Di questi, i 2/3 si concentrano in Calabria, in Friuli-Venezia Giulia, in Abruzzo, in Toscana ed in Emilia-Romagna (Figura 1.4 e 1.5).

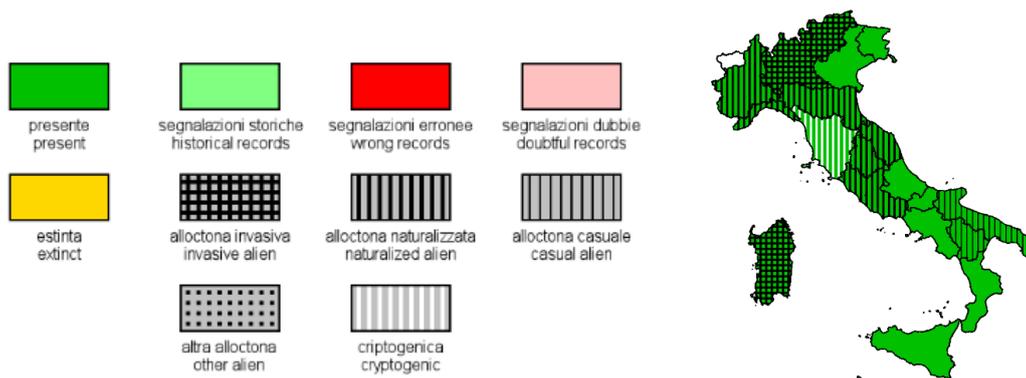


Figura 1.4 - Distribuzione di *Pinus nigra* in Italia (Fonte: Portale della Flora italiana).

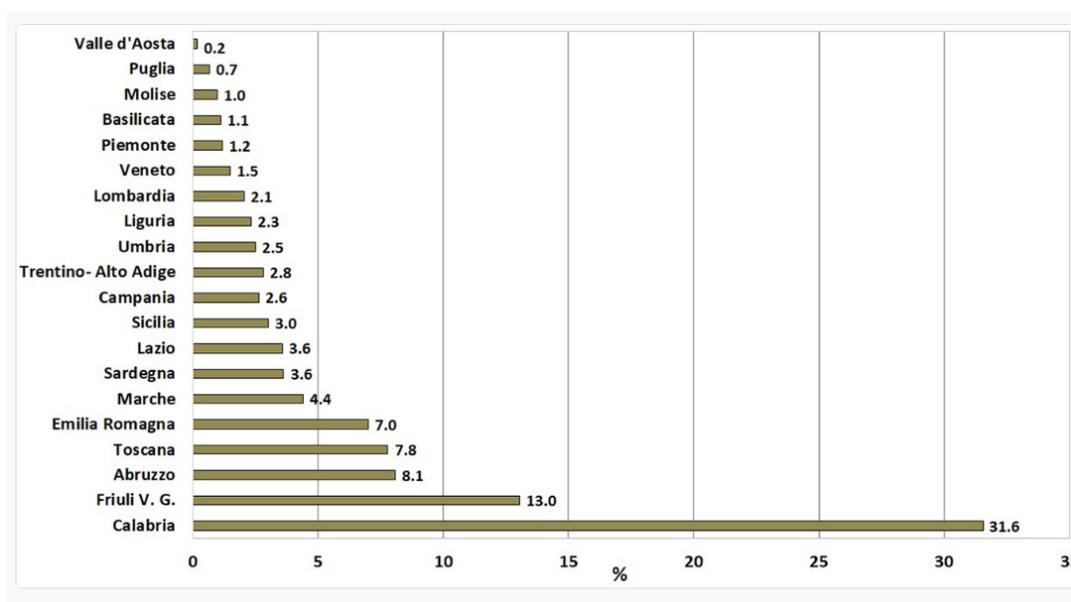


Figura 1.5 - Distribuzione percentuale dei boschi di pino nero e di pino laricio in Italia (Rielaborazione CREA su dati INFC 2005).

Il 56% di questi soprassuoli è classificato di origine artificiale e solo il 13,9% è di origine naturale, questi ultimi ubicati prevalentemente in Calabria, Sicilia (pino laricio) Friuli-Venezia Giulia ed Abruzzo (pino nero) (Tabella 1.2).

Tabella 1.2 - Distribuzione dei boschi di pino nero e pino laricio in base alla loro origine (Fonte: INFC 2005).

Regione	Origine pinete di pino nero, laricio e loricato (superficie)				Totale (ha)
	Naturale (ha)	Seminaturale (ha)	Artificiale (ha)	Non classificata (ha)	
Piemonte	404	808	1 616	0	2 828
Valle d'Aosta	0	0	385	0	385
Lombardia	441	882	3 527	0	4 850
Alto Adige	0	378	0	0	378
Trentino	0	3 604	1 441	1 081	6 126
Veneto	0	1 121	1 494	890	3 505
Friuli - Venezia Giulia	8 547	4 459	6 317	11 520	30 843
Liguria	0	2 565	2 565	366	5 496
Emilia Romagna	736	3 310	11 402	1 103	16.551
Toscana	361	5 420	11 200	1 445	18 426
Umbria	369	1 106	4 424	0	5 899
Marche	0	2 600	7 432	372	10 404
Lazio	0	369	7 369	737	8 475
Abruzzo	2 895	2 895	12 642	724	19 156
Molise	0	0	2 343	0	2 343
Campania	0	1 841	3 314	1 105	6 260
Puglia	0	0	1 554	0	1 554
Basilicata	0	746	1 119	746	2 611
Calabria	16 418	17 164	39 924	1 119	74 625
Sicilia	2 621	379	4 170	0	7 170
Sardegna	0	373	8 209	0	8 582
Italia	32 792	50 020	132 447	21 208	236 467

Più del 75% delle pinete di pino nero e di pino laricio sono fustaie coetanee, e di queste più del 90% si trova negli stadi evolutivi compresi tra la fustaia giovane e la fustaia stramatura. Sempre secondo l'INFC del 2005 solo lo 0,2% delle fustaie coetanee, peraltro presente nella sola Calabria, si trova in fase di rinnovazione (Figura 1.6).

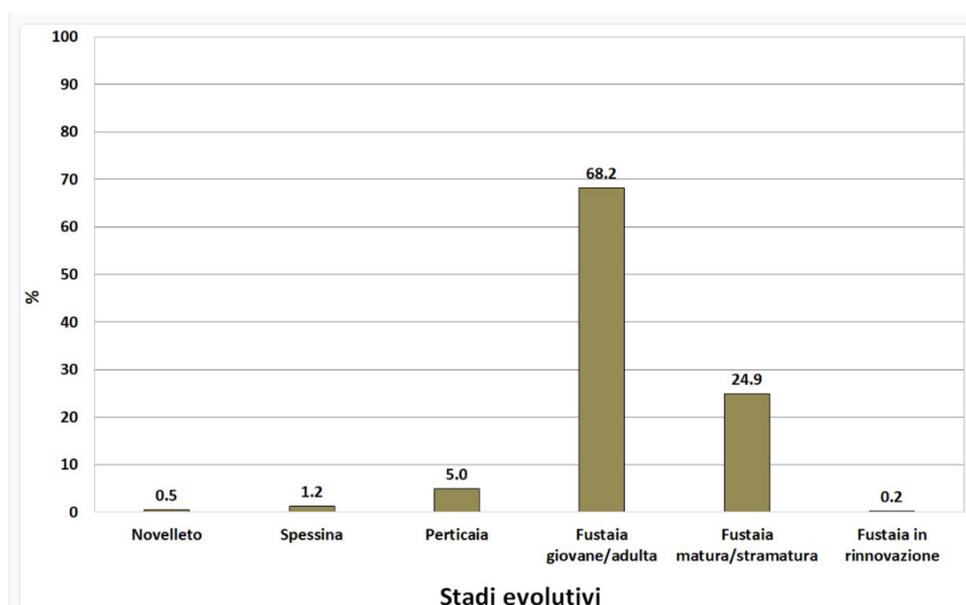
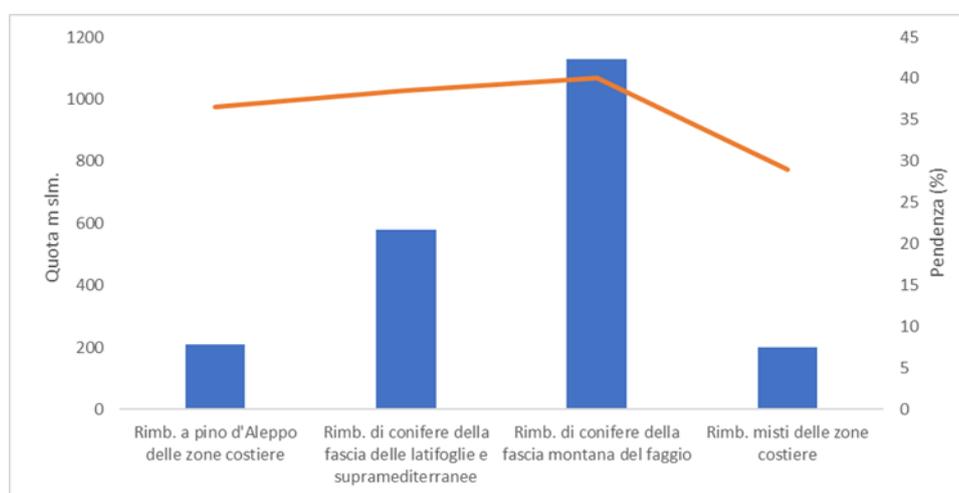


Figura 1.6 - Distribuzione percentuale delle fustaie coetanee di pino nero e pino laricio in Italia in base allo stadio evolutivo (rielaborazione CREA su dati INFC 2005).

Nelle Marche la presenza del genere *Pinus* è largamente dovuta all'intenso processo di rimboschimento a partire dalla Prima guerra mondiale fino alla Seconda guerra mondiale e poi ripreso negli anni 50-60 con i finanziamenti della legge sulla montagna per poi rallentare fino ad

esaurirsi alla fine degli anni 70'. Secondo la tipologia forestale regionale, nella categoria azonale dei "Rimboschimenti a prevalenza di conifere" sono presenti quattro tipi forestali in relazione all'ambito geografico, alla zona altitudinale di riferimento e, conseguentemente, alle specie forestali utilizzate (IPLA, 2000) (Figura 1.7):

- Rimboschimento a pino d'Aleppo delle zone costiere
- Rimboschimento misto delle zone costiere (pino marittimo, pino domestico, cipressi, cedri);
- Rimboschimento di conifere della fascia delle latifoglie supramediterranee (pino marittimo, pino nero, pino domestico, pino d'Aleppo, abete greco, cedri, cipressi, ecc);
- Rimboschimento di conifere della fascia montana del faggio a quote generalmente superiori agli 800 m slm. (principalmente pino nero, ma anche larice, abete rosso, pino silvestre ed abeti mediterranei).



Rimb. apino d'Aleppo delle zone costiere	RC10	5%
Rimb. misti delle zone costiere	RC20	3%
Rimb. di conifere della fascia delle latifoglie supramediterranee	RC30	79%
Rimb. di conifere della fascia montana del faggio	RC40	12%

Figura 1.7 – Tipi forestali: Rimboschimenti a prevalenza di conifere nella regione Marche (Fonte: IPLA, 2000).

Ad oggi nel quadro regionale, i rimboschimenti a prevalenza di conifere, costituiscono l'8% circa della superficie forestale marchigiana e sono concentrate prevalentemente in ambito alto-collinare e montano (Figura 1.8).

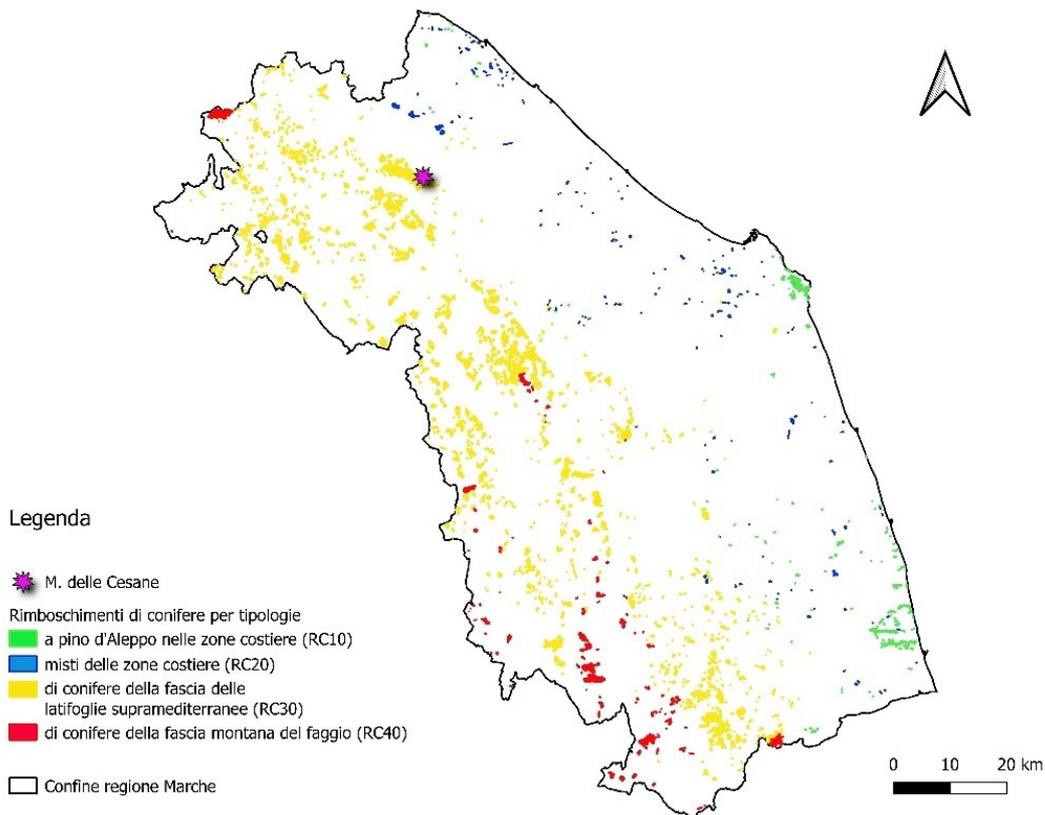


Figura 1.8 - Distribuzione spaziale dei rimboschimenti di conifere nel territorio regionale distinti per tipi forestali (rielaborazione dei dati IPLA, 2000).

Nel complesso delle formazioni boscate regionali le conifere costituiscono poco meno del 2% della composizione specifica ed il 12% del volume totale. Da un punto di vista patrimoniale sono di proprietà pubblica il 35% (6762 ha), mentre i privati, aziende consortili e Comunanze ne possiedono il 65%. Per lo più i rimboschimenti di conifere della fascia delle latifoglie, che comprende il piano supra-mediterraneo ad altitudini comprese tra i 400 e i 1000 m slm., hanno una superficie totale pari a circa il 7,5% della superficie forestale regionale (Bocchini, 2021).

Per un maggiore approfondimento sui rimboschimenti di conifere svolti nelle Marche e sul loro stato di salute valutato in occasione dell'inventario forestale regionale (IPLA, 2000) si rimanda a "Allegato 1: Rimboschimenti e attuale stato".

1.2.5. - Minacce biotiche e abiotiche

Le minacce (biotiche e abiotiche) possono essere attribuite ad aumento di frequenza sia dei disturbi che degli stress. Per disturbo si intende un qualunque evento discreto nel tempo che altera la struttura di un ecosistema, comunità o popolazione e modifica la disponibilità delle risorse e l'ambiente fisico (Pickett e White 1985). Le piante non sempre sono pronte alle nuove condizioni che si manifestano post disturbo, vedendosi costrette ad attivare processi fisiologici finalizzati all'adattamento.

Lo stress è una qualsiasi deviazione significativa delle condizioni ottimali per la sopravvivenza dell'individuo, del popolamento o della specie la cui vitalità diminuisce al persistere dello stress stesso. Essendo lo stress generalmente inferiore al disturbo per intensità la pianta ha più probabilità di adattarsi alle nuove condizioni ed eventualmente convivervi. Se però in un'annata l'intensità dello stress fosse molto elevato, protrandosi più a lungo del normale, diventerebbe un disturbo (è il caso della siccità estiva del 2003, durante la quale sono stati raggiunti valori di temperatura che si discostano notevolmente dalle medie del trimestre estivo dei precedenti 150 anni). In condizioni di criticità ancora più elevate, dove è superata l'intensità dello stress e maggiore è la frequenza nel tempo, allora diventa un fattore limitante e di conseguenza la pianta per sopravvivere dovrà adattarsi alle nuove condizioni.

Gli stress prolungati indeboliscono il vigore dei popolamenti forestali, rendendoli quindi anche più suscettibili ai disturbi (ad esempio lo stress di siccità può aumentare il rischio al disturbo incendio). La resistenza non è costante durante la vita di un popolamento forestale, ma in generale tende a ridursi con l'età (Del Favero et al., 2019).

Affinché un evento possa essere considerato un disturbo è necessario che l'energia prodotta da questo sia tale da causare una certa mortalità o comunque un'alterazione della struttura del popolamento che modifica la distribuzione delle risorse. È bene però sottolineare che i disturbi sono parte integrante di tutti i sistemi ecologici e alcuni agenti diventano un disturbo solo quando superano determinate intensità. Un disturbo può riportare il popolamento forestale ad una condizione strutturale pregressa o anche accelerare il processo di successione. I disturbi contribuiscono a rendere più eterogeneo il paesaggio, promuovendo ad esempio la contemporanea presenza di popolamenti forestali in diverse fasi cronologiche, strutturali e di composizione specifica (Del Favero et al., 2019). Tale diversità crea una varietà di nicchie ecologiche e habitat per specie animali, vegetali, fungine. Pertanto, dopo un disturbo si ha un potenziale di biodiversità elevato. È possibile quindi affermare che i disturbi incidono sul paesaggio come *drivers* dell'eterogeneità spaziale e temporale modificando la dinamica di un sistema e creando i cosiddetti mosaici ambientali che gli ecologisti hanno da tempo riconosciuto come motore essenziale del modello di paesaggio (Brutti, 2018).

I rimboschimenti di conifere, vista la predominanza di specie resinose e la loro ubicazione spesso in suoli aridi, sono una delle categorie forestali maggiormente sottoposta a disturbi sia antropici che naturali, i quali risultano particolarmente intensi in quei popolamenti in abbandono o comunque esenti da una gestione specifica.

1.2.5.1. - Incendi boschivi

Gli incendi sono l'espressione di problematiche socioeconomiche legate ad una complessa interazione di fattori predisponenti come le condizioni climatiche, la quantità e qualità di combustibile, le caratteristiche del territorio, cause determinanti (immissione di energia termica ad

alto potenziale) e di fattori di innesco che, nella maggior parte dei casi sono di origine antropica volontaria o involontaria (Battipaglia et al. 2017). Gli incendi costituiscono, insieme con la crisi delle attività selvicolturali, una delle principali cause di degrado dei boschi non solo in Italia, ma in generale nei paesi del bacino del Mediterraneo (Battipaglia et al. 2017). In questi paesi (Italia, Francia, Portogallo, Spagna e Grecia) ogni anno, una media di circa 65.000 incendi colpiscono approssimativamente 500.000 ha di aree vegetate. Dal 2000 al 2017 le fiamme hanno infatti percorso un'area di 85.000 km² (pari a 8.5 milioni di ha) ovvero l'equivalente dell'estensione territoriale dell'Austria.

In Italia, dove la percentuale di superfici boscate percorse da incendio annualmente è pari al 1,14% nonché la più elevata dopo il Portogallo (FAO, 2010), dal 1970 al 2017 sono bruciati in media 1.000 km² ogni anno fra boschi ed altre tipologie di vegetazione per un totale di quasi 50.000 km² che corrispondono ad un terzo della superficie forestale attuale del paese (Fiorentini, 2017).

Il 2017 ha rappresentato un anno particolarmente significativo per la quantità di ettari bruciati di territorio forestale nazionale: compresi tra 162.363 ha secondo il 'Rapporto sullo stato delle foreste e del settore forestale in Italia 2017/2018' (circa il 33% in più rispetto alla media 1980-2016), e 140.392 ha secondo i dati dell'European Forest Fire Information System (Fiorentini, 2017). Seppure l'estensione risulti discordante tra i due studi ciò che accomuna le parti sono le cause predisponenti agli incendi ovvero le condizioni meteorologiche e climatiche: lunghi periodi di siccità da giugno ad ottobre con alte temperature, aridità, forte ventosità, bassa umidità, alta frequenza di eventi estremi come le ondate di calore e mancanza di precipitazioni estive.

Dallo studio di Malandra et al. (2022), che ha analizzato dati relativi agli incendi dal 2007 al 2017 in Italia, viene evidenziato come le categorie forestali maggiormente coinvolte per estensione siano gli arbusteti e le foreste di latifoglie; ciò nonostante dall'indice dNBR, che misura il cambiamento ambientale causato dall'incendio (valori positivi elevati indicano un'alta severità dell'incendio, valori intorno allo 0 mostrano superfici incombuste e valori negativi molto elevati una ottima capacità di ricrescita della vegetazione nel sito (Key and Benson, 2005)), risulta che il livello di gravità maggiore si verifichi nei rimboschimenti di pino nero (quasi mai diradati) in aree altamente popolate e ad altitudini più basse. Non a caso l'indice di infiammabilità più elevato tra le varie classi forestali individuate nella Corine Land Cover, è raggiunto dalle pinete di tipo mediterraneo e oro-mediterraneo (Corona et al., 2014).

Seppure negli ultimi decenni l'evoluzione della normativa e lo sviluppo di una efficace prevenzione, hanno mutato notevolmente la frequenza e l'estensione degli incendi nel contesto europeo con un significativo calo anche nel contesto nazionale, rispetto agli anni '80 e '90 il numero medio annuo degli incendi si è ridotto a circa 5500 e così anche la superficie boscata coinvolta pari ai 35.000 ettari (CFS, 2016).

Nonostante i buoni progressi raggiunti, dal report dell'Ispra (relativo al periodo 1° gennaio-6 agosto 2023) risultano superati i 59mila ettari bruciati ad agosto del 2023, di cui oltre 9400 di ecosistemi

forestali. L'eccezionalità climatica sarà sempre più la norma e le regioni del Mediterraneo saranno maggiormente esposte a fenomeni di riscaldamento rispetto ad altre regioni del mondo (Moriondo et al., 2006). A tal proposito è bene ricordare come la stessa area di studio del seguente lavoro (Monte delle Cesane) nel luglio del 2017 fu interessata da un incendio di chioma con estensione di 149 ha e che nel suo passaggio coinvolse per il 72% rimboschimenti di pino nero con gravi conseguenze per il soprassuolo. Per un maggiore approfondimento sull'incendio delle Cesane si rimanda a "Allegato 2: Il grande incendio delle Cesane (2017)".

1.2.5.2. - Stress climatici

Come già evidenziato uno dei fattori di stress per la vegetazione, nonché fattore predisponente ad altri disturbi biotici e abiotici, è la siccità ovvero uno o più periodi dell'anno nei quali la somma delle precipitazioni mensili è inferiore alla temperatura media. In accordo con i modelli climatici dell'IPCC (osservati già dal 2013 e confermati dal rapporto del 2021), una crescita generale della temperatura e un potenziale declino delle disponibilità idriche sono attese nell'area del circummediterraneo all'interno dell'attuale secolo. La combinazione di minori precipitazioni e maggiori temperature crea una condizione di alta probabilità di eventi estremi di siccità; i popolamenti forestali marginali sono considerati essere i più sensibili e vulnerabili al riscaldamento climatico e alle successive tendenze di desertificazione (Camarero et al., 2013).

Se in passato nel bacino del Mediterraneo la siccità era generalmente limitata al periodo estivo ad oggi si assiste ad un dilatamento della durata e ad un'entità maggiore a causa non solo delle normali fluttuazioni climatiche, ma soprattutto per via del cambiamento climatico a livello globale.

Per "cambiamenti climatici" si intendono le variazioni a lungo termine delle temperature e dei modelli meteorologici. Queste variazioni possono avvenire in maniera naturale con tempi dilatati; tuttavia, a partire dal XIX secolo, le attività umane sono state il fattore principale all'origine dei cambiamenti climatici, imputabili essenzialmente all'uso di combustibili fossili (come carbone, petrolio e gas) i quali scarti della combustione hanno aumentato le concentrazioni di gas serra come CO₂ e CH₄ capaci di riflettere e quindi trattenere il calore terrestre in uscita dall'atmosfera.

Sebbene diversamente caratterizzato nelle varie regioni del pianeta, il cambiamento climatico è testimoniato dai 15 anni più caldi degli ultimi 150 anni, tutti verificatisi dopo il 1990, dall'ondata di calore del 2003 (Ciais et al., 2005), dalla siccità del 2007 e da altri numerosi indicatori globali (Urbinati, 2009). Ricerche della University of Reading evidenziano il notevole incremento a livello globale delle temperature di circa +0,7 °C (warming stripers) avvenuto a partire dalla fine degli anni 90' (Figura 1.9).

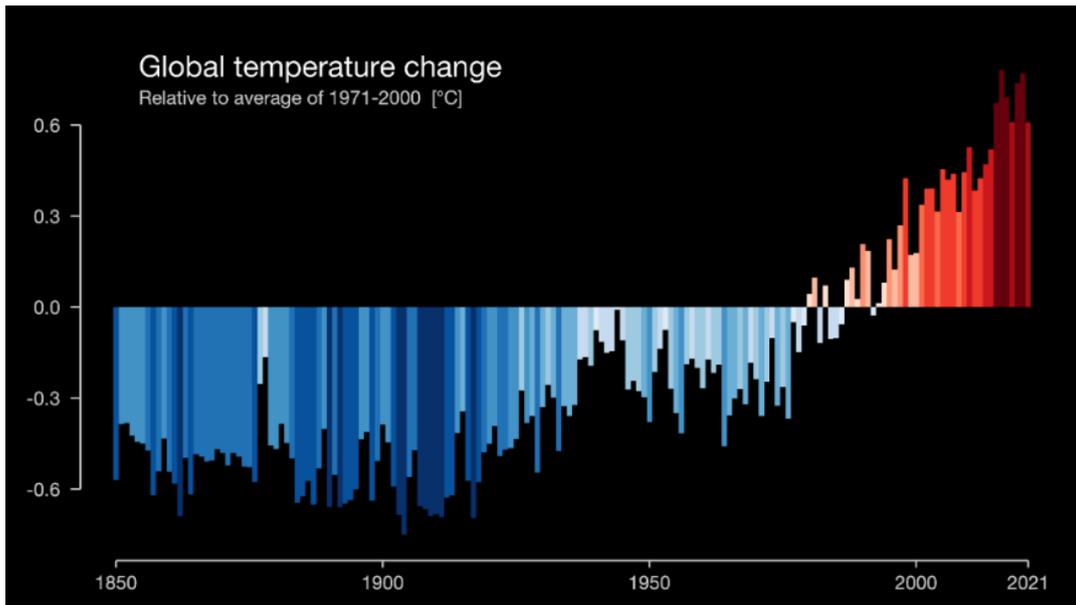


Figura 1.9 - Warning stripers della variazione della temperatura globale (°C) nel periodo 1850-2021 relativo alla media 1971-2000 (Fonte: University of Reading <https://showyourstripes.info/c/europe/italy>)

Nelle aree a maggiore impronta mediterranea, l'aumento termico e la riduzione pluviometrica previsti potrebbero accrescere il rischio di siccità; a maggior ragione in Italia dove il clima è fortemente influenzato dalla posizione geografica e dalla presenza del Mar Mediterraneo (la cui temperatura registrata nel 2020 presentava un aumento di +4,6 °C rispetto ai primi anni 90'), l'incremento termico sembra iniziato con qualche anno d'anticipo rispetto alla media globale, fino a registrare un innalzamento di +1,5 °C (Figura 1.10).

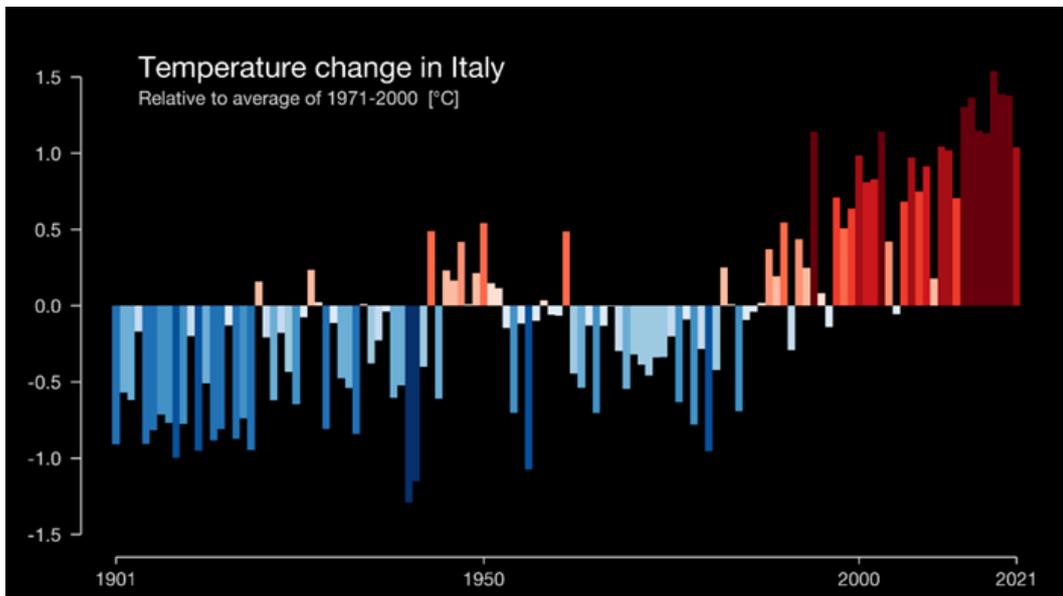


Figura 1.10 - Warning stripers della variazione della temperatura in Italia (°C) nel periodo 1910-2021 relativo alla media 1971-2000 (Fonte: University of Reading <https://showyourstripes.info/c/europe/italy>).

Il prolungarsi di condizioni siccitose potrebbe ridurre nei periodi più caldi la fotosintesi, di conseguenza la produzione di biomassa e quindi la vitalità delle foreste più vulnerabili rendendole maggiormente suscettibili al rischio di incendio; come nel 2007, quando un inverno molto mite e secco, ha creato i presupposti in estate per una delle peggiori stagioni di incendi boschivi della storia delle Marche (Urbinati, 2009).

La sopravvivenza delle specie è legata sia all'aspetto genetico che quello gestionale. Se da un lato, i processi genetici di resilienza stimolati in occasione di alterazioni significative (quali le rapide variazioni ambientali) (AA.VV., 2008), ha indotto la componente vegetale all'evoluzione apportando adattamenti morfologici (come radici profonde, chioma piccola e taglie piccole dell'albero oltre agli adattamenti come il rigido controllo del potenziale idrico attraverso le chiusure stomatiche); d'altro lato, la capacità adattiva è più elevata in regioni dove la gestione forestale è più attiva. In merito al pino nero si osserva che ad un aumento delle temperature massime estive diminuisce l'accrescimento che al contrario aumenta all'aumentare delle precipitazioni; invece non incidono le temperature minime se non per il solo mese di giugno, dove se fa troppo caldo, il pino ne risente (Bocchini et al., 2021). In aggiunta, studi svolti nei principali gruppi montuosi della Regione Marche (Monte Acuto, Monte Catria, Monti Sibillini e Monti della Laga) (Urbinati et al., 2007; Gallucci et al., 2008) evidenziano come siano molti gli individui di pino nero insediatesi spontaneamente al di sopra del limite superiore del bosco alcuni anche a quote considerevoli (sul Monte Vettore fino a 2000 m slm.) dove non sono presenti altre specie arboree. L'incremento altimetrico delle treeline forestali permette in maniera provvisoria di raggiungere temperature meno calde e più idonee. L'ipotesi da verificare è che questo tentativo di "fuga" dai neo-siti siccitosi causato dal cambiamento climatico abbia favorito la ricolonizzazione in quota del pino nero in particolar modo negli ultimi 20-30 anni; oltre al fattore climatico va aggiunto anche l'abbandono e quindi la riduzione/assenza di pressioni antropiche come il pascolo. Sistemi previsionali vedono in ascesa il limite altitudinale da una quota media di 858 m slm. nel 2013 a una quota media di 1.197 m slm. nel 2080, facendo registrare uno spostamento verso l'alto del limite di 339 m slm. con una velocità di spostamento di circa 5 m l'anno (Faraoni e Travaglini, 2016). Anche ulteriori ricerche svolte in aree boreali alpine rivelano i processi di ricolonizzazione spontanea da parte soprattutto di conifere, determinati ancora una volta dall'abbandono dei pascoli (Carrer et al., 2006; Carrer et al., 2007; Urbinati et al., 2008) e sicuramente anche dal riscaldamento climatico in area dove l'uomo non è mai stato presente come, ad esempio, alcune zone boreali di tundra (Damby e Hik, 2007).

1.2.5.3. - Insetti defogliatori

Molteplici sono gli insetti defogliatori che possono intaccare la vitalità del pino nero: tortrice delle gemme apicali del pino (*Rhyacionia buoliana*), *Sphaeropsis sapinea* soprattutto nei climi caldi e secchi la quale causa il disseccamento degli apici (particolarmente attiva in Francia e Turchia negli

anni 90'), *Acantholyda hieroglyphica*; *Diprion pini*, *Pissodes validirostis*, *Monophlebus hellenicus* e *Dothistroma septospora* che causa la “malattia delle bande rosse” ovvero il disseccamento degli aghi. Tra tutti il più frequente è la processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*), un lepidottero il cui areale di diffusione è in continua espansione, poiché la specie ha una notevole adattabilità e i cambiamenti climatici in atto predispongono maggiori condizioni di vita; inoltre, il piano altitudinale non è vincolante all'areale della specie che si rinviene dal livello del mare fino al piano montano purché vi sia la presenza di conifere in ambienti boschivi e urbani.

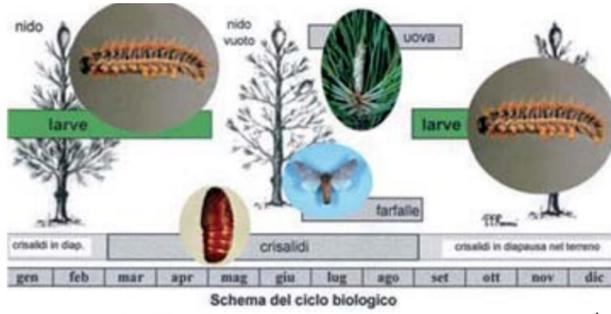
La biologia dell'insetto prevede una generazione all'anno con comparsa degli adulti in estate; questi sfarfallano dal terreno tra la fine di giugno e l'inizio di settembre, con un picco nel mese di luglio a seconda delle condizioni climatiche (Figura 1.11, a).

L'insetto attacca prevalentemente esemplari di *Pinus nigra* e *Pinus silvestris*, ma può danneggiare anche altri *Pinus* (*P. halepensis*, *P. pinea* e *P. pinaster*), più raramente *P. strobus*, eccezionalmente i *Larix* e i *Cedrus*. Le infestazioni di processionaria interessano soprattutto le piante poste in aree soleggiate e si manifestano spesso con fluttuazioni graduali delle popolazioni, il cui culmine si presenta circa ogni 5-7 anni.

La presenza dell'insetto è riscontrabile dai nidi definitivi biancastri (Figura 1.11, e), di facilissima identificazione, localizzati per lo più nelle zone soleggiate della chioma di conifere; diversamente i pre-nidi sono di più difficile identificazione perché di piccole dimensioni. L'alimentazione delle larve a spese degli aghi è dalla nascita fino allo stadio larvale finale e costituisce il principale danno per la pianta ospite, questo danno non è tale da pregiudicarne la sopravvivenza; mentre nel corso di forti attacchi le piante possono essere completamente defogliate. Certo è che gli alberi colpiti ripetutamente risultano indeboliti e quindi maggiormente soggetti ad ulteriori attacchi di insetti e patogeni di debolezza (es. scolitidi).

Allo stadio larvale l'insetto, oltre a danneggiare le piante, può causare gravi danni alla salute di persone ed animali a sangue caldo a causa dei peli urticanti sul dorso, per questa ragione la normativa vigente di riferimento (Decreto del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali del 30 ottobre 2007 (Gazzetta Ufficiale n. 40 del 16/02/2008)) prevede per la processionaria del pino la lotta obbligatoria. La lotta obbligatoria propone diversi interventi da applicare relativamente al periodo dell'anno e alla fase del ciclo biologico della specie; consigliato è l'uso di prodotti microbiologici a base di *Bacillus thuringiensis* varietà *kurstaki* (Btk), che ingerito mediante vegetali contaminati, sporula nell'ospite liberando le tossine Bt (delta-endotossine) innocue per gli esseri umani, ma che sono invece in grado di danneggiare il tratto digerente delle larve di ditteri e di causare una malattia paralitica nei bruchi di molti lepidotteri portandoli a morte. L'obiettivo degli interventi risulta sempre quello di contenere per quanto possibile la diffusione e l'azione dannosa della processionaria; non possono tuttavia evitare il ripresentarsi in futuro di nuove infestazioni; per abbattere completamente la popolazione dell'insetto bisognerebbe intervenire principalmente in fase precauzionale, quindi evitando a priori la messa a dimora di conifere del genere *Pinus* (in particolare

di *Pinus nigra*) ad un'altitudine inferiore ai 500 metri slm. e in ogni caso nelle zone particolarmente colpite dal parassita.



Schema del ciclo biologico (Foto CRA-ABP)

a)



Larve in fase di alimentazione

b)



Larva adulta

c)



Femmina adulta di processionaria del pino

d)



Nido invernale di Processionaria del pino

e)



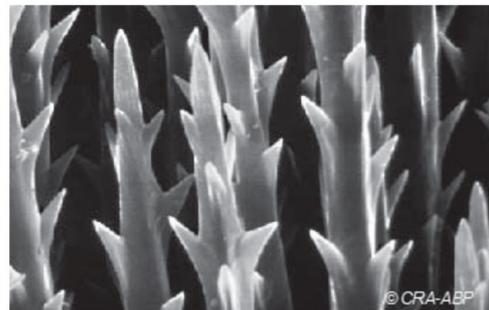
Ovatura su aghi di pino domestico

f)



Tipica formazione in fila delle larve

g)



Particolare dei peli urticanti (foto SEM - © CRA-ABP)

h)

Figura 1.11 - Foto ed immagini di: ciclo biologico della specie a); larva in stadio giovanile b); larva adulta c); femmina adulta d); nido invernale e); ovatura f); tipica formazione in fila (processione) g); particolare dei peli urticanti h).

1.2.5.4. - Deriva genetica

A causa dei grossi rimboschimenti estensivi dei due secoli passati in Europa in cui furono spesso usati materiali di origine sconosciuta privi di tracce storiche, dal punto di vista genetico vi è una minaccia a lungo termine ovvero la perdita di chiare identità genetiche causata per l'appunto dalla mescolanza di diversi pool genetici locali ed esotici. Presenze ricorrenti nei rimboschimenti di pino nero sono specie non autoctone che raramente costituiscono popolamenti puri come quelle del genere *Abies* quali l'abete greco (*Abies cephalonica*), l'abete del Caucaso (*Abies nordmanniana*) e l'abete di Spagna (*Abies pinsapo*) oltre all'autoctono abete bianco (*Abies alba*) (IPLA, 2000).

L'ibridazione, oltre a dare origine ad individui chiaramente non fertili, riduce d'altra parte la probabilità che più individui invece fertili possano venire in contatto tra loro e scambiarsi alleli utili ad una maggiore diversificazione genetica; è noto, infatti, che maggiore è la diversità e maggiori sono le possibilità di avere combinazioni alleliche del DNA vincenti quindi di dettare un maggiore adattamento per l'evoluzione della specie di fronte ai disturbi di qualsiasi natura.

L'impegno da perseguire è quello di gestire in modo distinto le popolazioni autoctone ed originali nelle quali attivare una conservazione genetica in situ; per questi sarebbe opportuno la raccolta e il trasferimento dei semi, ma anche discriminare le zone di potenziale piantagione per la produzione legnosa. Per la conservazione ex situ del pino nero bisognerebbe creare una banca dati di progenie di provenienza Europa; questo network rafforzabile da maggiori test genetici di controllo, potrebbe consentire la realizzazione di rimboschimenti da seme ex situ per reintrodurre le risorse scomparse, inoltre potrebbe essere utile per individuare le varianti più adatte ai cambiamenti climatici (Isajev, 2009). Il pino nero è compreso nella Direttiva Europea 1999/105/CE (22 dicembre 1999) sul commercio del materiale riproduttivo forestale.

1.2.6. – Legno, assortimenti ed usi

Non solo l'elevata capacità di adattamento a diversi tipi di suolo, ma anche la rilevante crescita rapida hanno permesso all'uomo di piantare il pino nero anche fuori dal suo areale nativo ponendo spesso questa specie nel cuore dell'economia del legname. Il legno ha un alburno ampio e di color bianco-giallognolo, mentre ha durame rossastro nel pino nero e rosso-scuro in pino laricio; è molto resinoso, di tessitura media, con fibre dritte, anelli ben evidenti e tra legno primaverile e legno tardivo vi è una netta distinzione (Figura 1.12). I canali resiniferi sono numerosi, larghi e si trovano per lo più nel legno tardivo o di transizione; il legno è ricco di resina e facile da lavorare, con forma dritta e idonea alle costruzioni tanto che un tempo era usato come sostegno nelle miniere alpine. Oggi è usato in genere per carpenteria grezza o anche per la produzione di pasta di cellulosa; infatti, individui cresciuti in adeguati boschi diradati presentano basse quantità di durame rendendolo un legno adatto

per carpenteria fine per produrre manufatti come mobili, statue, quadri ed altri elementi d'arredo o imballaggi.



Figura 1.12 - Sezione trasversale del tronco di un esemplare di pino nero

Il legno di *P. nigra*, come quello di tutte le conifere del genere, non presenta elevate resistenze meccaniche né resistenza all'usura delle intemperie; infatti, tale legno rientra nella categoria dei legni morbidi (softwood) per via dei canali resiniferi, che una volta secchi e ostruiti, sono siti ideali alla proliferazione di muffe deterioranti o alla ovideposizione di insetti principalmente coleotteri. Oltre alla bassa durabilità e resistenza, altri difetti gravano sul basso prezzo del legno di conifera, tra questi vi sono l'azzurramento del legno, le sacche di resina, la presenza di numerosi nodi con conseguente legno di reazione circostante e le essudazioni di resina anche dopo la finitura e la verniciatura soprattutto se esposto a fonti di calore o ad eccessivo irraggiamento del sole. Apprezzati invece sono le figure derivanti dalle diverse direzioni di taglio e l'odore inequivocabile. Piuttosto che per la produzione legnosa, l'uso più esclusivo del pino nero, è stato nei programmi di rimboschimento del XIX e XX secolo in Europa, Appennino e America. Proprio nel continente nordamericano è una delle specie ornamentali più introdotte, venne impiegato per fissare le dune sabbiose come frangivento, principalmente la sottospecie più utilizzata, perché maggiormente resistente al sale, fu il pino corso (Enescu, 2016); oggi è usato anche come alberi di Natale, legna da ardere e paleria. È apprezzato infine per usi paesaggistici e urbanistici per la sua tolleranza all'inquinamento.

La produttività media del pino nero non è predefinita, perché molti sono i fattori ambientali e stagionali che ne influenzano la crescita: varia da 8-20 m³/ha/anno per individui in monoculture su suoli fertili, mentre in condizioni più naturali la produttività è di 6-11 m³/ha/anno e scende a quantità inferiori a 3 m³/ha/anno nelle stazioni generalmente aride.

L'uso del legno del pino nero come combustibile, seppur molto frequente, non è consigliato infatti nonostante abbia il valore di potere calorifero più elevato (circa 4900 kcal/Kg) e sia di facile combustione grazie alla presenza delle resine altamente infiammabili, è un legno di breve durata;

infatti, sviluppa un'immediata fiamma scintillante che riscalda in fretta, ma che richiede alti quantitativi di legname per l'alimentazione, inoltre ha il difetto di produrre molto fumo durante la fase di accensione. Al contrario legni più densi come quello di faggio garantiscono un elevato connubio di calore e durata.

Infine, le piante del genere *Pinus* fino al secolo scorso erano incise tramite la pratica della "resinatura" per l'estrazione di resina impiegata come combustibile, isolante e collante; tracce di questa usanza storica sono evidenti ancora oggi nei rimboschimenti sul Monte delle Cesane (PU) (Figura 1.13).



Figura 1.13 - Resinatura al colletto su individuo di Pinus nigra rinvenuto nel rimboschimento del Monte delle Cesane (PU) in occasione dei rilievi in campo per il seguente lavoro di tesi.

2. - AREA DI STUDIO

2.1. - Caratteri ambientali dell'area

L'area di studio è il promontorio denominato Monti della Cesana (o delle Cesane), localizzato in area collinare interna della provincia di Pesaro-Urbino e condiviso amministrativamente tra i comuni di Fossombrone, Urbino, Isola del Piano e per una minima parte Fermignano. Per una più efficace rappresentazione grafica il sistema montuoso è stato delimitato tramite l'utilizzo di una maschera vettoriale costruita con software Qgis considerando come limiti geografici i principali raccordi stradali locali: a sud e ad est la Provinciale SS73bis mentre a nord-ovest la strada Provinciale delle Cesane (Figura 2.1).

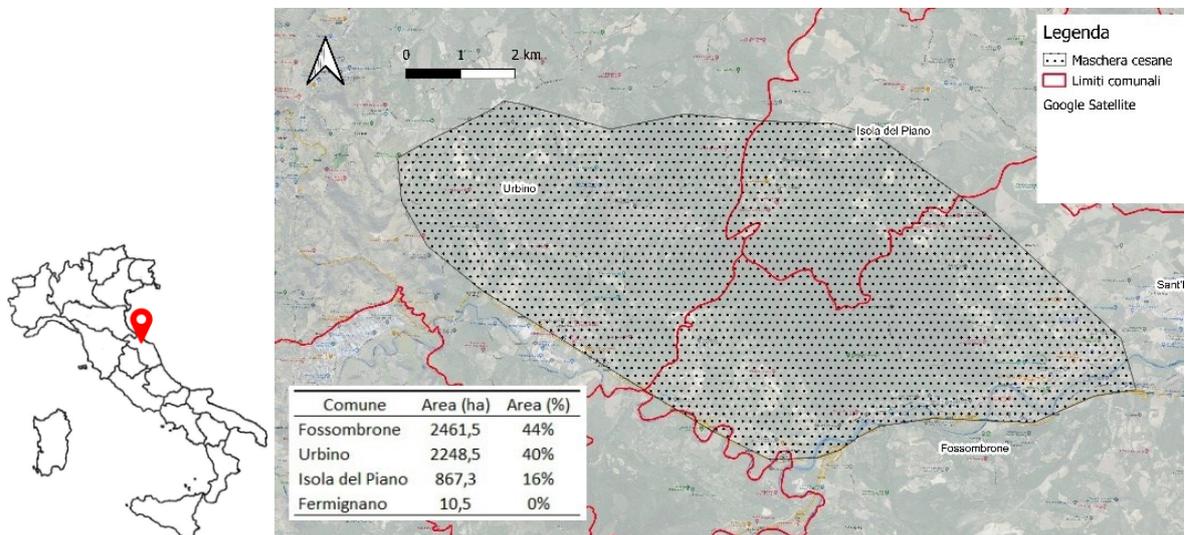


Figura 2.1 – Localizzazione spaziale, delimitazione grafica e amministrativa del sito: Monte delle Cesane (PU).

Questo ampio rilievo di natura carbonatica, con altezze comprese tra un minimo 150 ed un massimo di 648 metri sul livello del mare, si estende longitudinalmente da Fossombrone ad Urbino in direzione SE-NO e con una lunghezza circa di 15-20 km. Parametri generali e riassuntivi dell'area in questione in tabella 2.1.

Caratteri	
GEOMORFOLOGIA	Dorsale carbonatica
Direzione	SE-NO
QUOTA (m. slm)	150-648
CLIMATICI	Meso-temperato
T medie annuali (°C)	12°-13°
P medie annuali (mm)	900-1000
Piano bioclimatico	Collinare interno e submontano
VEGETAZIONALI	
Vegetazione potenziale	Submediterranea
Tipologia	Orno-ostrieti mesoxerofili, rupestri, roverelleti mesoxerofili
BACINO	Metauro e Foglia
Settore	Medio
PROPRIETA'	Demaniale e privata

Tabella 2.1 - Caratteri sintetici del Monte delle Cesane (Fonte: la Valle del Metauro; emergenze naturali. <https://www.lavalledelmetauro.it/contenuti/beni-ambientali/scheda/4013.html>).

L'area presenta una netta distinzione tra il fondovalle e il rilievo montuoso: il primo è occupato dai pochi centri abitati e urbani, gli spazi sono dedicati essenzialmente ai seminativi favoriti dall'assenza di pendenze, dalla disponibilità idrica (grazie alla presenza dei fiumi Metauro e Candigliano) e dalla viabilità che rende facili gli interventi colturali. All'aumentare delle pendenze invece, inizia la copertura boschiva di latifoglie, conifere (i rimboschimenti) e mista, mentre diminuisce la pressione dell'uomo che si presenta principalmente per fini turistici, didattica naturalistica e ricreativi come raccolta funghi e tartufi (Figura 2.2).

Classificazione copertura/uso del suolo
CLC 2012

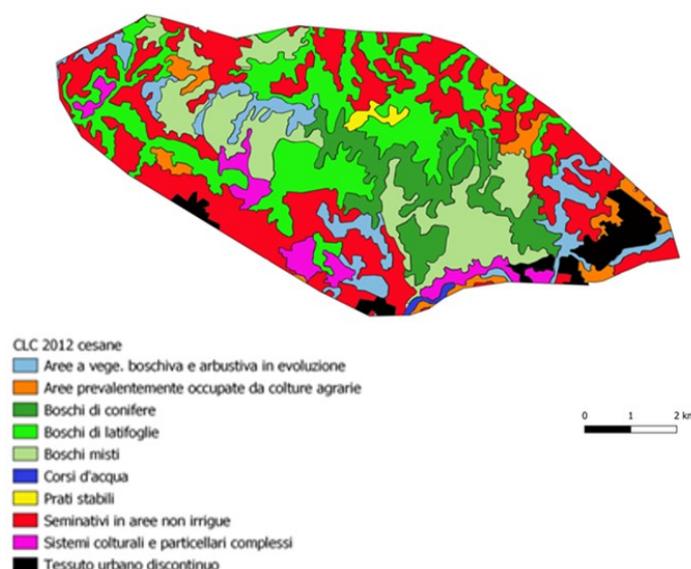


Figura 2.2 - Classificazione della copertura/uso del suolo del Monte delle Cesane (elaborazione personale dei dati Corine Land Cover 2012).

2.1.1. - Assetto geolitologico e pedologico

Dal punto di vista geologico rappresenta una ampia anticlinale anch'essa orientata sull'asse N-NO e S-SE, facente parte, assieme alla vicina anticlinale del Monte Pietralata - Monte Paganuccio della dorsale marchigiana. Tale struttura è formata da facies prevalentemente calcaree e calcareo-marnose con al nucleo quindi i terreni più antichi (Scaglia Bianca e Rossa), mentre ritroviamo terreni più giovani come il Bisciario, Schlier e depositi marnoso arenacei nelle zone più marginali ad ovest, le quali rappresentano la sinclinale del fiume Metauro. L'area presenta diffuse faglie, sia dirette che inverse, con un esteso sovrascorrimento che spinge i terreni della sinclinale del fiume Metauro ad est verso il bordo occidentale dell'anticlinale Monti delle Cesane (Figura 2.3).

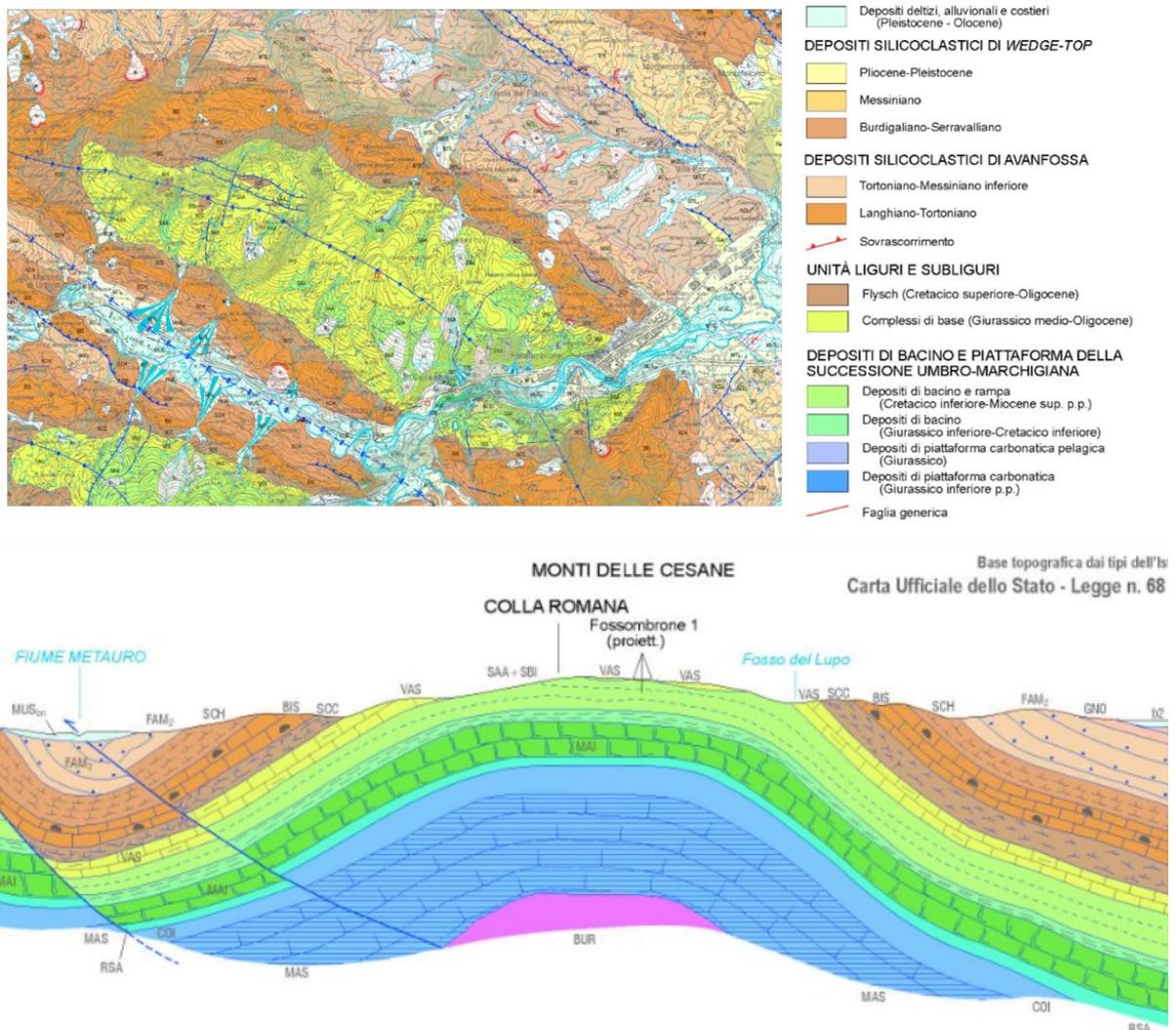


Figura 2.3 - Carta geologica del monte delle Cesane (sopra) e sezione longitudinale dello stesso (sotto) (Fonte: Ispra - https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/280_FOSSOMBRONE/Foglio.html).

La classificazione “sistemi di terre”, che tiene in considerazione aspetti geomorfologici, climaticovegetazionali e di uso del suolo, individua nell'area sistemi di fondovalle in prossimità del

fiume, mentre salendo di quota si passa dai sistemi di colline subappenniniche a colline interne, fino ai rilievi appenninici calcarei nelle quote maggiori (Figura 2.4).

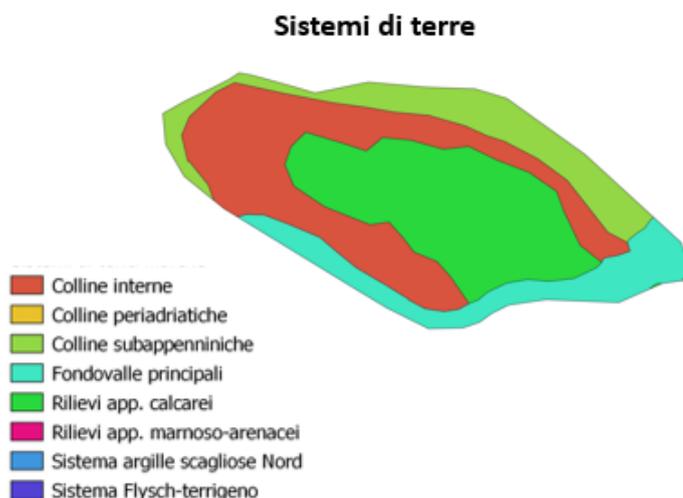


Figura 2.4 - Classificazione secondo i Sistemi di terre della maschera delimitante l'area di studio (elaborazione personale dei dati regionali).

Dal punto di vista geomorfologico l'area si presenta come un vasto rilievo con fianchi più o meno acclivi a seconda dei versanti e dalla cima arrotondata o quasi appiattita dai fenomeni erosivi; numerosi sono gli impluvi lunghi i fianchi del monte, incisi da altrettanti corsi d'acqua aventi prevalentemente carattere torrentizio. A S-SO (in corrispondenza di Fossombrone) la dorsale è stata erosa dal fiume Metauro che scavando dapprima in terreni alluvionali e successivamente in terreni calcarei ha dato vita a formazioni geomorfologiche tipiche chiamate Marmitte dei Giganti grazie alla combinazione di fattori litologici e idrodinamici del corso d'acqua. (Figura 2.5).

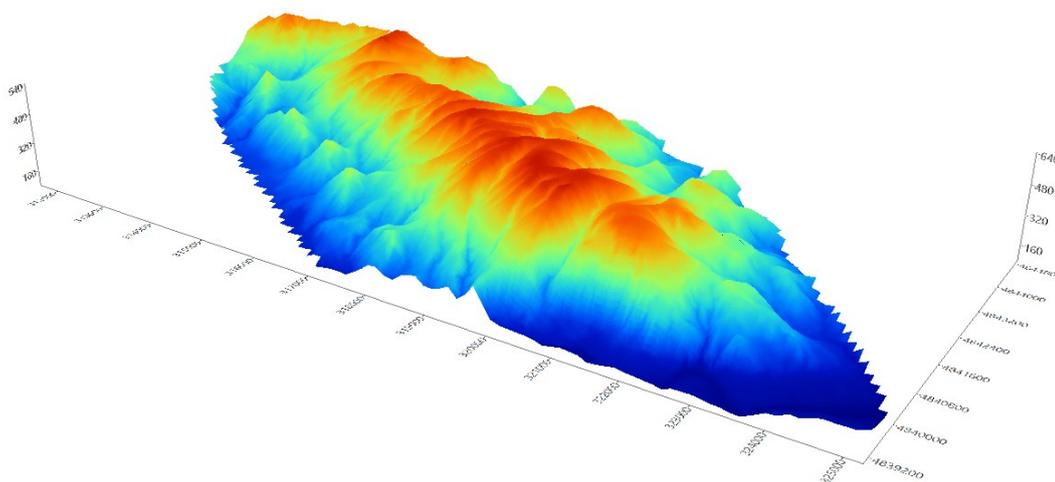


Figura 2.5 - Visualizzazione tridimensionale del Modello Digitale del Terreno (DEM) ritagliato con la maschera delimitante l'area di studio; la gradazione del colore va da blu (zone a quote più basse) al rosso (zone a quote più alte).

Per un maggiore inquadramento territoriale dell'area di studio soprattutto sotto l'aspetto idrologico si rimanda a "Allegato 3: Approfondimento caratteri idrologici del Monte delle Cesane".

2.1.2. - Caratteri climatici e bioclimatici

Le Cesane sono caratterizzate da un macroclima caldo temperato il quale è influenzato ad est dalle correnti Adriatiche che mitigano le correnti fredde provenienti da nord e da est, mentre da ovest il clima è influenzato dagli Appennini che fungono da barriera contro le correnti atlantiche più temperate e umide. Il macroclima temperato si differenzia poi in sotto-climi a seconda dell'esposizione e delle quote; pertanto, a quote superiori ai 500 metri il clima è temperato oceanico-semicontinentale tipico dei rilievi preappenninici del versante Adriatico. Le aree di fondovalle hanno un clima temperato oceanico-semicontinentale tipico delle pianure alluvionali del medio Adriatico; infine, l'area esposta a nord ha un clima semicontinentale-oceanico caratteristico delle aree di media altitudine dell'arco appenninico Adriatico (Figura 2.6).

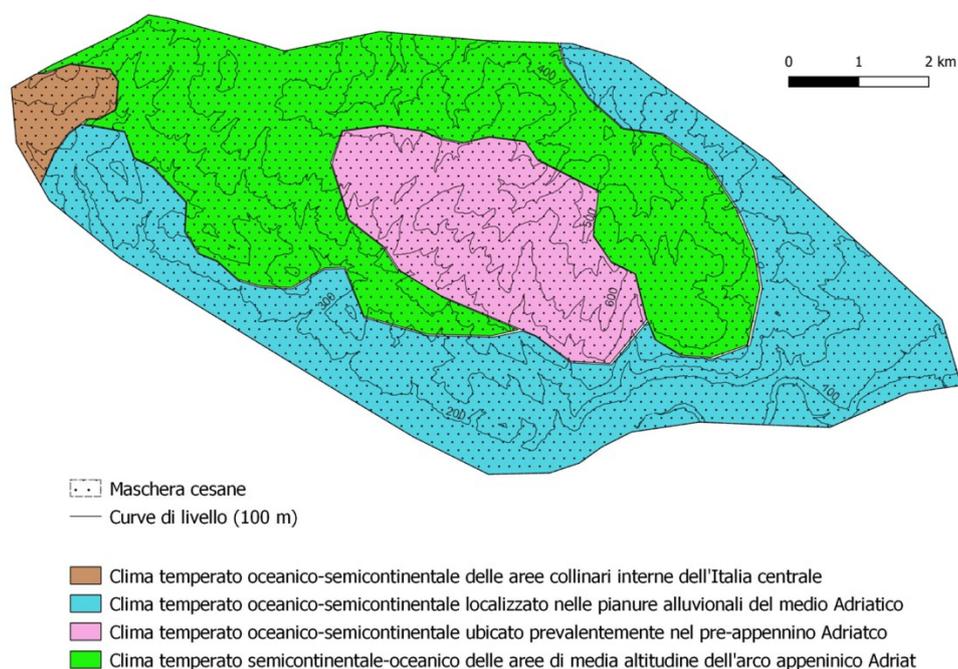


Figura 2.6 – Elaborazione persona della classificazione dei sotto-climi nell'area di studio (Fonte: [geoportale nazionale - http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms/](http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms/))

Con i dati termopluviometrici del periodo 1991-2021 del sito climate-data.org relativi alla stazione di Urbino posta a pochi km di distanza dal sito di studio, si osserva una media annuale di piovosità pari a 859 mm; vi è quindi una piovosità significativa durante tutto l'anno, mentre il mese più secco con 42 mm è luglio. Luglio è anche il mese con il minor numero di giorni di pioggia, al contrario novembre con una media di 93 mm è il mese con maggiore apporto, mentre è aprile il mese con il maggior numero di giorni piovosi. Si registra una temperatura media annuale di 13,3 °C, più nel dettaglio luglio con 23,4 °C è il mese più caldo dell'anno, mentre la più bassa è registrata in gennaio con 4 °C (Tabella 2.2). Il mese con l'umidità relativa più alta è dicembre (83.87 %), al contrario luglio registra il valore più basso (58.55 %). Dal climodiagramma si può osservare come sia sempre

nel mese di luglio il periodo siccitoso dato dalla sovrapposizione della curva delle temperature medie e la media delle somme delle precipitazioni mensili (Figura 2.7).

Tabella 2.2 - Media delle somme delle precipitazioni mensili e temperature medie mensili della stazione pluviometrica di Urbino, periodo 1991-2021 (Fonte: sito [climate-data.org](https://it.climate-data.org) - <https://it.climate-data.org/europa/italia/marche/urbino-14352/>).

Urbino: 1991-2021													
medie mensili	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Media annua
Precipitazioni (mm)	65	70	75	82	73	54	42	54	83	80	93	88	859
Temperatures (°C)	4	4,6	8,2	12	16,3	20,8	23,4	23,1	18,2	14,1	9,5	5,2	13,3

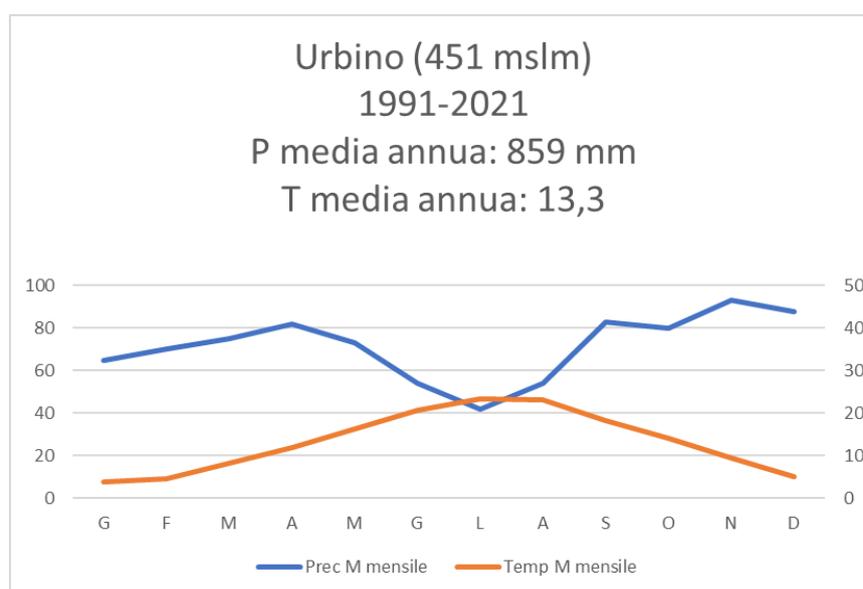


Figura 2.7 - Climodiagramma della stazione pluviometrica di Urbino, periodo 1991-2021 (elaborazione personale dei dati: <https://it.climate-data.org/europa/italia/marche/urbino-14352/#climate-graph>).

Ad arricchire questa analisi dell'andamento climatico dell'ultimo trentennio è stato svolto un approfondimento anche per il periodo 1921-1989 dell'area in questione; pertanto, si rimanda a "Allegato 3: Evoluzione climatica nel territorio di Urbino dal 1921 al 2021".

2.1.3. - Caratteri vegetazionali e faunistici

Nonostante il passato travagliato dell'area, la zona gode di una ricchezza naturalista, floristica e faunistica non da meno; tali proprietà sono da attribuirsi alle diversità geologiche, geomorfologica e climatiche, ma anche grazie alla sua disposizione geografica. Oltre a due aree floristiche in loco (Scòpi di 14,5 ha circa sul versante Sud della Cesana Alta e Fontanelle di 4,2 ha circa sul versante Nord del M. della Croce della Cesana bassa), diverse sono le aree di Rete Natura 2000 (SIC e ZPS)

e di pregio che circondano il sito delle Cesane; infatti, nel raggio di appena 20 km a distanza d'aria, tra SIC e ZPS se ne possono contare 16:

- a est: Corso dell'Arzilla (SIC), Fiume Metauro da Piano di Zucca alla foce (ZPS e SIC), Tavernelle sul Metauro (ZPS e SIC), Mombarroccio e Beato Sante (ZPS e SIC) e area floristica protetta di Montebello;
- a nord: Valle Avellana (SIC), Montecalvo in Foglia (SIC); Calanchi e praterie aride della media Valle del Foglia (ZPS);
- a ovest: Monte Nerone e Monti di Montiego (ZPS), Monte Catria, Monte Acuto e Monte della Strega (ZPS), Monte Catria e Monte Acuto (SIC), Monte Nerone-Gila di Gorgo a Cerbara (SIC);
- a sud: Furlo (ZPS) e Gola del Furlo (SIC).

Questa disposizione rende il Monte delle Cesane un'area di unione e d'importanza strategica (core) di biodiversità all'interno della rete ecologica nella parte nord della regione Marche funzionale anche come collegamento tra ambienti costieri e montani (Figura 2.8).

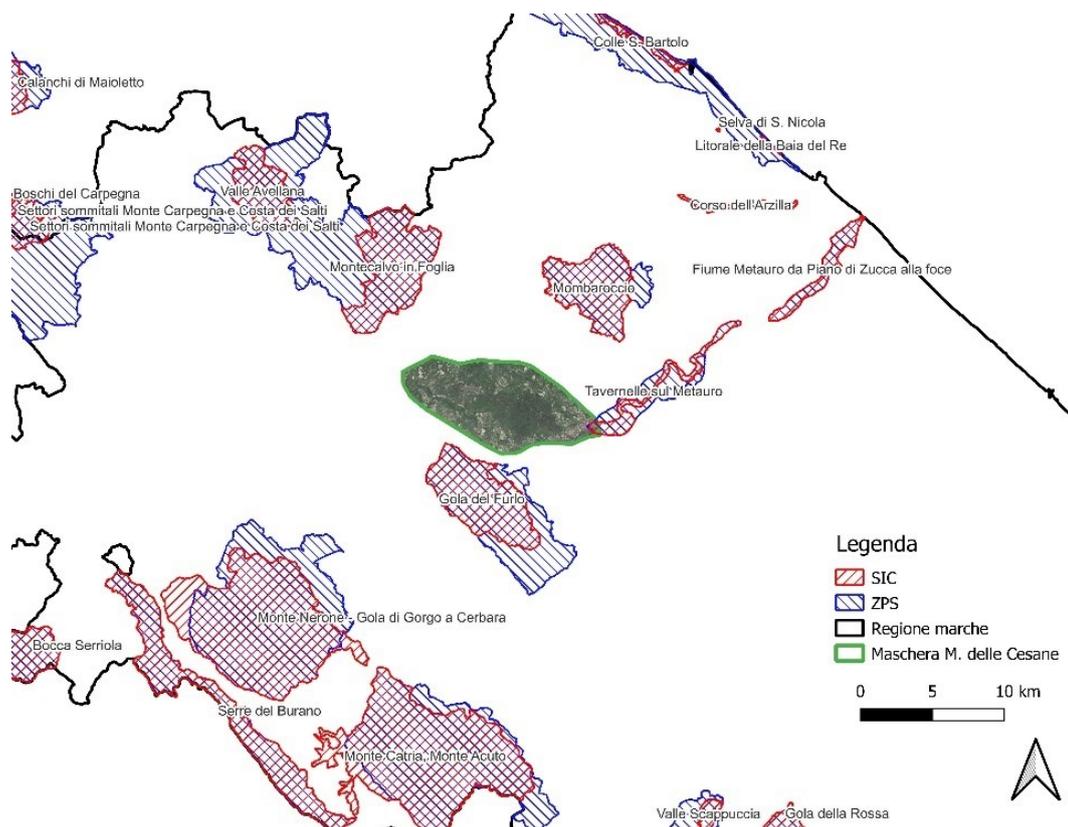


Figura 2.8 - Inquadramento spaziale di siti RN2000 nel territorio circostante al Monte delle Cesane (PU).

L'area delle Cesane è classificabile nel piano bioclimatico collinare interno e sub-montano (120 – 650 m slm.) meso-temperato con litologia carbonatica; pertanto, la vegetazione potenziale è quella della serie dei querceti a dominanza di roverella insieme ai boschi misti di carpino nero, cerro e aceri (tipologia: Orno-ostrieti mesoxerofili, rupestri, roverelletti mesoxerofili). Nonostante ciò, la copertura

forestale reale differisce da quella attesa per via dei rimboschimenti passati; dominano diversi generi e specie di conifere poiché oltre al pino nero vennero impiantati anche pini marittimi, cipressi comuni, abeti bianchi, abeti rossi, pini d'Aleppo, cipressi dell'Arizona, cipressi di Lawson, cedri dell'Atlante e dell'Himalaya. Accanto a queste si trovano specie locali quali il ginepro comune, oxicedro e latifoglie come il leccio, querce, aceri, carpino nero e scotano: arbusto tipico della macchia mediterranea capace di colonizzare terreni inospitali e riconoscibile dalle particolari fioriture rosse e gialle. Sul versante rivolto al mare si trovano stazioni di faggio e carpino bianco, alberi tipici di climi montani, freschi e umidi; la loro estensione è limitata in quanto la loro presenza solitamente si attesta a quote maggiori di quelle locali (massimo 648 m slm.), pertanto risultano essere una rarità azonale. La concentrazione abbastanza equa di fustaia e ceduo diversificano nel compresso gli habitat e le risorse alimentari per la fauna; per questa ragione e per la posizione geografica strategica dell'area, il valore faunistico è molto elevato. Il Monte delle Cesane funge infatti da collegamento tra la costa e l'entroterra ed essendo ad oggi un'area per lo più disabitata, ad eccezione delle frazioni a fondovalle, consente alla fauna una tranquilla permanenza grazie alla scarsa presenza di disturbi antropici.

Ad arricchire il valore faunistico vi sono i grossi mammiferi, tra cui il lupo, il cinghiale e il daino, quest'ultimo riconducibile ad un passato ripopolamento accidentale causato dalla loro fuga dagli allevamenti della vecchia ASFD di Urbino; diversamente la presenza del capriolo non è dovuta ad immissioni o reintroduzioni, ma probabilmente ad un'espansione spontanea delle popolazioni appenniniche. Molti i piccoli mammiferi quali lepre, donnola, faina e una nutrita popolazione di ghiri, moscardini e scoiattoli. Non mancano la volpe e tasso che trovano prede nella popolazione di micro-mammiferi quali topi e arvicole, e dai tanti frutti selvatici.

Tra l'avifauna, si può citare la presenza dell'aquila reale che nidifica presso il vicino massiccio del Furlo e spesso utilizza le Cesane come territorio di caccia; sono segnalati anche vari falconidi, tra cui il raro biancone. Per il resto sono presenti passeriformi tipici degli ambienti boschivi: cince, averle, verzellini, tordi, picchi, luì, scriccioli, pettirossi e tanti altri, compreso il crociere, tipico dei boschi settentrionali di conifere. Infine, tra i rettili, oltre a biacchi e bisce dal collare, è presente anche il saettone dalle notevoli dimensioni.

2.1.4. - Foreste e loro gestione

La maschera che delimita il promotorio copre circa 5588 ettari in gran parte di proprietà privata, ma un'ampia area di proprietà regionale è la Foresta Demaniale delle Cesane, che si estende per circa 1570 ettari, ovvero poco meno di 1/3 dell'ambito sopra individuato. Il 58% della foresta demaniale ricade nel comune di Fossombrone, mentre la restante parte è nel territorio di Urbino e Isola del

Piano dove è gestita per conto della Regione Marche dall'Unione Monta Alta Valle del Metauro a cui aderiscono i comuni di Urbino e Fermignano (Figura 2.9).

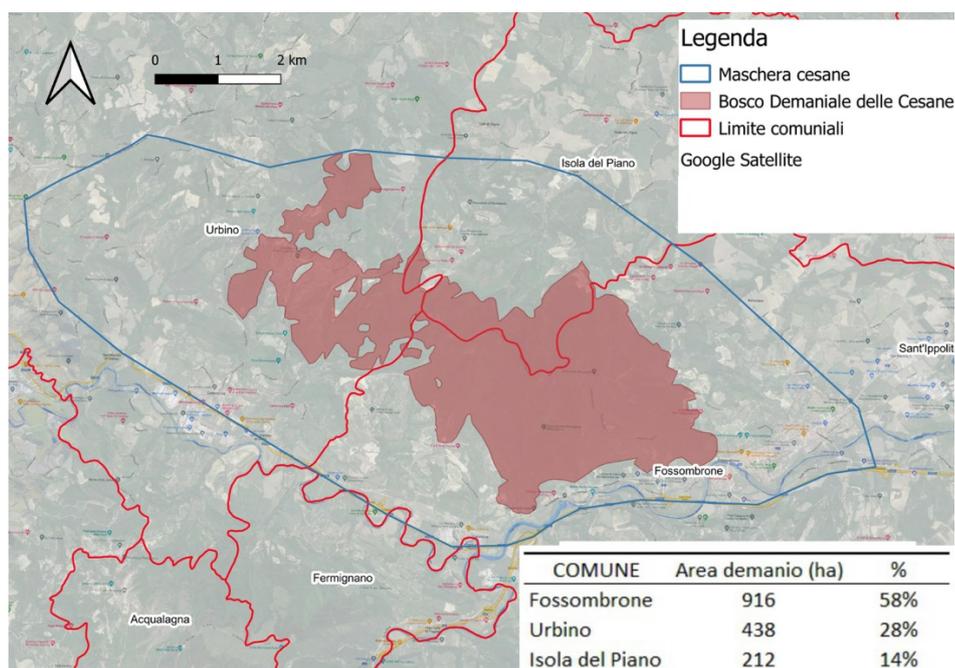


Figura 2.9 – Limiti catastali della Foresta Demaniale delle Cesane e relativa ripartizione amministrativa (personale elaborazione da dati Istat e Demanio regionale).

2.1.4.1. – Categorie, tipi forestali e strutture presenti

Ad oggi, i dati forniti dall'ultimo inventario forestale della regione Marche (IPLA, 2000) consentono di avere un quadro conoscitivo accurato, ma non aggiornato poiché l'inventario si avvale di rilievi svolti al termine degli anni 90'; pertanto, è certo che le estensioni attuali siano difformi da quelle di vent'anni fa per via delle successioni secondarie di origine naturali e artificiali, mentre la frequenza delle categorie non ha subito particolari variazioni. Ne risulta quindi che la categoria più frequente e caratterizzante è costituita dai rimboschimenti a prevalenza di conifere con una estensione pari al 42% dell'area indagata, a seguire dai querceti con il 37% e dagli orno-ostrieti (14%) (Figura 2.10).

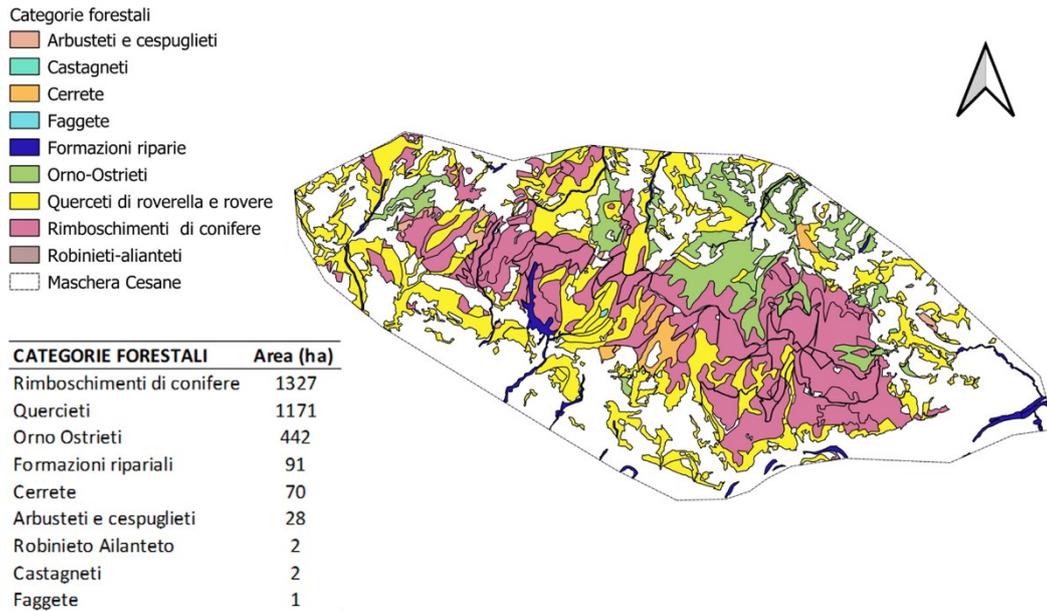


Figura 2.10 - Categorie forestali e loro estensione all'interno della maschera che delimita il Monte delle Cesane (PU) (Elaborazione personale dei dati dell'Inventario forestale regionale; IPLA, 2000).

Relativamente ai tipi forestali, si nota la dominanza del tipo RC30 “Rimboschimenti di conifere della fascia delle latifoglie supra-mediterranee” a prevalenza di pino nero e con cipressi, cedri e abeti mediterranei. In generale, considerando le altre tipologie, prevalgono i tipi di: Querceto xerofilo di roverella (QU10 evidenziato in figura con colore verde acceso e bordo rosso; è l'83% della sua categoria all'interno della maschera) tipico della zona costiera e preappenninica con clima mesomediterraneo; Ostrieto mesoxerofilo (OS20 evidenziato in figura con colore giallo acceso con bordo rosso; è l'82% della sua categoria all'interno della maschera) caratterizzante dei versanti carbonatici con assenza di carpino bianco e nocciolo, e predominanza di specie mesoxerofile su quelle mesofile e xerofile. (Figura 2.11).

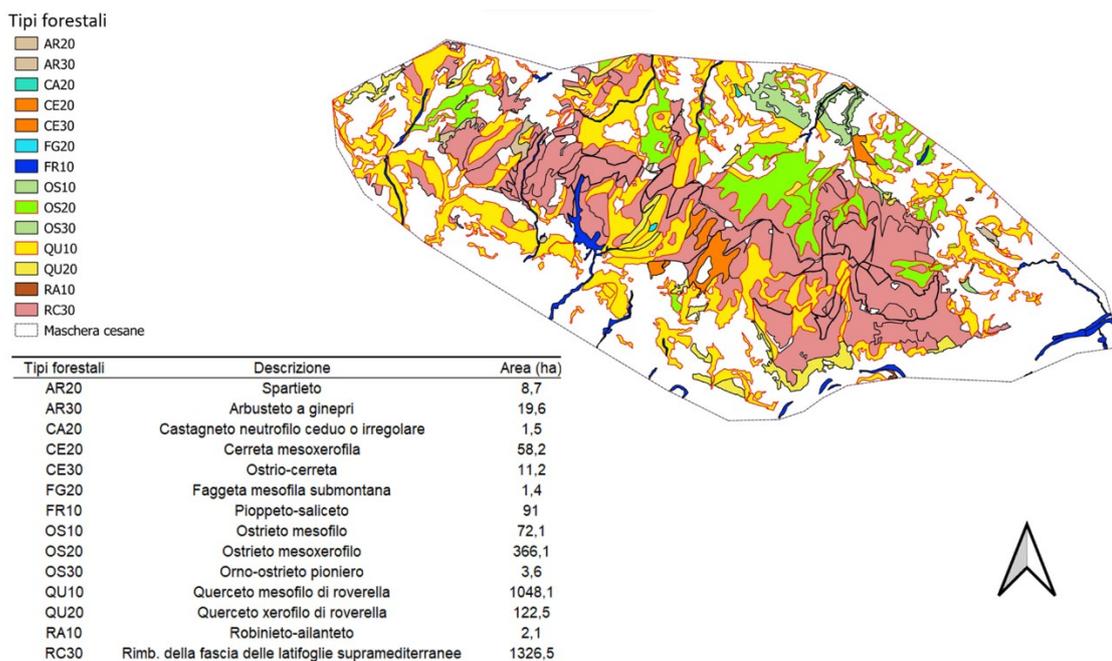


Figura 2.11 - Tipi forestali e loro estensione all'interno della maschera che delimita il Monte delle Cesane (PU) (Elaborazione personale dei dati dell'Inventario forestale regionale; IPLA, 2000).

Allo stesso modo la struttura dominante per estensione risulta essere quella ad alto fusto (monoplana, biplana o stratificata) con il 42% dettata essenzialmente dai rimboschimenti di conifere, seguita con il 36% dal ceduo intensamente matricinato imputabile agli orno-ostrieti e con il 14% dalla struttura a ceduo semplice dei querceti (Figura 2.12).

Struttura

- Ceduo int. matricinato
- Ceduo semplice
- Fustaia
- Fustaia su ceduo
- Neoformazione
- Rimboschimento
- Senza gestione
- Maschera cesane

STRUTTURA	Area (ha)
Rimboschimento	1326,5
Ceduo int. matricinato	1137,9
Ceduo semplice	420,7
Fustaia su ceduo	169,7
Neoformazione	47,8
Senza gestione	17,1
Fustaia	12,7

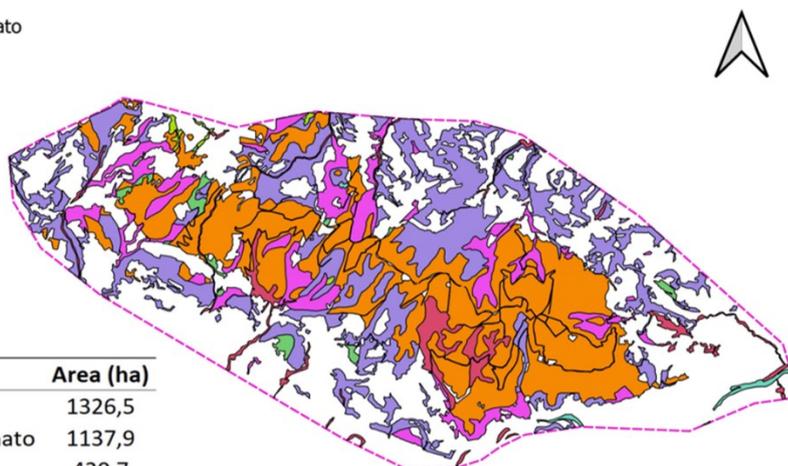


Figura 2.12 - Strutture forestali e loro estensione all'interno della maschera che delimita il Monte delle Cesane (PU) (Elaborazione personale dei dati dell'Inventario forestale regionale; IPLA, 2000).

2.1.4.2. - I rimboschimenti di conifere: cenni storici e stato dell'arte

L'area naturalistica che oggi caratterizza i Monti delle Cesane ha avuto, come buona parte dei rilievi appenninici boscati, dinamiche di paesaggio interessanti e travagliate: l'area risultava essere ricoperta di boschi fin dai tempi più antichi, ma con l'espansione della civiltà romana e la nascita di numerosi insediamenti limitrofi, la copertura forestale fu ridotta sensibilmente. Il nome stesso "Cesane" deriva dal latino "*caedere*" che significa "tagliare" o ancora meglio "luogo in cui si taglia" in riferimento alla risorsa legnosa e anche per ottenere praterie idonee al pascolo. All'inizio del 1900, le attività predominanti agro-pastorali raggiunsero le aree sommitali del gruppo montuoso. Nel primo ventennio del secolo scorso terminata la Prima guerra mondiale, con la disponibilità di mano d'opera dei prigionieri austriaci e con il subentrare di normative finalizzate al contrasto del dissesto idrogeologico (Legge Serpieri, 1923), vennero avviate importanti opere di rimboschimento a livello nazionale e tra le aree particolarmente interessate vi fu per l'appunto il Monte delle Cesane per via delle sue pendenze costanti e rilevanti soprattutto in prossimità dell'abitato di Fossombrone.

Sui terreni impoveriti dalle lavorazioni agrarie e dai fenomeni erosivi vennero principalmente usate specie di conifere, rustiche e pioniere di cui in abbondanza il pino nero d'Austria, al fine di garantire un facile attecchimento e rapido sviluppo, così da ripristinare buone condizioni di suolo in preparazione alle specie autoctone di latifoglie. In occasione della messa a dimora delle nuove piante vennero realizzate anche opere che oggi potremmo identificare come primordi dell'ingegneria naturalistica, ovvero buona parte del terreno venne preparato alla piantumazione con spietramento manuale e con le stesse pietre vennero realizzati dei gradonamenti (Figura 2.13). Ad oggi l'impianto regolare e le file di alberi sono ben visibili così come i gradonamenti che avevano una funzione sia di riduzione delle pendenze e quindi del dissesto, sia funzione migliorativa delle qualità del suolo migliorandone soprattutto i valori di umidità e di regimazione delle acque. Dal confronto dell'età dei campioni legnosi prelevati da diversi siti nell'area e dall'analisi foto interpretativa dell'ortofoto del 1954, è possibile affermare che i primi rimboschimenti siano stati realizzati a partire dalle quote più basse, in prossimità dei centri abitati, per poi interessare i crinali e le vette; infatti, i campioni più vecchi sono stati rinvenuti in prossimità di Fossombrone.



Figura 2.13 - Gradonamenti e impianto regolare dei rimboschimenti eseguiti sul Monte delle Cesane.

Per un maggiore approfondimento sui rimboschimenti di conifere realizzati nelle Marche e sulle loro condizioni vegetative si rimanda all' Allegato 1 "Rimboschimenti e attuale stato" con dati dell'inventario forestale regionale (IPLA, 2000).

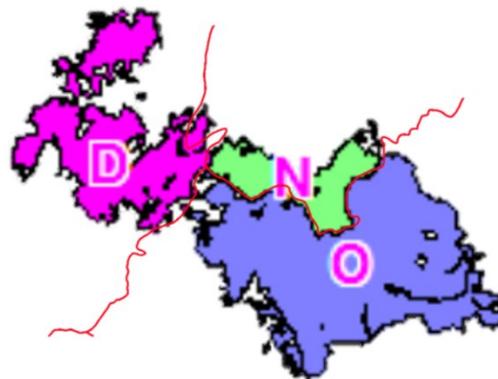
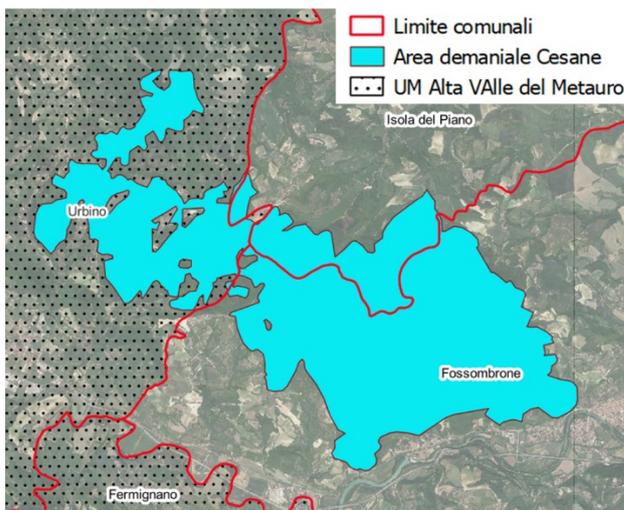
2.1.4.3. - Pianificazione e gestione forestale

L'attuale piano di gestione forestale di livello aziendale è stato redatto avvalendosi della sottomisura 16.8 Az. A del PSR Marche 2014-2020; è stato commissionato dall'Unione Montana Alta Valle del Metauro a diversi studi ed enti di pianificazione regionale e privati quali D.R.EAm Italia, Studio Verde Associazione Professionale, Studio Silva s.r.l. e Studio R.D.M..

Il piano con durata decennale dal 2020 al 2029 si pone come macro-obbiettivi:

- incrementare la stabilità ecologica e strutturale delle cenosi, quindi incrementare e migliorare la rinnovazione naturale e la maggiore tutela degli ecosistemi;
- aumentare la multifunzionalità del capitale naturale per valorizzare il capitale umano locale con un incremento della produzione legnosa;
- diversificare e rafforzare i servizi ecosistemi quali la funzioni naturalistica, paesaggistica, socioeconomica, difesa idrogeologica, turistica-ricreativa, e didattico-ambientale.

L'area pianificata interessa tutte le proprietà demaniale sono gestite dalla suddetta Unione Montana, ma per coerenza del lavoro viene di seguito esaminata l'area demaniale del Monte delle Cesane, la quale è stata scomposta in tre sezioni per pertinenza comunale: sezione D area ricadente nel comune di Urbino (29%), sezione N nel comune di Isola del Piano (13%) e sezione O nel comune di Fossombrone (58%) (Figura 2.14). Si ricorda che né il comune di Fossombrone né quello di Isola del Piano rientrano in alcuna Unione Montana, ma il secondo ha aderito alla pianificazione coordinata dalla Unione Montana Alta Valle del Metauro; pertanto, il piano di assestamento è stato esaminato per le sole sezioni D e N.



Comune	Area ass. (ha)	%
Urbino	443,1	97%
Isola del piano	12,6	3%
Tot	455,7	

Figura 2.14 - Ripartizione della foresta demaniale delle Cesane in tre sezioni: D nel comune di Urbino. N, nel comune di Isola del Piano e O nel comune di Fossombrone. Circa il 50% dell'intera area demaniale ricade nel piano di gestione di cui la sezione D è pari al 97% e la sez. N al 3% del totale assestato.

Nell'area assestata la tipologia con superficie maggiore è quella relativa ai rimboschimenti di conifere (59%), seguita da querceti di roverella e rovere (17%), latifoglie varie, pure o miste (13%) ed infine gli orno-ostrieti (11%); per ogni tipologia oltre il 70-80% della superficie forestale è stata classificata come produttiva (Figure 2.15). Grazie al particellare della sezione D e al documento di sintesi, per un maggiore inquadramento dell'area è possibile scomporre le tipologie per strutture di governo, come segue in immagine 2.16.

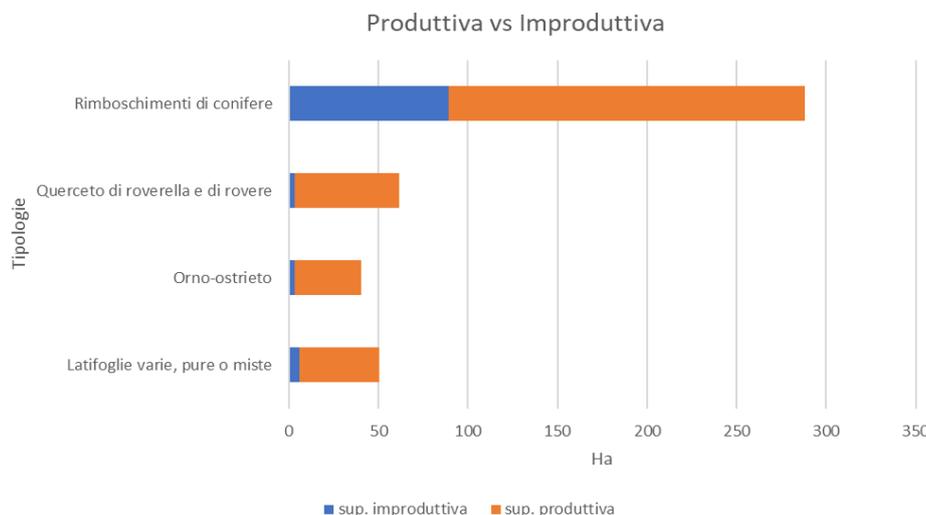


Figura 2.15 - Ripartizione degli ettari assestati classificati come produttivi e non per tipologie forestali (Fonte: particellare Sez. D).

Sez. D

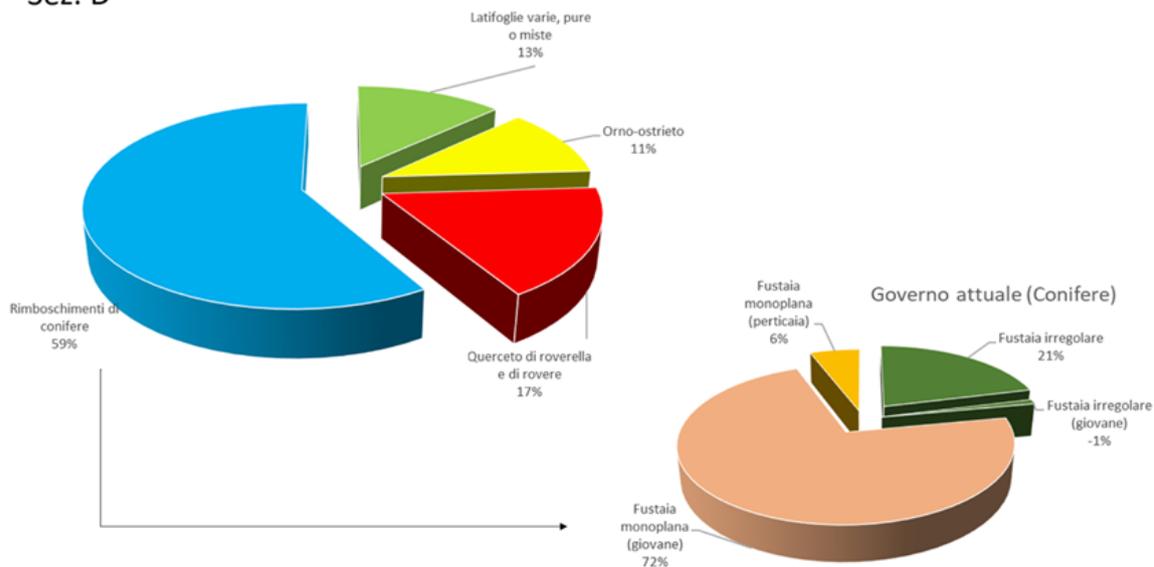


Figura 2.16 - Ripartizione percentuale delle categorie forestali (in alto a sinistra) e focus sul governo attuale per la categoria rimboschimenti (Fonte: particellare della Sez. D).

La composizione delle comprese, ovvero aggregazioni di particelle caratterizzate dalla stessa funzione prevalente e dallo stesso indirizzo gestionale, vede una dominanza delle “fustaie di conifere e miste” (FC), per le quali essendo state piantate, la loro gestione selvicolturale è finalizzata alla rinaturalizzazione favorendo la successione delle latifoglie autoctone tramite interventi di diradamento progressivo. Per le comprese classificabili come “boschi cedui” (BC) è previsto il proseguimento di ceduzione per produrre legna da ardere per i soli cedui che rispettano i requisiti ecologici e normativi (età <30 anni, limite non previsto per gli orno-ostrieti). Per le comprese di “boschi ad evoluzione naturale” si distinguono quelle “guidate” (per le formazioni con funzione «protettiva» dove le condizioni stazionali sono limitanti, per particelle con finalità naturalistiche e per boschi di neoformazione e/o con struttura irregolare) da quelle “incontrollate” (per le quali sono previsti interventi straordinari dove le condizioni stazionali sono molto limitanti). Infine, per le comprese di “fustaie di latifoglie” (FL), che comprendono i soprassuoli in conversione a fustaia (quindi boschi già sottoposti a taglio di avviamento o che sono soggetti a taglio di avviamento) e fustaie di origine gamica o di neoformazione, sono previsti per l’appunto l’avviamento ad alto fusto con tagli specifici oppure cure colturali. Nel complesso sono previsti anche interventi fitosanitari o di recupero danni, poiché parte delle particelle assestate (Unità di gestione: UDG) della sezione D sono state interessate dal passaggio dall’incendio nel luglio del 2017; in alternativa non è preventivato alcun tipo d’intervento (Tabella 2.3).

Tabella 2.3 - Tabella pivot della categoria forestale 'rimboschimenti di conifere' della sola sezione D nella quale vengono messi in relazione gli ettari del governo attuale rispetto all'orientamento selvicolturale previsto dal piano con relativi interventi colturali (elaborazione personale dei dati del particellare sezione D).

CATEGORIA	GOVERNO ATTUALE	ORIENTAMENTO SELVICOLTURALE					Totale complessivo produttivo (ha)
		Conversione e ad alto fusto	Evoluzione naturale guidata	Evoluzione naturale incontrollata	Governo a ceduo	Governo a fustaia a struttura monoplana	
Rimboschimenti di conifere (ha)			79,0			120,3	199,3
	Fustaia irregolare		35,3			7,4	42,7
	Fustaia irregolare (giovane)		-2,0				-2,0
	Fustaia monoplana (giovane)		37,0			109,8	146,9
	Fustaia monoplana (pertaia)		8,7			3,0	11,7

2.2 Obiettivi della tesi

Come anticipato nella contestualizzazione iniziale, per poter effettuare appropriati interventi selvicolturali di conservazione o rinaturalizzazione delle pinete di pino nero nella foresta delle Cesane, è opportuno possedere informazioni sullo stato vegetativo, sulle dinamiche di accrescimento e sensitività della specie. Pertanto, il seguente studio ha l'obiettivo specifico di fornire al gestore pubblico informazioni di maggior dettaglio sullo stato delle pinete di pino nero sul Monte delle Cesane.

Le condizioni vegetative del pino nero sono state valutate attraverso l'analisi sincronica delle dinamiche di accrescimento radiale degli alberi e delle relazioni fra tali accrescimenti e l'andamento di alcuni variabili climatiche negli ultimi decenni verificando l'eventuale influenza di fattori stagionali, (es. esposizione, quota, pendenza), e caratteri strutturali delle cenosi (densità, composizione, altezza, età degli alberi presenti).

Le analisi dendrocronologiche e dendroclimatiche relative al pino nero nella foresta delle Cesane, sono state affiancate anche da un confronto con altri siti dell'Italia centrale, protagonisti anch'essi di rimboschimenti a base di pino nero; ciò ha consentito ulteriori approfondimenti e una visione d'insieme sulla vigoria della specie nel contesto dell'Appennino centrale.

3. - MATERIALI E METODI DI ANALISI

3.1. - Protocollo di campionamento in campo

Il campionamento ha richiesto uno studio preliminare della zona con il supporto di Qgis al fine di identificare dapprima i potenziali punti di campionamento. A tale scopo sono stati utilizzati come *layer* di partenza sia la carta forestale regionale, risultato dell'inventario forestale elaborato da IPLA nel 2000 e disponibile sul sito della regione Marche, sia i dati *opensource* forniti da *Copernicus* ed in particolare il dato *Forest Type*. Questo è un dato *raster* che discrimina la copertura forestale tra conifere e latifoglie basandosi sulle loro diverse risposte spettrali, registrate ed elaborate dai sensori multispettrali del sistema satellitare *Sentinel-2*. Le prime elaborazioni hanno previsto:

- selezione, salvataggio e dissolvenza dei poligoni classificati come rimboschimento di conifere dall'inventario forestale regionale;
- vettorializzazione del dato *raster Forest Type* poi discriminato tra i poligoni di latifoglie e conifere;
- delimitazione dell'area di studio in modo visivo prendendo come limiti spaziali del bosco delle Cesane i principali raccordi stradali limitrofi.

Con tre dati vettoriali, sono stati eseguiti dei ritagli (*clip*) per superfici condivise da tutti e tre, in modo da ottenere dei poligoni interni all'area delimitata classificati sia dall'inventario regionale che da Copernicus come copertura forestale certa di conifere. All'interno di questi poligoni sono stati allocati 42 punti, ovvero le aree di saggio (*ads*) da campionare, tenendo conto di un'equa distribuzione spaziale per altimetria ed esposizione. Per l'altimetria, grazie all'extrapolazione delle curve di livello (direttrici: distanti tra loro 100 metri altimetrici) dal *raster TIN Italy* (risoluzione 10 metri), si sono ottenute quattro fasce altimetriche (300-400, 400-500, 500-600 e +600 m slm.); per l'esposizione ci si è basati sul naturale orientamento che il complesso montuoso ha da NO a SE, per predisporre equamente le aree da campionare tra i due versanti. Le aree da campionare inoltre, sono state allocate rispettando una distanza minima di 200 metri l'una dall'altra, ed evitando un'eccessiva vicinanza a strade o ai margini dei poligoni classificati come copertura certa di conifere; in questo modo si sono escluse aree dove la presenza del pino nero non fosse sufficientemente abbondante oppure aree in cui le maggiori aperture di chioma potessero essere state elementi di vantaggio eccezionale per la crescita degli individui arborei (Figura 3.1).

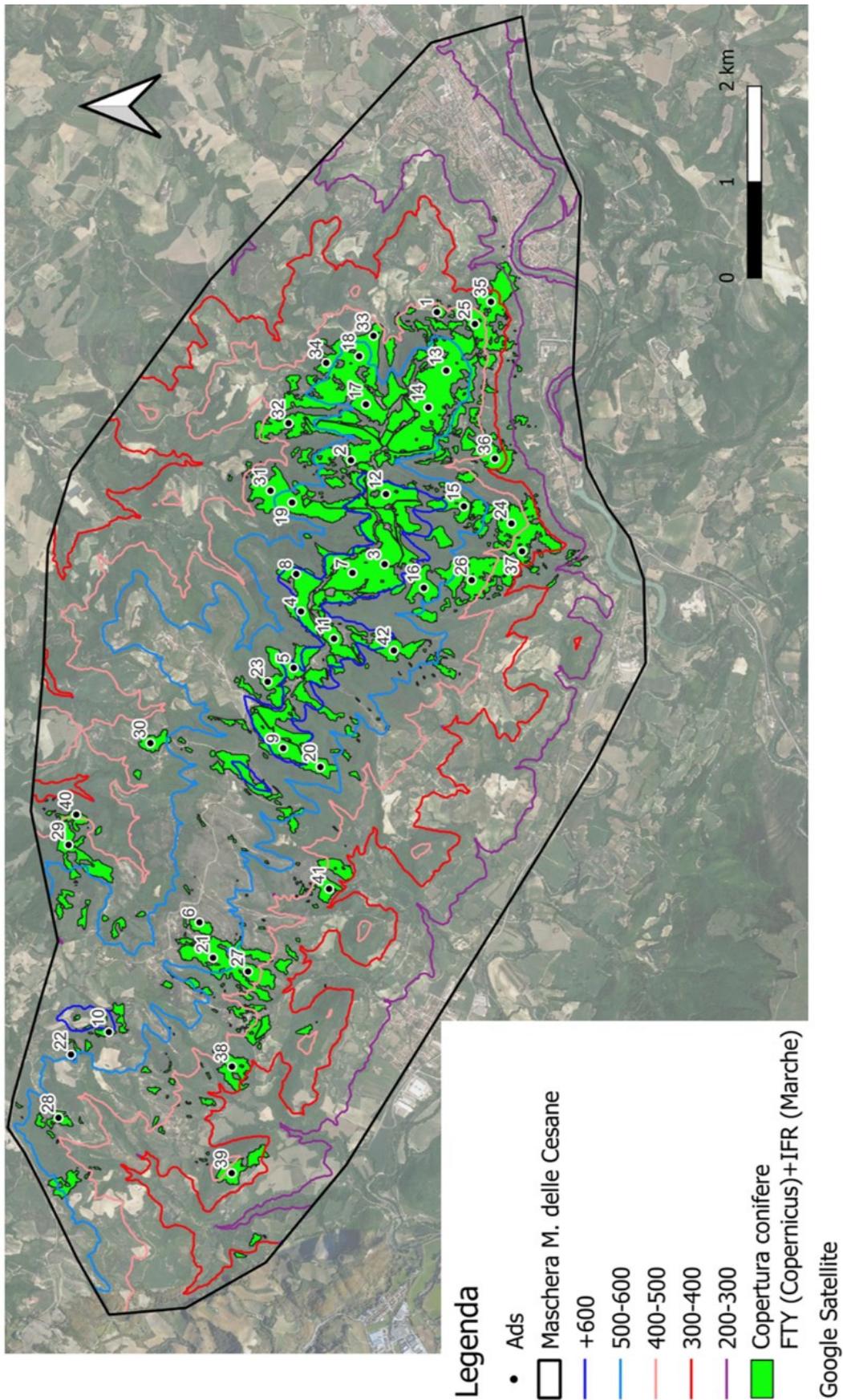


Figura 3.1 - Distribuzione delle 42 aree di saggio (ads) campionate ricadenti nella copertura in verde ovvero aree classificate come conifere sia dall'inventario forestale della regione Marche (IPLA, 2000) sia dal Forest Type di Copernicus.

Al fine di avere una rappresentatività alta dei campioni fedeli all'area indagata e per ottenere una regressione tra accrescimenti e caratteristiche zonali dei siti (quota, pendenza, esposizione) che aiutasse a focalizzare le risposte positive o negative del pino nero in funzione al climatico, per ogni area di campionamento sono stati rilevati i parametri dendrometrici di tre individui di pino nero differenti contraddistinti dall'essere nel piano dominante, in buono stato fitosanitario e con portamento privo di difetti o da disturbi biotici come la presenza di insetti defogliatori (*Thaumtopoea pityocampa*). Degli stessi si è provveduto anche a prelevare i campioni legnosi utili all'analisi cronologica e di accrescimento.

3.1.1. - Rilevamento parametri dendrometrici

Le 42 ads sono state raggiunte a piedi seguendo la traccia GPS precedentemente creata ed importata sul telefono; raggiunto ogni sito si è provveduto a:

- definire un centroide e registrare le sue coordinate di posizione con GPS del cellulare;
- selezionare tre individui non troppo ravvicinati di pino nero nel piano dominante dell'ads;
- misurare il diametro a 1,30 di altezza (dbh) con cavalletto dendrometrico o flessuometro
- misurare l'altezza con ipsometro (Vertex 4.0, Haglof);
- misurare l'area basimetrica ad ettaro (m^2/ha) con metodo relascopico mediando tre distinti conteggi eseguiti nel soprassuolo avevano utilizzando la banda 1 o 2 a seconda della densità specifica di ogni sito);
- classificare la struttura verticale tra monoplana, biplana o pluristratificata;
- stimare a vista la percentuale di copertura delle chiome del piano dominante distinto in lacunoso o denso;
- stima della percentuale di composizione arborea specifica nel piano dominato;
- stima della presenza/assenza di rinnovazione di pino nero (sempre in uno raggio esplorabile dal campo visivo) distinta tra *seedlings* (altezza individui fino a 0,5 metri), *saplings* (altezza compresa tra >0,5 e <2 metri) e *tree* (altezza >2 metri);
- stima della presenza di rinnovazione di altre specie arboree.

Nell'area 39 non è stato effettuato il campionamento vista l'assenza del pino nero, e la preponderante presenza di specie di cipresso.

3.1.2. - Prelievo campioni legnosi

In ogni area di saggio, con trivella di Pressler sono stati prelevati i campioni legnosi, uno per ogni individuo delle tre piante di pino nero cavallettate e sottoposte a misurazione dell'altezza. La carota legnosa è stata estratta dal fusto degli individui ad un'altezza di circa 1,30 metri da terra, in direzione parallela all'eventuale curva di livello. Anche in questo caso non si è operato nell'ads 39, mentre in ads 35 sono state carotate quattro piante, due di pino nero e due di altro pino (*Pinus halepensis* o *Pinus pinaster*). In totale sono state quindi prelevate 124 carote legnose.

3.2. - Preparazione dei campioni per analisi dendrocronologica

Le 124 carote prelevate in campo sono state posizionate su appositi supporti e identificate attraverso un codice univoco composto da nove caratteri rappresentanti rispettivamente la località (CES per Cesane), il codice dell'area di campionamento (es.01), la specie (PN per *Pinus nigra*) e il codice della pianta (numero da 01 a 03). In un secondo momento le carote sono state definitivamente incollate al supporto con colla vinilica, facendo sì che le fibre fossero disposte in modo ortogonale al piano d'appoggio per consentire un'efficace lettura della sezione trasversale. Successivamente è stata eseguita una levigatura manuale con carte abrasive con grana progressivamente più fine (da 120 a 500 grit) in modo da migliorare la visualizzazione degli anelli. Trasferiti i campioni al laboratorio TreeringLab del D3A, dopo opportuni aggiustamenti di levigatura, sono state misurate solo le carote di pino nero ovvero 110 carote, escludendo pertanto quelle relative ad individui di altre specie di *Pinus* (*P. halepensis* e *P. pinaster*), state escluse in toto quelle prelevate dalle ads 24, 26, 37, e due su quattro dell'ads 35.

3.3. – Calcolo e analisi dei parametri stazionali e dendrometrici

I dati raccolti in campo sono stati ordinati su foglio di calcolo Excel, successivamente si è provveduto a svolgere alcuni calcoli dendrometrici, analisi della distribuzione di frequenza e della correlazione utili per caratterizzare i soprassuoli censiti; pertanto, si è provveduto a stimare sia per ogni ads sia per il complesso montuoso i valori di:

- diametro, altezza e altezza dominante,
- curva ipsometrica e distribuzione diametrica e delle altezze,
- età cambiale a 1,30 m e relativa distribuzione,
- coefficiente di snellezza (H/D) in grado di fornire informazioni sulla stabilità del soprassuolo,

- volume totale (m^3/ha), stimato utilizzando la tavola di popolamento a due entrate dell'inventario forestale regionale della regione Emilia-Romagna relativa alle pinete montane (2000),
- incremento medio.

I parametri dendrometrici relativi ai tre individui campione di ogni Ads sono stati mediati e attribuiti i rispettivi valori medi di: DBH (cm), altezza (più altezza dominante fra le tre) (m), età (anni), area basimetrica (m^2/ha), volume totale (m^3/ha), incremento medio ($m^3/ha/anno$) e coefficiente di snellezza.

Per i parametri stazionali di ogni area di saggio (ads) si è utilizzato il software Qgis applicando dapprima l'operazione di *buffer* (10 metri) al centroide e successivamente *calcolo statistiche zonali* sul layer spaziale delle aree di saggio e sul Modello Digitale del Terreno (DTM) della regione Marche (risoluzione a 10 metri) predisposto con l'estrazione preventiva di *Esposizione* (azimut) e *Pendenza* (gradi).

3.4. - Misurazione anelli legnosi e analisi dendrocronologica

Le ampiezze degli anelli sono state misurate con il sistema semiautomatico LINTAB (Rinntech) costituito da un binoculare con crocefilo ed una slitta mobile porta-campione (Figura 3.2). Questo sistema è di fatto un trasduttore lineare e quindi trasforma lo spostamento manuale della slitta in un valore distanziale tra un punto di inizio e fine di ogni anello, con una precisione in questo caso di 0,01 mm.



Figura 3.2 - Sistema LINTAB (Rinntech).

Le serie di accrescimento sono raccolte sul PC collegato ed elaborate graficamente dal software TSAP (Rinntech) che consente di visualizzarle, analizzarle a video e calcolarne alcune statistiche di base. TSAP consente quindi una prima sincronizzazione visiva delle serie misurate, la ricerca di anni caratteristici ed eventuali errori nella misurazione. La qualità della sincronizzazione è stata più efficacemente valutata con il programma COFECHA (Holmes, 1983), che confronta i segmenti di

ogni campione rispetto alla cronologia media (*master chronology*), suggerendo le varie modifiche utili a migliorare l'esatta collocazione temporale della serie cronologica misurata (Bocchini, 2021).

Sistemate le serie grezze, sono state calcolate alcune statistiche descrittive, tra cui:

- la media (mm) che rappresenta l'ampiezza media degli anelli;
- la deviazione standard (DS) che indica lo scostamento degli anelli rispetto alla media in ogni serie; più il valore è elevato, più gli anelli sono diversi tra loro, sempre riferito alla serie.
- la sensitività media (SM) ovvero un coefficiente in grado di esprimere le variazioni a più alta frequenza (Tessier, 1984) misurando l'importanza dei cambiamenti a breve termine (Munaut, 1979). Più semplicemente maggiore è il valore della sensitività e maggiore sarà l'influenza, sulla specie, esercitata dai fattori climatici e quindi più alto sarà anche il contenuto di informazioni all'interno delle cronologie (Corona, 1966). Una specie viene definita sensitiva se presenta valori maggiori di 0.25. In caso contrario si definisce compiacente (Magnani, 2007).
- l'autocorrelazione (AC1), che è la correlazione tra la serie e la stessa serie traslata di un anno e che quindi descrive l'influenza della crescita precedente sulla crescita dell'anno;

Si è poi proceduto alla costruzione della cronologia media di pino nero delle Cesane su cui sono state eseguite le analisi dendroclimatiche.

La cronologia media delle Cesane è stata anche messa a confronto con altre 3 cronologie medie di pino nero (Piermattei, 2020) dell'Appennino centrale, disponibili presso il TreeringLab di UNIVPM. Inoltre, sono state anche misurate altre carote già prelevate sul Monte Morrone (Majella) nell'ambito di un'altra tesi di laurea (Di Cesare, 2023), sincronizzate le misure e costruita la relativa media. Il confronto tra le cronologie dei cinque siti, tutti relativi a rimboschimenti di pino nero, è stato utile per verificare con maggiore efficacia le dinamiche di accrescimento del pino nero lungo il versante medio-adriatico (Figura 3.3). I quattro siti sono:

- Monte Acuto (1688 m slm.): seconda vetta del complesso Catria-Acuto, nell'appennino Umbro-Marchigiano, in provincia di Pesaro e Urbino;
- Monte Ocre (2204 m slm.): vetta principale del gruppo Monte Ocre-Monte Cagno situato in provincia dell'Aquila e appartenente alla catena del Sirente-Velino;
- Monte San Franco (2132 m slm.): vetta ubicata sulle estreme propaggini settentrionali-occidentali del complesso del Gran Sasso d'Italia;
- Monte Morrone (2061 m slm.): appartiene al gruppo montuoso della Majella nel Comune di Pratola Peligna (AQ).

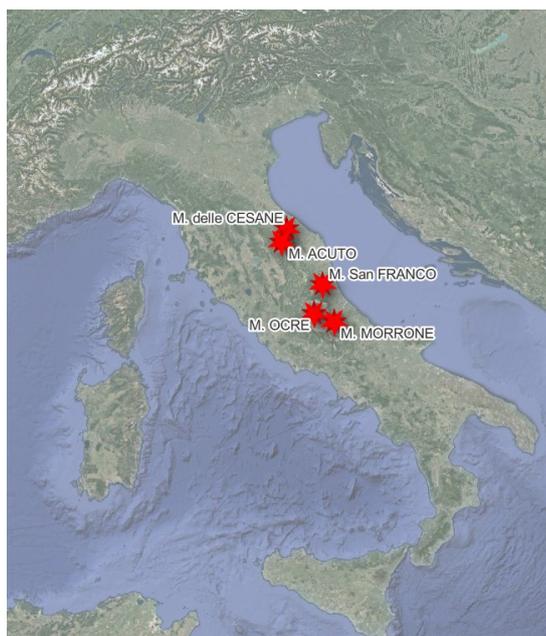


Figura 3.3 - Localizzazione dei siti di pino nero presi in studio.

3.5. - Calcolo e analisi delle relazioni fra variabili climatiche e accrescimento radiale

In seguito, le 110 serie individuali sincronizzate di pino nero sono state standardizzate mediante la funzione “*detrend*” del pacchetto *dplR* del programma R per rimuovere l’autocorrelazione di primo ordine (AC1), solitamente presente nella serie di accrescimento. Questo passaggio permette di eliminare la varianza di medio-lungo termine e mantenere quella inter-annuale dovuta alla variabilità del clima e risulta essenziale per poter poi sottoporre le serie prescelte all’analisi dendroclimatica. Nello specifico, per annullare la tendenza negativa presente nella serie di misure assolute e dovuta all’effetto dell’età, sono stati utilizzati dei filtri digitali a bassa frequenza (*spline*) calibrati nel nostro caso per rimuovere il 50% della varianza ed aventi una lunghezza d’onda di 20 anni. Uno degli elementi principali della standardizzazione in dendrocronologia è l’eliminazione della tendenza biologica, ovvero di quegli andamenti di accrescimento influenzati da stadi vegetativi giovanili o di maturità nei quali gli anelli naturalmente risultano o troppo ampi per l’accrescimento iniziale oppure troppo stretti dovuti all’effetto geometrico (vale a dire il progressivo declino della larghezza dell’anello lungo un raggio della sezione trasversale che è causato dal corrispondente aumento della dimensione del fusto e dell’età degli alberi nel tempo). L’eliminazione di tale tendenza consiste nell’adattare ogni curva filtro (*spline*), ad ognuna delle serie di ampiezza degli anelli misurate. La standardizzazione è necessaria per dare ad ogni anello lo stesso peso relativo, trasformando quindi serie di ampiezze (in mm) in serie indicizzate (RWI – *Ring Width Index*). Ciò permette di ottenere quindi una cronologia priva di tendenze (eliminazione del rumore di fondo), ma che mantiene la variabilità annuale dei fattori climatici (enfaticizzazione del segnale climatico).

Le analisi dendroclimatiche sono state effettuate utilizzando la cronologia media delle serie standardizzate del sito (Cesane) e le principali variabili climatiche mensili (temperatura media, massima e minima, precipitazioni e SPEI a 3 mesi relative ad un intervallo temporale di 72 anni (1950-2022)). L'indice SPEI (*Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*), sviluppato da Vicente-Serrano et al. (2010), nasce come estensione del più diffuso indice SPI; rispetto a quest'ultimo lo SPEI considera oltre alle cumulate di precipitazioni anche l'evapotraspirazione potenziale di riferimento (ET₀) come secondo elemento del bilancio idroclimatico. La EPT (evapotraspirazione potenziale) mensile nel monitoraggio degli eventi siccitosi si ottiene come somma dei valori giornalieri di ET₀, calcolati attraverso la formula di Hargreaves, che ne permette la stima utilizzando i soli valori di temperatura minima e massima giornaliera. Pertanto, lo SPEI indica il legame tra il clima, ed in particolare gli effetti della siccità, sull'accrescimento legnoso.

I dati climatici mensili relativi alle temperature medie, massime, minime e precipitazioni medie sono stati estratti dalla griglia climatica E-OBS (v. 27.0e), mentre per l'indice SPEI della griglia CRU (v 4.05 a 0.5°) in corrispondenza delle coordinate utilizzate per le Cesane. L'intervallo temporale per l'analisi dendroclimatica, condizionata dalla lunghezza delle serie climatiche, è quella compresa fra il 1950 e il 2022. La correlazione tra le variabili climatiche (temperature massime, minime mensili e precipitazioni mensili) e le cronologie standardizzate è stata effettuata con il pacchetto *treeclim* del software R (Zang e Biondi, 2015). Tale applicativo permette di calcolare i valori di correlazione tra serie climatiche e incrementi legnosi determinandone la significatività attraverso il metodo bootstrap. Nelle funzioni di correlazione i coefficienti sono stime univariate della correlazione di Pearson. Le correlazioni sono state calcolate tra gli incrementi della cronologia media indicizzata e i dati climatici medi mensili. L'anno biologico considerato comprende i mesi da luglio dell'anno precedente alla formazione dell'anello (prev.) ad ottobre dell'anno in cui avviene la formazione dell'anello (curr.). Sono stati considerati anche mesi precedenti all'inizio del periodo vegetativo perché in alcuni casi gli eventi meteorici dell'anno prima possono influenzare la crescita degli individui dell'anno successivo. La significatività delle correlazioni è stata testata attraverso il metodo *bootstrap* (con 1000 replicazioni) considerando un livello di confidenza del 99%. Le correlazioni sono state computate sia sul periodo 1950-2022 che su finestre mobili di 30 anni (sempre nel periodo 1950-2022) e sovrapposizione di 1 anno.

4. - RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1. - Assetto compositivo e dendrometrico-strutturale delle cenosi di pino nero

I principali dati raccolti ed elaborati relativi alle ads con pino nero sono quasi integralmente riportati nella tabella 4.1 e opportunamente sintetizzati statisticamente nella tabella 4.2.

Tabella 4.1 – Principali parametri stazionali e dendrometrici medi di ogni area di saggio con pino nero.

ADS	Dati STAZIONALI			Dati DENDROMETRICI						
	Esposizione (azimut)	Quota (m slm.)	Pendenza (°)	D media (cm)	H media (m)	H/D	H dominante (m)	G/ha (m ² /ha)	V tot (m ³ /ha)	Età (anni)
1	82	433	12	42,3	20,8	0,5	22,5	52	432,0	97
2	100	571	10	34,0	14,9	0,4	15,1	36	222,1	62
3	48	643	3	34,8	15,7	0,5	17,2	42	266,4	58
4	347	609	10	37,0	17,3	0,5	18,2	42	291,6	57
5	85	610	2	32,1	17,1	0,5	17,7	46	318,7	60
6	45	590	1	41,2	15,8	0,4	15,9	56	363,9	59
7	32	632	1	31,2	13,8	0,4	14,9	43	238,3	57
8	57	612	5	29,9	11,6	0,4	11,8	41	312,7	51
9	325	619	11	28,4	12,3	0,4	13,4	22	112,0	46
10	265	612	10	40,7	14,6	0,4	17,1	67	394,3	53
11	308	631	5	30,3	14,2	0,5	14,7	32	185,4	57
12	110	631	2	41,0	15,5	0,4	17,8	36	228,8	72
13	114	561	5	45,1	16,7	0,4	17,6	54	312,2	78
14	327	581	2	34,8	15,6	0,4	16,3	52	328,3	53
15	214	560	12	45,4	20,5	0,5	21,6	49	407,4	73
16	246	547	19	51,1	21,5	0,4	22,2	54	469,9	58
17	316	536	16	37,1	16,7	0,5	16,9	42	283,2	70
18	39	541	5	29,5	10,6	0,4	11,6	24	107,3	54
19	18	533	16	42,3	21,7	0,5	23,8	51	435,6	61
20	205	583	15	32,0	16,6	0,5	16,9	78	520,2	51
21	229	535	5	27,0	11,3	0,4	11,9	34	162,7	55
22	282	518	17	31,6	15,4	0,5	15,8	45	285,0	50
23	113	587	9	27,6	12,4	0,4	13,4	44	226,2	59
25	145	425	9	32,7	14,5	0,4	16,3	36	215,0	94
27	219	446	18	30,2	14,0	0,5	14,7	50	286,0	47
28	302	456	25	28,7	13,4	0,5	14,8	32	179,1	46
29	50	442	10	27,0	13,7	0,5	13,9	41	227,5	45
30	337	475	10	34,2	12,3	0,4	13,5	14	76,5	46
31	65	478	13	42,2	21,8	0,5	25,1	50	445,0	60
32	53	455	12	29,0	14,9	0,5	15,5	41	264,0	65
33	140	446	19	34,6	13,8	0,4	13,9	38	234,1	51
34	32	487	13	29,8	16,4	0,6	18,5	50	335,9	48
35	180	334	13	31,1	12,4	0,4	13,4	52	338,6	55
36	180	331	27	30,8	15,2	0,5	15,8	49	299,9	78
40	92	394	20	33,8	13,4	0,4	14,4	23	130,6	45
41	193	370	23	35,1	13,8	0,4	16,6	52	297,1	48
42	265	577	20	37,9	16,5	0,4	17,1	49	329,3	57

Tabella 4.2 –Statistiche medie dei principali parametri dendrometrici del pino nero rilevati nelle foreste delle Cesane.

	Diametro (cm)	Altezza (m)	H dominante (m)	H/D	G/ha (m2/ha)	V tot (m3/ha)	Età (anni)	Ic (m3/ha/anno)
Media	34,7	15,4	16,4	0,4	43,7	285,5	58,8	5,0
Errore standard	1,0	0,5	0,5	0,0	2,0	17,2	2,1	0,3
Mediana	33,8	14,9	15,9	0,4	44,0	286,0	57,0	4,6
Moda	42,3	12,3	13,4	N/D	52,0	N/D	57,0	N/D
Deviazione standard	5,9	2,9	3,2	0,1	12,2	104,6	12,5	1,8
Varianza campionaria	35,0	8,4	10,4	0,0	149,6	10946,8	156,4	3,4
Minimo	27,0	10,6	11,6	0,4	14,0	76,5	45,0	1,7
Massimo	51,1	21,8	25,1	0,6	78,0	520,2	97,0	10,2
Livello di confidenza(95,0%)	2,0	1,0	1,1	0,0	4,1	34,9	4,2	0,6

La tabella riassuntiva 4.2 mette in luce le statistiche dei parametri dendrometrici medi del pino nero nel sito delle Cesane; ampia è la variabilità dei dati come si può osservare dalla deviazione standard e della varianza campionaria in quanto derivano da siti diversamente distribuiti e con caratteristiche topografiche differenti. È opportuno tener presente che per ogni ads i valori medi calcolati sono relativi a tre individui rappresentativi e quindi la loro valenza in chiave dendrometrica non è ottimale; infatti, la modalità di campionamento è stata scelta per l'analisi dendrocronologica e climatica che necessita di piante dominanti.

La presenza del pino nero nel piano dominante è molto elevata; infatti, solo in tre aree di saggio risulta essere assente. Questo dato è in linea con i parametri definiti nella modalità di selezione delle stesse aree tanto che il pino nero, dove presente, è la specie più frequente del piano dominante anche con valori del 90/100% (Figura 4.1).

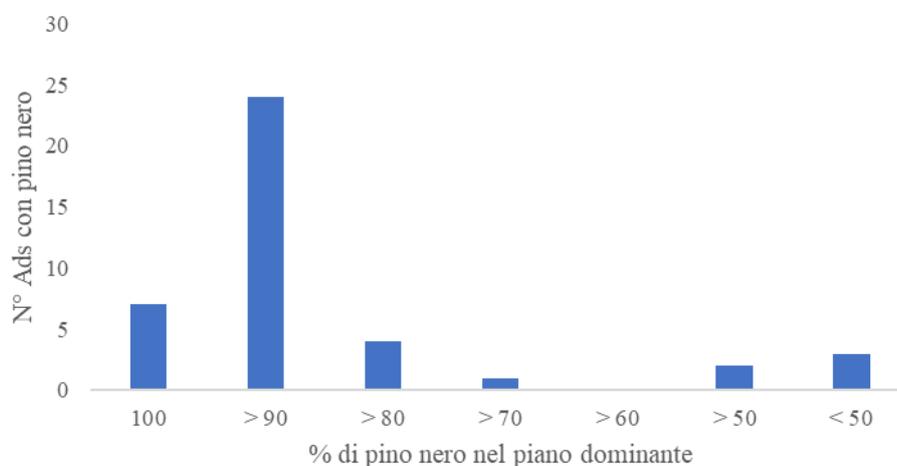


Figura 4.1 - Percentuale di composizione specifica del piano dominante da parte del pino nero e numero di ads con pino nero nel piano dominante.

Valori completamente diversi si registrano nel piano dominato dove il pino nero è decisamente assente, se non per qualche sporadico segnale di rinnovazione, mentre con frequenza maggiore si riscontrano specie di latifoglie. Le specie più ricorrenti e presenti in stadi di adulto, di plantula (rinnovazione) oppure in entrambi i casi sono il carpino nero, la roverella, il ginepro blu e il rovo, ma in assoluto l'orniello presente in 41 ads su 42. Questa distinzione netta tra composizione del piano

dominato e piano dominante porta ad una diversificazione della struttura verticale con valori di frequenza simili tra monoplana, biplana e stratificata; mentre la struttura orizzontale, seppure maggiormente lacunosa (35 ads su 41), ha una copertura percentuale delle chiome in media del 70% (con 18/41 ads con valori anche superiori all'80%). Tale copertura modesta insieme al dato medio dell'area basimetrica (44 m²/ha) potrebbero essere le cause della scarsa rinnovazione del pino nero riscontrata in solo 17 su 41 ads principalmente classificabile come *seedlings* ovvero con altezza inferiore a 0,5 metri; pertanto, quella del pino nero è una rinnovazione né omogenea né affermata con decisione. Proprio da una valutazione preliminare dei dati ed esclusivamente visiva, sembrerebbe che la rinnovazione sia più frequente nelle ads con struttura biplana e stratificata purché il piano dominante sia lacunoso; si potrebbe ipotizzare che una chiusura non eccessiva delle chiome, dovuta alla struttura verticale diversificata in specie, consenta il passaggio di un quantitativo sufficiente di luce per la rinnovazione del pino nero (eliofila). Non risulterebbe invece nessuna relazione con la quota, pendenza o l'esposizione essendo distribuita in ads con differenti parametri stazionali. (Figura 4.2).

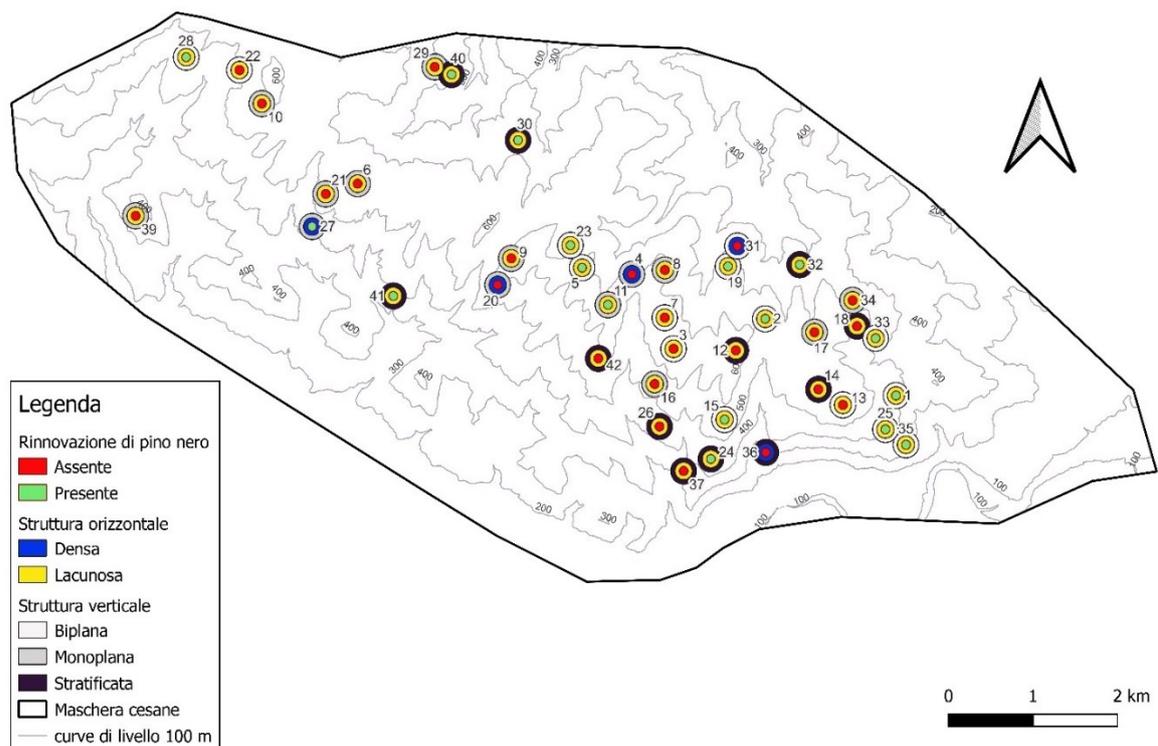


Figura 4.2 - Elaborazione cartografica per la visualizzazione spaziale delle ads con combinazione delle informazioni: rinnovazione (presente/assente), struttura verticale e orizzontale.

Dai dati dendrometrici delle sole piante di pino nero (numericamente 110) si è provveduto in un primo momento alla costruzione separata dei grafici di frequenza per classi diametriche (cm), classi d'altezza (m) e d'età (anni). La struttura risulta essere per lo più coetaniforme (in linea con la distribuzione delle classi d'età), essendo evidente l'andamento normale con classi diametriche più abbondanti di 30/35 cm di diametro, mentre la distribuzione di frequenza relativa alle altezze mostra

come l'altezza prevalente sia di 15 metri (Figura 4.3, 4.4 e 4.5). In entrambi i grafici mancano informazioni per le classi diametriche inferiori a 25 cm e per altezze inferiori a 10 metri; come già accennato questo dato risente della modalità di campionamento, poiché le piante scelte nel piano dominante risultano avere maggiori dimensioni grazie ad una maggiore e migliore disponibilità di spazio e risorse per la crescita, e maggiori altezze avendo vinto e consolidato da tempo la concorrenza per la luce.

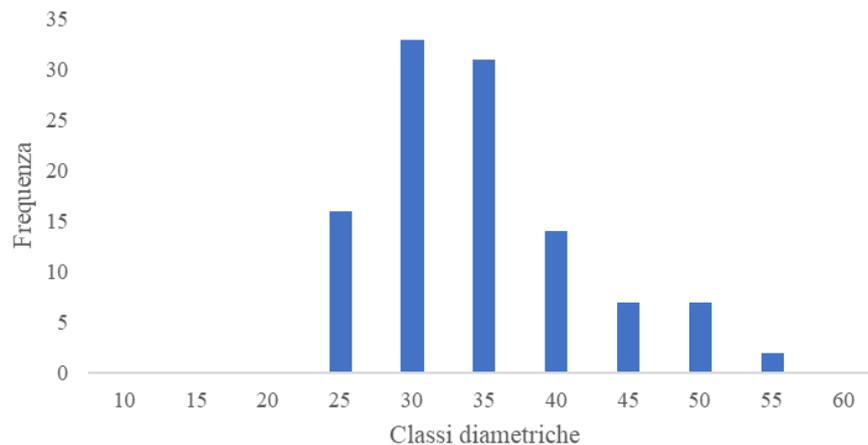


Figura 4.3 – Distribuzione di frequenza delle classi diametriche (cm) dei 110 campioni di pino nero.

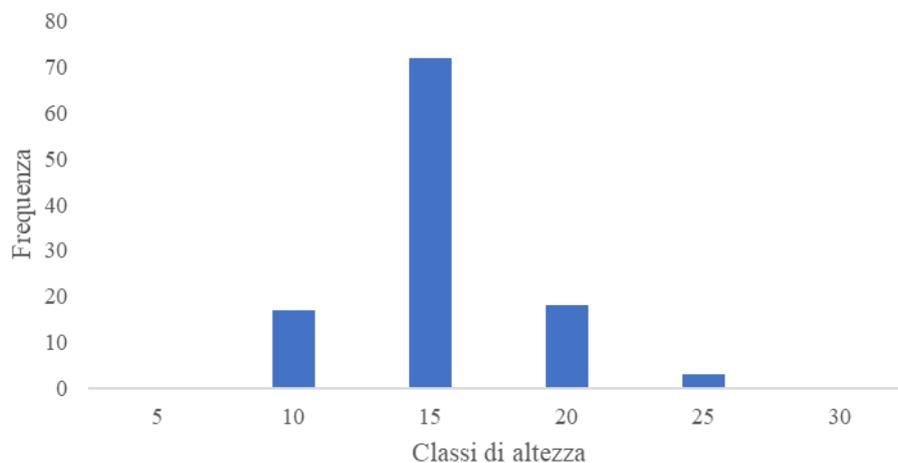


Figura 4.4 – Distribuzione di frequenza delle classi di altezza (m) dei 110 campioni di pino nero.

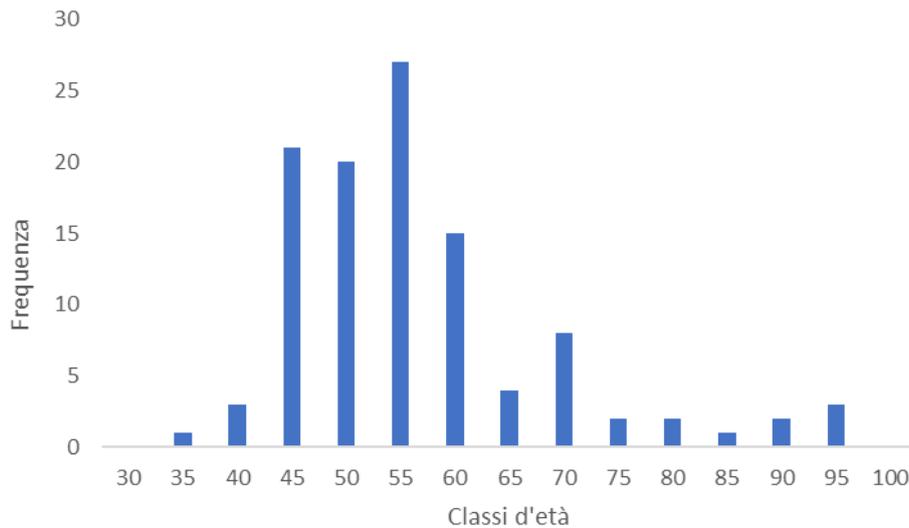


Figura 4.5 – Distribuzione di frequenza delle classi d'età (anni) dei 110 campioni di pino nero.

Combinando le misure di diametri e altezze si è potuto costruire la curva ipsometrica del pino nero nelle Cesane: il coefficiente di determinazione R^2 pari a 0,528 indica un buon legame tra la variabilità dei dati e la correttezza del modello statistico utilizzato (potenza) (Figura 4.6).

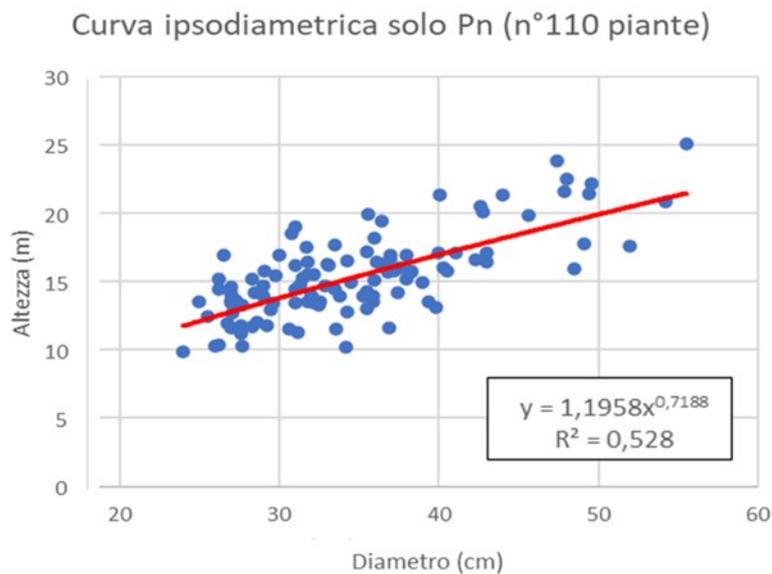


Figura 4.6 - Curva ipsodiametrica del pino nero, 110 campioni di solo pino nero (modello potenza).

La tabella 4.2 evidenzia infine un valore medio dell'area basimetrica pari a 44 m²/ha ovvero superiore a 28 m²/ha ovvero al valore medio dei rimboschimenti di conifere mai diradati della regione come evidenziato dell'inventario forestale regionale (IPLA, 2000); pertanto la provvigione è nettamente inferiore ai valori potenziali. Lo stesso incremento medio, ottenuto dalla divisione tra volume totale ad ettaro ed età media della rispettiva ads, assume valori non elevati, in media 5 m³/ha/anno.

4.2. - Dinamiche di accrescimento radiale del pino nero alle Cesane e in Appenino centrale

Ogni serie cronologica è di fatto un archivio biologico delle vicende che hanno interessato l'albero campionato. Mediando più cronologie individuali sincronizzate della stessa area, è possibile ottenere un quadro più ampio dell'andamento di crescita identitario del luogo e anche individuare gli anni caratteristici, ovvero anni particolari positivi e negativi condivisi da numerosi individui. Per ogni area di saggio delle Cesane, le tre serie cronologiche relative ai tre alberi campionati sono state mediate con lo scopo di ottenere una serie unica per ogni sito; successivamente la media di tutte le 110 serie individuali ha permesso la creazione di una cronologia media del pino nero delle Cesane. La curva copre il periodo massimo 1926-2022, poco meno di cent'anni, ma assume maggiore significato dagli anni 60' grazie ad una buona consistenza numerica dei campioni; infatti, gli accrescimenti sono maggiori nei primi anni per poi stabilizzarsi dagli anni 50' agli 80' ed infine calare nella parte terminale. Da una rapida osservazione i picchi positivi e negativi che risaltano maggiormente sono quelli del periodo 1993-1997, degli anni 2003 e 2021; anni da verificare con le altre cronologie di pino nero (Figura 4.7).

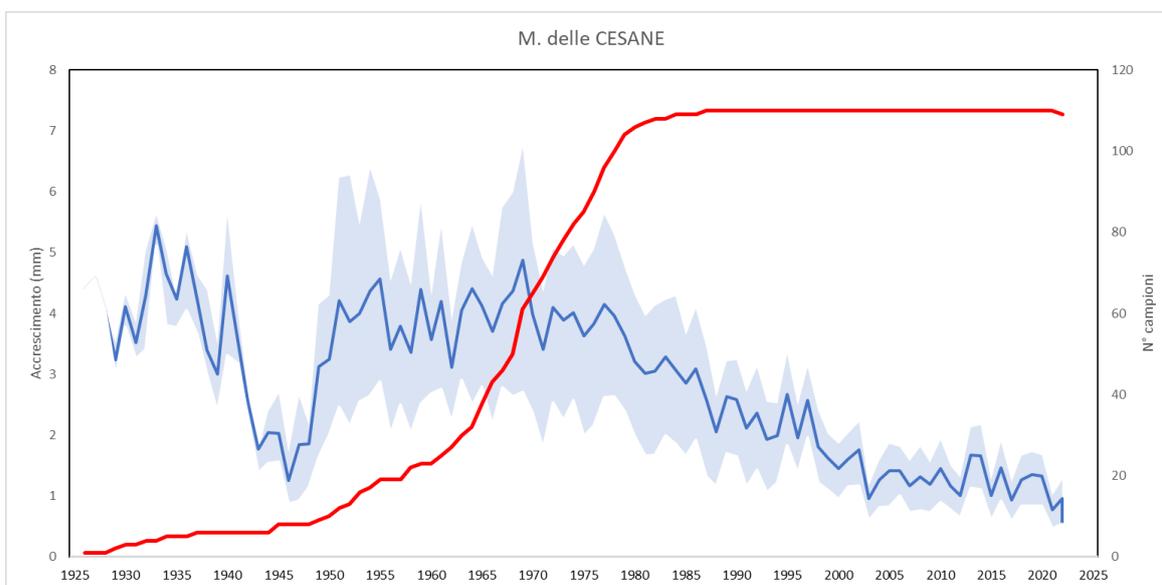


Figura 4.7 - In blu la serie di accrescimento media e identitaria del Monte delle Cesane (1926-2022), in blu chiaro l'area del range interquartile e in rosso la curva relativa all'abbondanza dei campioni.

È stato inoltre eseguito un focus sulla sincronizzazione tra serie di accrescimento relative alle diverse fasce altimetriche nel periodo comune 1978-2021 (Figura 4.8) che evidenzia una notevole similitudine fra le curve ed anche la presenza di alcuni anni caratteristici positivi (1995-1997) e negativi (2003-2015-2020). L'andamento pressoché identico nelle diverse fasce altimetriche mostra

una reattività omogenea del pino nero sull'intero rilievo montuoso, ma con accrescimenti leggermente maggiori (quasi impercettibili) a quote inferiori.

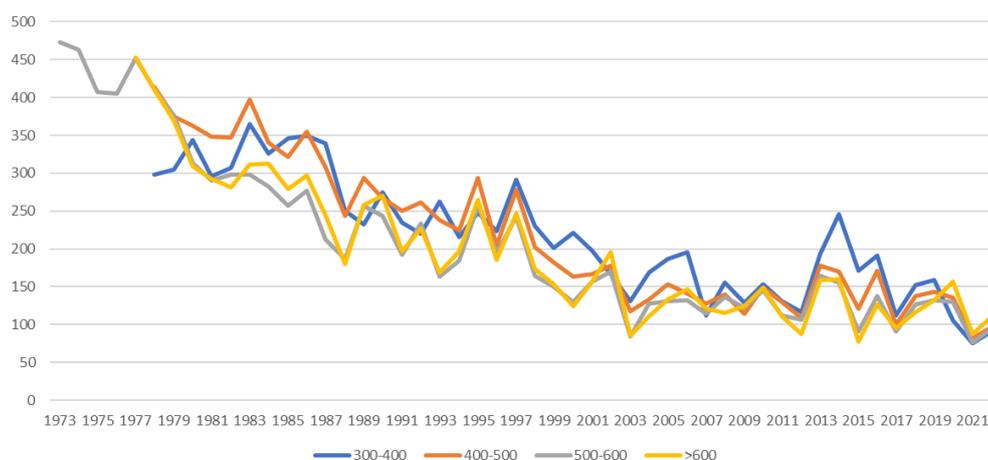


Figura 4.8 - Sincronizzazione tra serie di accrescimento relative alle diverse fasce altimetriche nel periodo comune 1978-2021

La cronologia del pino nero delle Cesane è stata poi confrontata con le altre 4 cronologie medie di pino nero di siti marchigiani e abruzzesi. Conoscere la collocazione spaziale dei siti è fondamentale per poter interpretare al meglio i dati relativi agli accrescimenti seppure le alterazioni climatiche, date dalla variazione longitudinale, non siano così marcate. È quindi bene specificare che somiglianze o meno nelle serie cronologiche possono derivare non tanto dalla posizione geografica quanto dall'ubicazione del sito; infatti, i campioni legnosi prelevati non fanno parte di rimboschimenti localizzati alle medesime quote e/o esposizioni. Per le Cesane si ha una variazione altimetrica compresa tra 330 e 630 m slm. ed esposizione omogenea, mentre per il Morrone è 610-1100 m slm. (i campioni sono stati presi lungo un gradiente) ed esposizione prevalente N-NO, mentre per M. Ocre, M. Acuto e M. San Franco a quote maggiori comprese tra 1600 e 2100 m slm. dove ad accezione dell'Acuto i rimboschimenti degli altri due siti sono al limite superiore della foresta (Piermattei, 2020) (Tabella 4.3).

Tabella 4.3 - Caratteristiche principali dei siti.

	Acuto	S. Franco	Ocre	Morrone	Cesane
Coordinate geografiche (Lat.; Long.)	43°28'N; 12°39'E	42°45'N; 13°38'E	42°15'N; 13°27'E	42°64'N; 13°54'E	43°42'N; 12°46'E
Altitudine limite superiore pineta (m)	1000	1500	1350	1100	648
Esposizione	SE	O-SO	N-NE	NO-O	Omogenea
Pendenza media (°)	21	17	18	25	13

Tramite Qgis è stata calcolata la matrice di distanza per quantificare lo spazio in km in linea d'aria tra l'area studio delle Cesane (PU) e gli altri siti; coerentemente i monti Morrone e Ocre della provincia dell'Aquila sono i più distanti, mentre il monte Acuto, anch'esso localizzato in parte nella

provincia di Pesaro-Urbino, è il più vicino, mentre monte San Franco è collocato più o meno a distanza intermedia tra i siti della parte nord delle Marche e quelli a sud dell'Abruzzo (Tabella 4.4).

Tabella 4.4 - Matrice di distanza tra i cinque siti (km in linea d'aria).

	CESANE	FRANCO	ACUTO	MORRONE	OCRE
CESANE	0				
FRANCO	126,9	0			
ACUTO	27,7	111,9	0		
MORRONE	199,7	74,5	181,8	0	
OCRE	170,6	57,5	149,6	41,3	0

Numero di campioni e lunghezza delle serie sono variabili. La cronologia delle Cesane (CES) è quella con maggior numero di campioni e mentre quella con intervallo più lungo è quella del Morrone (MOR) 1908-2022 (Tabella 4.5). Essendo tutti popolamenti artificiali, sebbene con le dovute cautele, sono distinguibili due periodi di attuazione dei rimboschimenti: uno più recente su M. San Franco, M. Acuto e M. Ocre negli anni 50-60 del '900 e l'altro più datato all'inizio del '900 alle Cesane e al M. Morrone. Variabilità di D e H sono indicatori anche di diverse condizioni di fertilità del suolo, cui si aggiunge anche l'altitudine.

Tabella 4.5 - Numero di campioni, valori di età massima e minima e valori dendrometrici medi dei cinque siti messi a confronto.

	n° carote	età max	periodo max	DBH medio (cm)	H media (m)
Cesane	110	96	1926-2022	34,7	15,4
S. Franco	44	48	1964-2011	30,7	11,3
Acuto	44	53	1959-2013	/	/
Morrone	56	115	1908-2022	24,2	13,6
Ocre	39	51	1962-2012	24,7	20,2

I principali parametri statistici delle 5 cronologie sono riportati in tabella 4.6 da cui si apprezza il confronto dei valori di: Rbar (correlazione interseriata), incremento medio (mm), incremento massimo (mm), deviazione standard, autocorrelazione, sensitività media e numero dei campioni. In particolare, tutti i parametri non hanno scostamenti rilevanti, ma di dettaglio è l'ampiezza media che è maggiore per il sito sul monte San Franco.

Tabella 4.6 - Parametri statistici degli accrescimenti medi delle cinque aree.

Siti	N° campioni	Ampiezza media (mm)	Ampiezza max (mm)	DS	Sensività media	Autocorrelazione	Rbar
Morrone	56	2,48	10,4	1,335	0,281	0,744	0,514
Cesane	110	2,35	11,75	1,532	0,295	0,817	0,493
Acuto	44	2,19	11,37	1,730	0,291	0,874	0,67
S.Franco	53	3,06	9,04	1,344	0,224	0,743	0,524
Ocre	39	2,48	10,4	1,335	0,281	0,744	0,514

Le curve delle 4 cronologie appenniniche sono riportate nelle Figure 4.9 - 4.12. Tutte assumono maggiore valenza interpretativa intorno agli anni '60 in corrispondenza degli anni con maggior numero di campioni. Lo spessore della banda indica la variabilità del primo e terzo quartile e quindi la maggiore o minore dispersione intorno alla media.

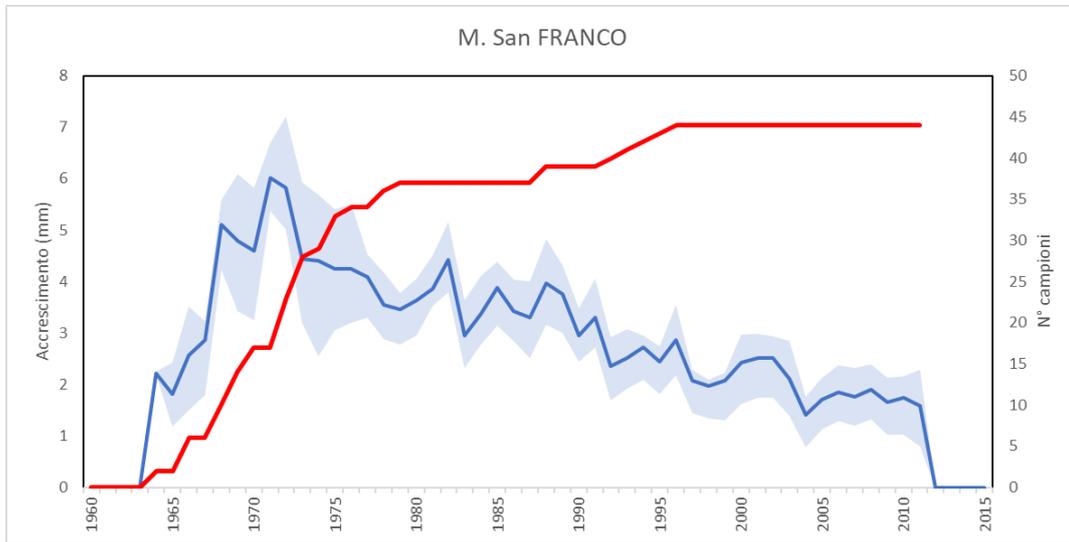


Figura 4.9 - Serie degli accrescimenti medi dei campioni rilevati nel sito M. San Franco (blu), range interquartile (area blu chiaro) e numero di campioni (rosso).

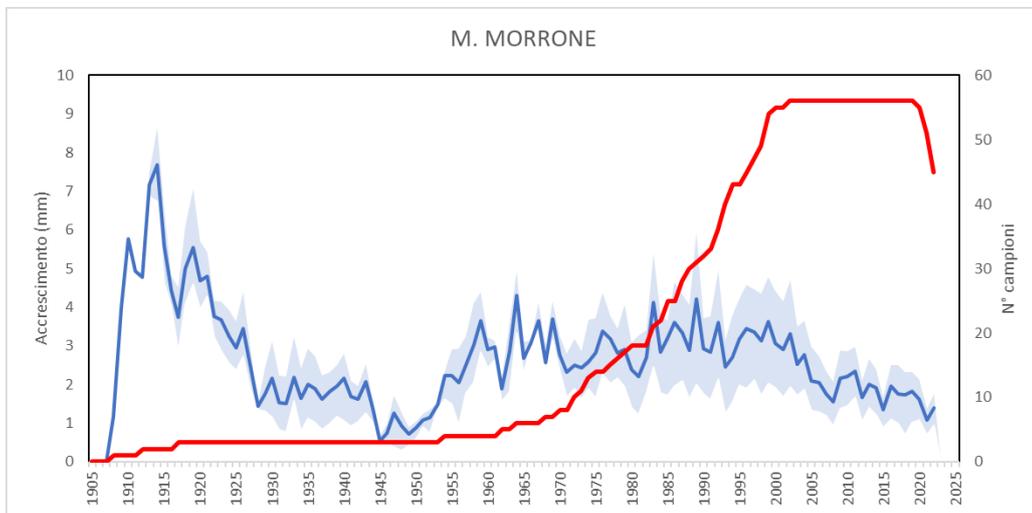


Figura 4.10 - Serie degli accrescimenti medi dei campioni rilevati nel sito M. Morrone.

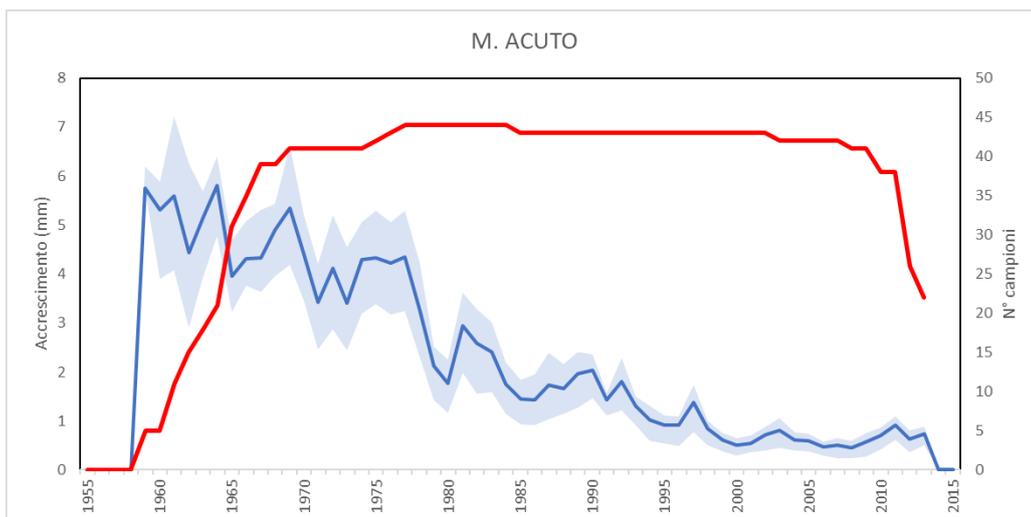


Figura 4.11 - Serie degli accrescimenti medi dei campioni rilevati nel sito M. Acuto.

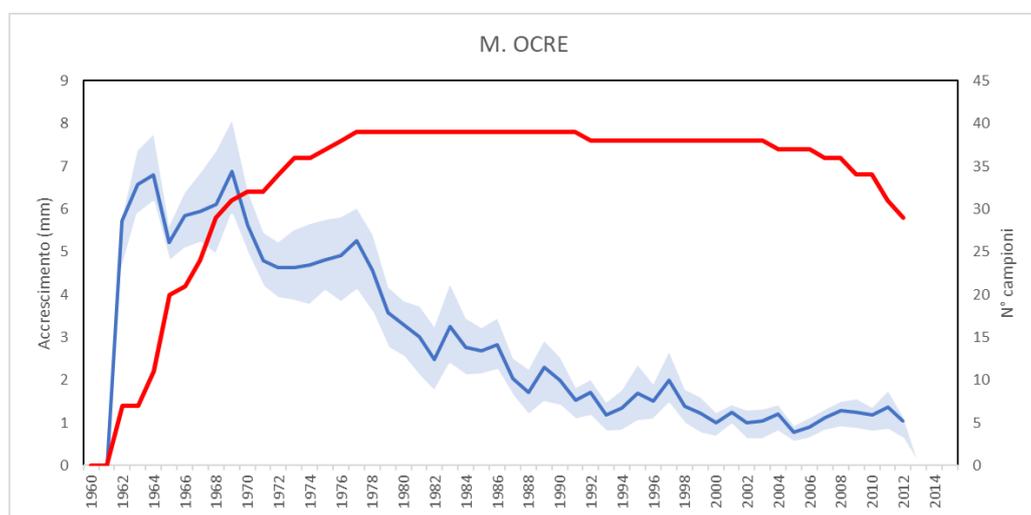


Figura 4.12 - Serie degli accrescimenti medi dei campioni rilevati nel sito M. Ocre.

Ciò che accomuna tutte le serie è l'andamento tendenzialmente esponenziale negativo a partire soprattutto dagli ultimi 30/40 anni. Le oscillazioni annuali dipendono infatti dall'azione di più fattori favorevoli o sfavorevoli endogeni o esogeni. Gli anelli caratteristici sono quelli in cui l'ampiezza è significativamente maggiore o minore rispetto a quella dell'anno precedente. I fattori responsabili di queste fluttuazioni possono essere legati al sito di crescita (suolo e clima), ad interventi gestionali e selvicolturali (tagli culturali e di utilizzazione) e a disturbi (biotici e abiotici). Maggiore e idonea è la disponibilità di risorse (spazio, luce e nutrienti), minore è la presenza di agenti di disturbo, di stress o di competizione e maggiore è l'accrescimento. Se questi si manifestano in modo sincrono su cronologie diverse anche a livello geografico assumono il significato di anni caratteristici e in tal caso sono legati a disturbi esogeni, spesso di natura climatica.

Per osservare gli anni caratteristici sono state sovrapposte le cinque serie di accrescimento medio identitarie ciascuna di ogni sito; essendo però le cinque serie composte da campioni di età differenti,

risulta impossibile svolgere un'indagine sul massimo periodo (1908-2022), ma piuttosto sull'intervallo comune ovvero dal 1971 al 2010 (Figure 4.13 e 4.14). In questo arco temporale gli anni caratteristici degli accrescimenti sono:

- con picchi positivi, il 1997, 1992, 1988, 1983 e 1977.
- con picchi negativi il 1991, 1988 e 2003.

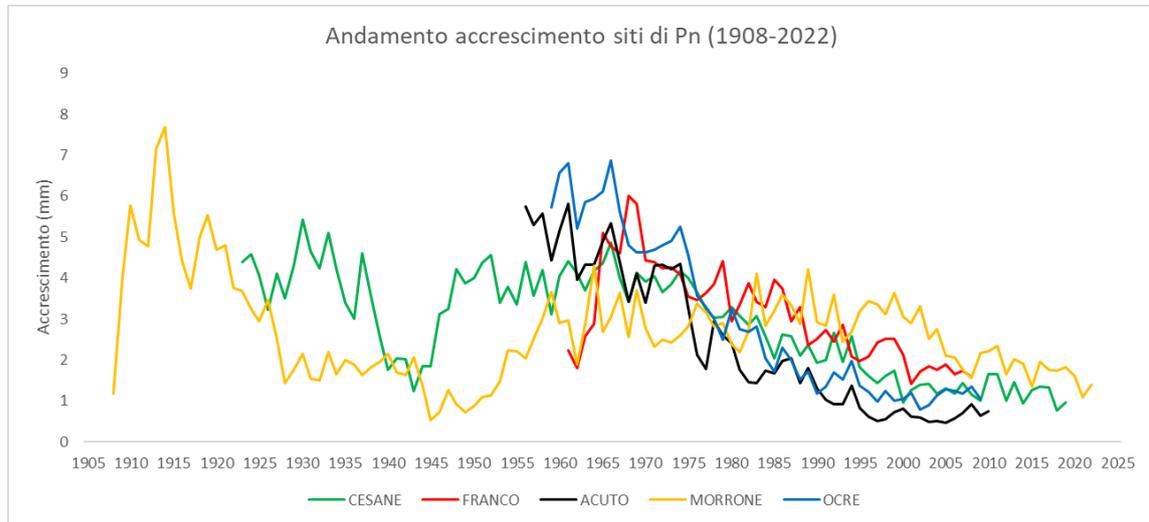


Figura 4.13 – Sincronizzazione e sovrapposizione delle serie di accrescimento medie dei cinque siti messi a confronto (periodo massimo 1908-2022).

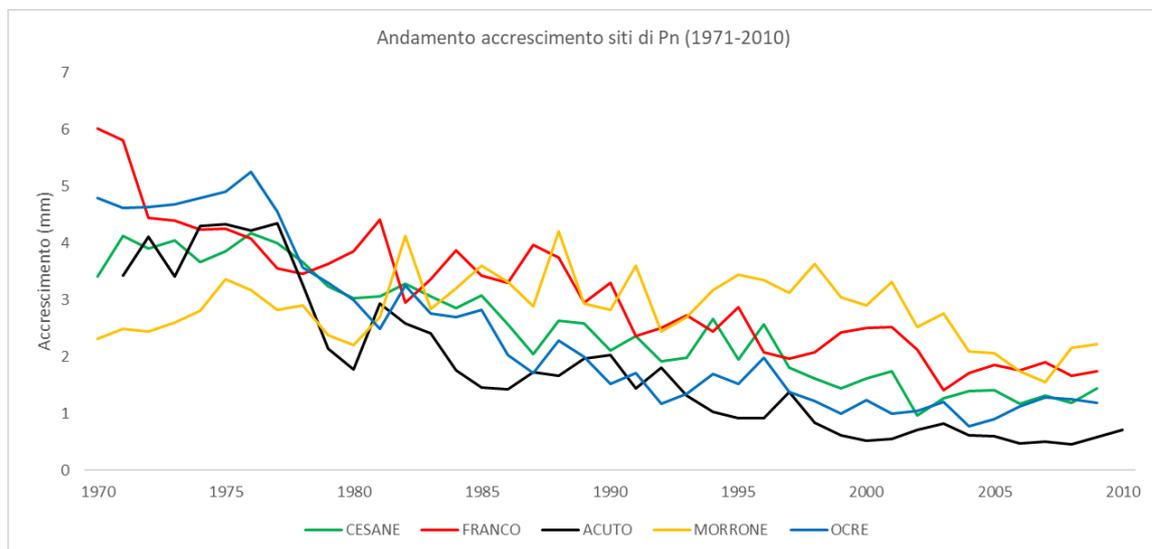


Figura 4.14 - Sincronizzazione e sovrapposizione delle serie di accrescimenti medie dei cinque siti messi a confronto (periodo in comune 1971-2010).

Visivamente dal grafico risulterebbe discostarsi leggermente dalle altre solo la serie del M. San Franco, ma dal calcolo della matrice di correlazione, la sincronizzazione e associazione della serie assume valori molto alti. Valori di correlazione ancora più alti (0,9) vengono raggiunti anche dalle altre serie ad eccezione di quella del M. Morrone che ha invece valori di correlazione molto bassi;

infatti, dal grafico questa assume andamenti discordanti soprattutto nella parte iniziale (1971-1980) e di coda (1995-2010), periodi dove gli accrescimenti delle piante risentono maggiormente dei fattori intrinseci nonché della tendenza biologica. Inoltre, va ricordato che il Morrone è l'unico sito dove c'è un ampio gradiente altitudinale e maggiore presenza di disturbi (incendi e schianti) (Tabella 4.7).

Tabella 4.7 - Correlazione della media degli accrescimenti tra le diverse aree.

	CESANE	FRANCO	ACUTO	MORRONE	OCRE
CESANE	1				
FRANCO	0,8	1			
ACUTO	0,9	0,8	1		
MORRONE	0,2	0,1	0,1	1	
OCRE	0,9	0,8	0,9	0,1	1

D'altra parte, il problema nell'utilizzo del r di Pearson nelle serie grezze sta nel fatto che tutte le serie, meno il Morrone, sono condizionate da forti tendenze negative e per questo ha valori di correlazione più bassi. È quindi utile impiegare altri indicatori per valutare la somiglianza tra le serie non detrendizzate, come ad esempio il Gleichläufigkeit (Glk) (Eckstein e Bauch, 1969) frequentemente utilizzato in dendrocronologia per esprimere la somiglianza tra serie temporali. I valori Glk variano da 0 a 1 e indicano la percentuale di segni comuni di variazione di accrescimento anno dopo anno tra due serie (Es. due serie identiche hanno Glk=1, quindi identiche al 100%; due serie con Glk=0.8 hanno 80% degli intervalli (es 2000-2001) con la stessa tendenza positiva o negativa). Pertanto, i valori di Glk di tutte le serie mostrano come il 60-70% degli intervalli abbiano la stessa tendenza, anche quelli relativi alla serie del M. Morrone che precedentemente con la correlazione di Pearson mostrava valori insufficienti (Tabella 4.8).

Tabella 4.8 – Matrice di valori di Glk tra le cronologie medie grezze dei cinque siti. Periodo temporale considerato 1971-2010.

	CESANE	FRANCO	ACUTO	MORRONE	OCRE
CESANE	1				
FRANCO	0,671	1			
ACUTO	0,592	0,579	1		
MORRONE	0,711	0,671	0,592	1	
OCRE	0,789	0,592	0,579	0,579	1

In generale è possibile affermare quindi, che il pino nero nei 5 siti analizzati abbia complessivamente dinamiche di accrescimento comparabili e accrescimenti simili nell'Appennino centrale. Si nota una tendenza costante o addirittura crescente nella larghezza dell'anello a partire dagli anni 2000 fino al 2003, anno caratterizzato da una stagione vegetativa più lunga (del 2%, 12% e 64% rispettivamente nelle aree subalpine, alpine e nivali) che da un lato ha indotto ad un eccezionale aumento dell'area

basale in molte specie subalpine in Europa (Jolly et al.2005) dall'altro ha determinato un'ondata di caldo. Pertanto, nel 2003 i pini nei siti rispondono con una brusca riduzione della larghezza degli anelli, probabilmente causata da un'estate particolarmente secca (Piermattei, 2020).

L'influenza dei fattori stagionali può essere maggiormente valutabile analizzando le risposte individuali dei diversi individui campionati lungo un gradiente ecologico; lavorando sulle medie è più facile attendersi l'effetto del clima, insieme di variabili che agiscono a scala minore e in grado di determinare accrescimenti simili anche in siti geograficamente diversi.

Per discriminare l'effetto positivo o negativo sulla crescita ad opera del clima, è stato necessario indicizzare le serie dendrocronologiche di ogni sito per detrendizzarle e quindi eliminare l'effetto dell'età, della concorrenza ed altri fattori che agiscono a medio-lungo termine. Nei grafici la serie indicizzata (RWI) è rappresentata dalla spezzata, il suo andamento medio smussato (*smoothed*) dalla curva di colore rosso, mentre in secondo piano, l'area grigia indica il numero progressivo di campioni utilizzati nella media nei diversi anni (Figure 4.15 - 4.19).

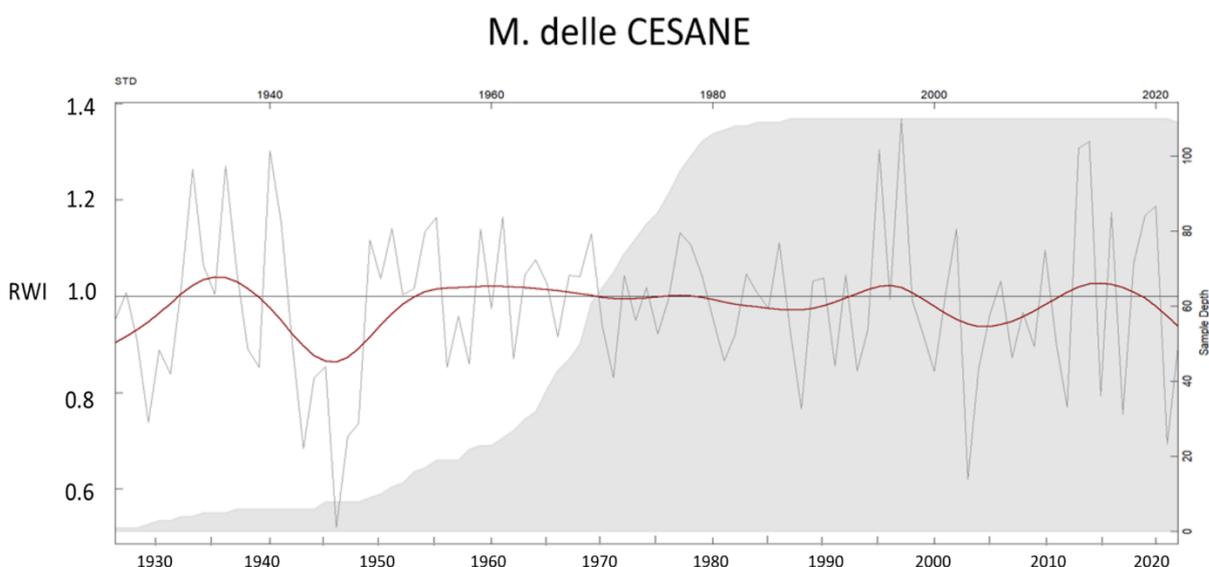


Figura 4.15 - Serie indicizzata RWI del Monte delle Cesane.

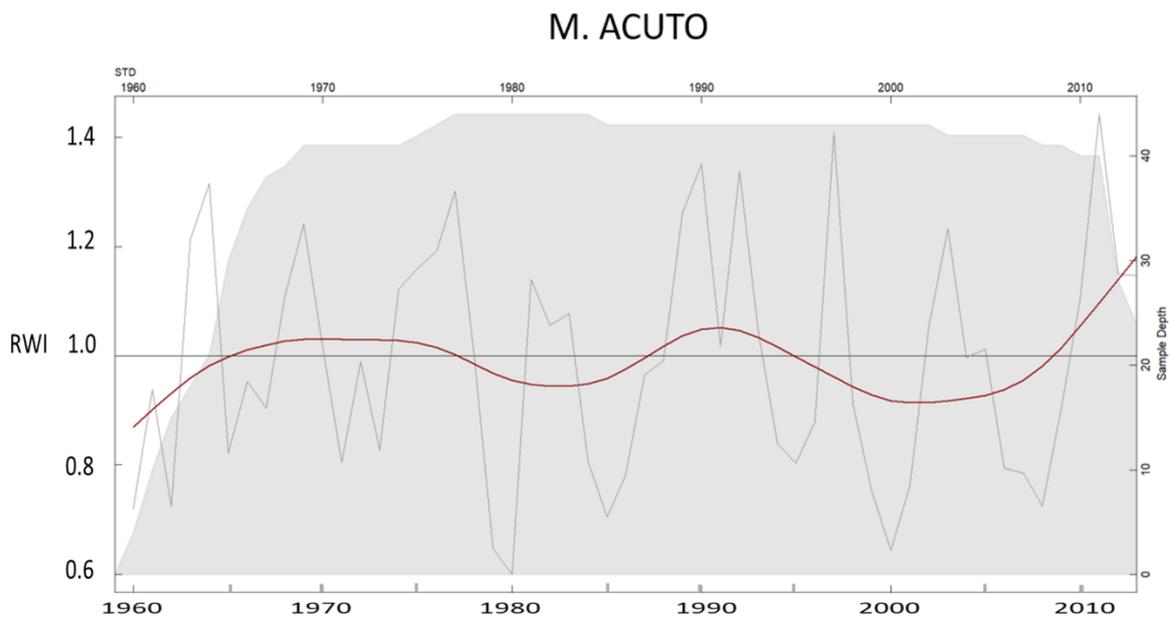


Figura 4.16 - Serie indicizzata RWI del Monte Acuto.

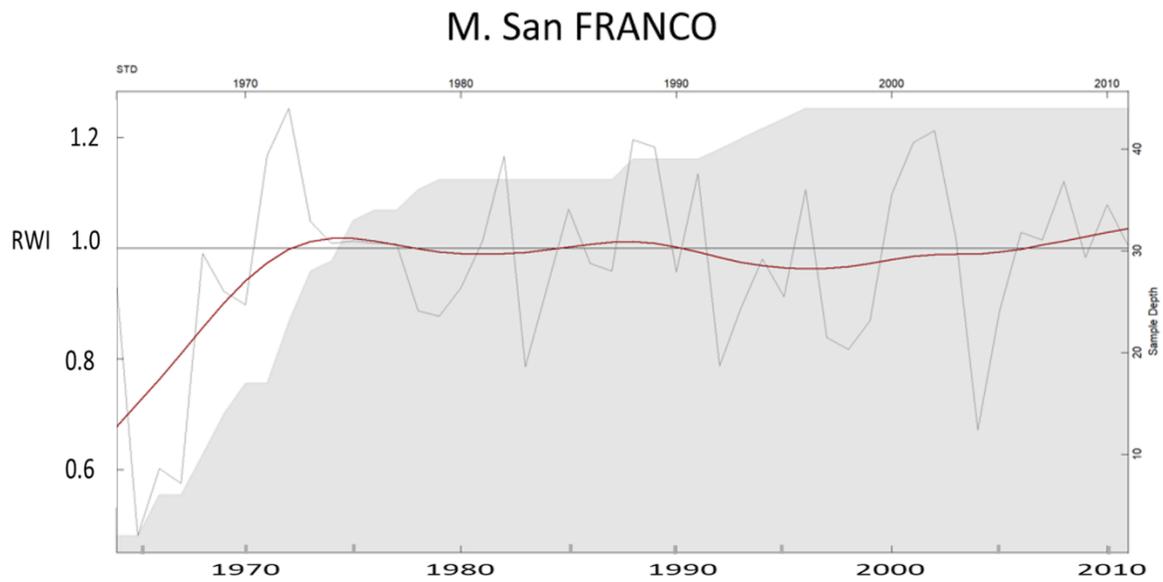


Figura 4.17 - Serie indicizzata RWI del Monte San Franco.

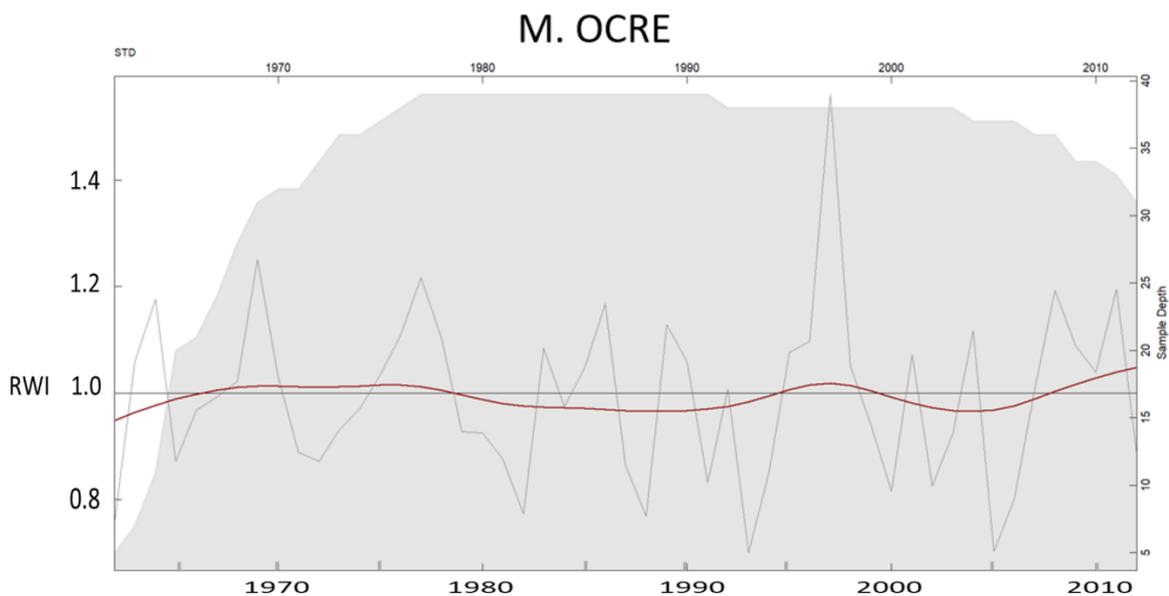


Figura 4.18 - Serie indicizzata RWI del Monte Ocre.

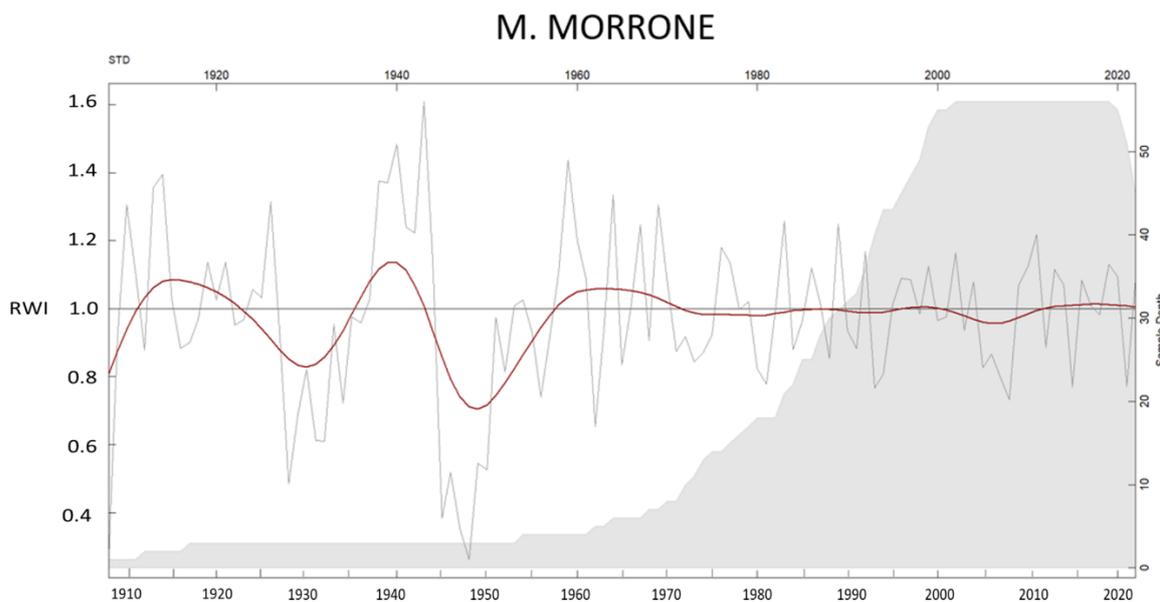


Figura 4.19 - Serie indicizzata RWI del Monte Morrone.

Le serie indicizzate, spogliate dell'effetto tendenziale, evidenziano meglio gli anni caratteristici, fra cui si ricordano il 2003 (Ciais et al., 2005), il 2007 e il 2021 tutti caratterizzati da estremi termici elevati e perdurante siccità.

In seguito, per il solo sito delle Cessane, sono state svolte anche analisi statistiche per verificare se ci fossero relazioni significative tra l'indice di resistenza alle siccità degli anni 2021 e 2003, e alcuni parametri stazionali (quota, indice di rugosità, diametro, pendenza, altezza, indice di posizione topografica, ampiezza media dell'anello ed età). Per il 2021 il modello utilizzato (modello lineare,

statistica parametrica con $p\text{-value} < 0.05$) non ha mostrato una generale significatività, è quindi possibile concludere che, tra quelle considerate, non ci siano variabili influenti sulla resistenza alla siccità di quell'anno. Per il 2003 invece, lo stesso modello ha mostrato che la pendenza influisce positivamente, mentre l'età in maniera negativa; quindi, le piante più giovani e in siti con maggiore pendenza hanno risposto leggermente meglio in termini di resistenza. Quest'ultima osservazione però, non ha validità elevata in quanto il modello nella sua interezza non è statisticamente significativo. Per altro l'ampiezza di accrescimento degli anelli in questione (2021 e 2003) corrisponde del 70% rispetto alla normalità; quindi, la riduzione è poca e non dipendente dai parametri considerati.

4.3. – Relazioni clima-accrescimento e sensibilità del pino nero delle Cesane

Una correlazione positiva fra serie di accrescimento e serie di variabili climatiche significa che un aumento dei valori di quel parametro determina un effetto positivo sull'accrescimento radiale; viceversa, se la correlazione è negativa, un aumento nei valori del parametro considerato ha un effetto negativo sulla formazione dell'anello (Camarero et al., 2013). Pertanto, i barplot tratteggiati indicano il valore medio (punto) e i limiti confidenziali della correlazione positiva o negativa con la specifica variabile mensile. I barplot a tratto pieno indicano la significatività statistica (0,01) della relazione. Alle Cesane l'aumento delle temperature medie dei mesi estivi (giugno, luglio e agosto) influenza negativamente ed in modo significativo l'accrescimento annuale del pino nero, al contrario l'aumento delle precipitazioni totali sempre dei mesi estivi influenza positivamente l'accrescimento dell'anello (Figure 4.20 e 4.21). Ulteriore conferma è data dalla medesima analisi svolta sulle temperature massime e minime, le quali evidenziano come sia il mese di agosto ad influenzare maggiormente l'accrescimento negativo dell'anello (-0.45 per le massime e -0.33 per le minime) (Figure 4.22 e 4.23). Quindi, come già evidenziato (Bocchini et al. 2022), nonostante il pino nero sia una specie pioniera e molto adattabile anche a condizioni difficili, riduce l'accrescimento nei mesi estivi, dove solo precipitazioni maggiori della media possono mitigarne l'effetto; quindi, il pino nero è una specie sensibili alla siccità (Candel-P'erez, 2022).

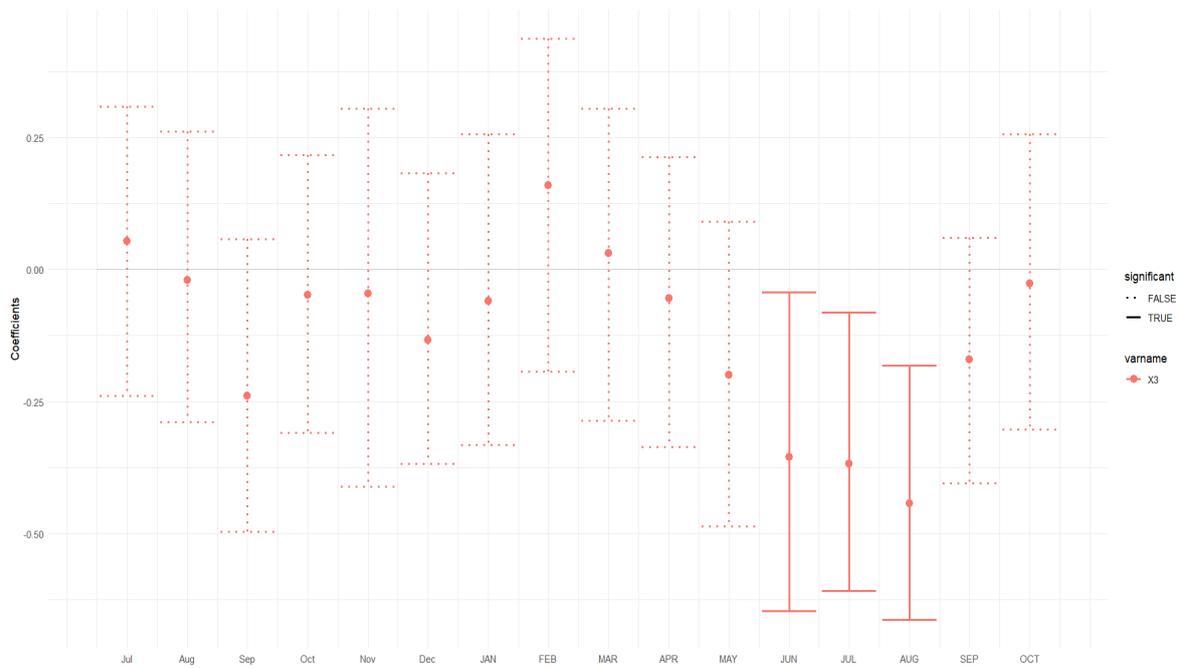


Figura 4.20 - Barplot (correlazione statica: periodo luglio prev. - ottobre curr.; confidenza 99%) delle temperature medie Monte delle Cesane.

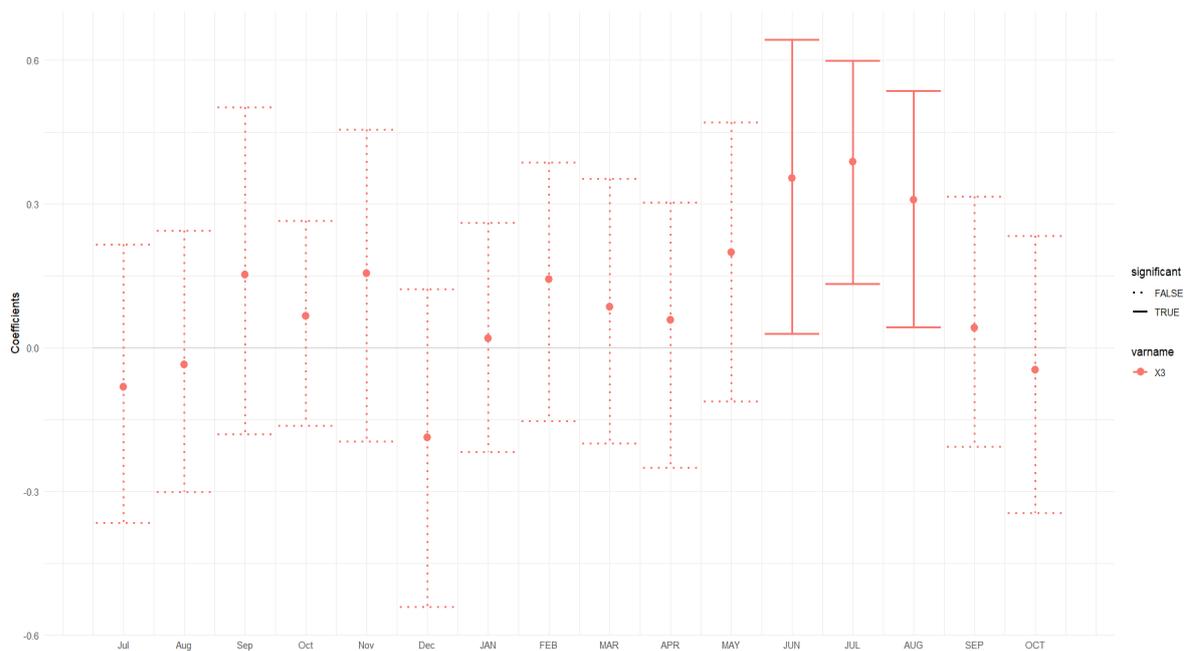


Figura 4.21 - Barplot (correlazione statica: periodo luglio prev. - ottobre curr.; confidenza 99%) delle precipitazioni totali Monte delle Cesane (Fonte: griglia climatica E-OBS v. 27.0e).

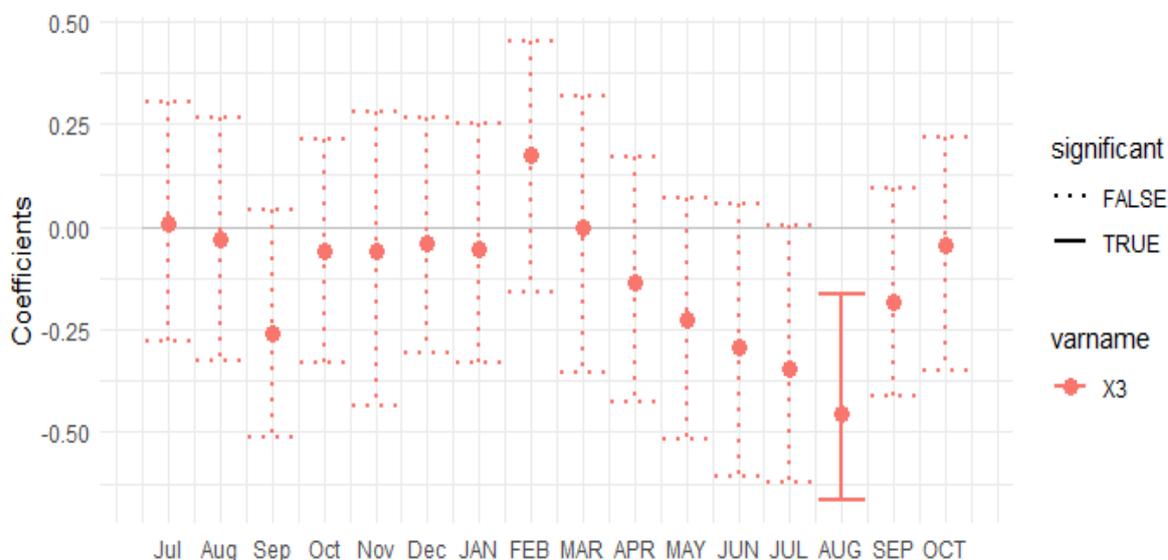


Figura 4.22 - Barplot (correlazione statica: periodo luglio prev. - ottobre curr.; confidenza 99%) della temperatura massima Monte delle Cesane (Fonte: griglia climatica E-OBS v. 27.0e).

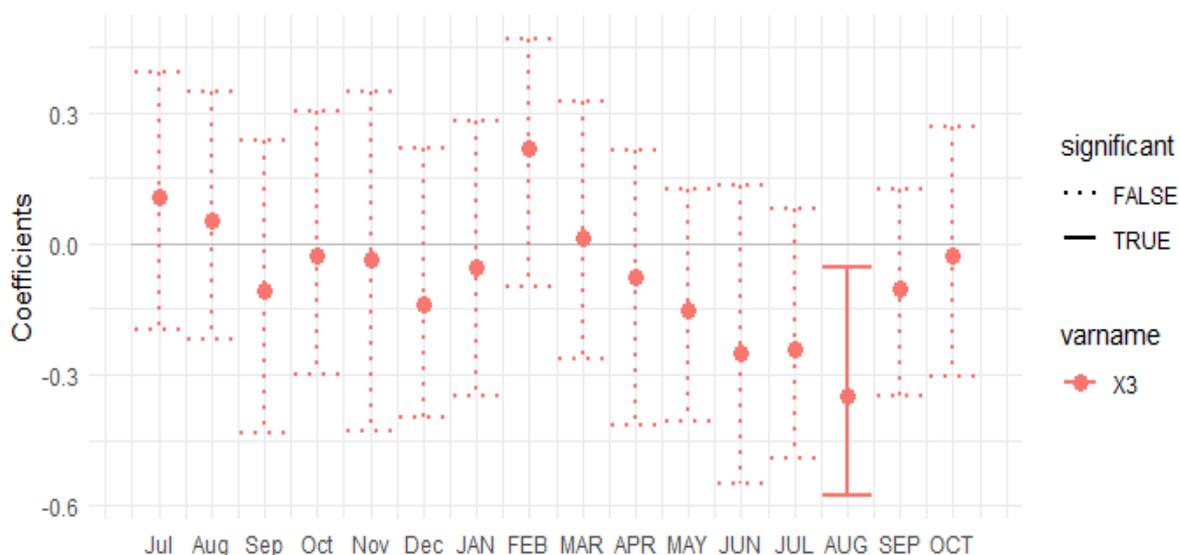


Figura 4.23 - Barplot (correlazione statica: periodo luglio prev. - ottobre curr.; confidenza 99%) della temperatura minima Monte delle Cesane (Fonte: griglia climatica E-OBS v. 27.0e).

La stessa analisi di correlazione effettuata con una finestra mobile (20 anni), evidenzia la stabilità o meno delle relazioni significative nel tempo. Le caselle contraddistinte dall'asterisco indicano la maggiore influenza positiva (blu) o negativa (rosso) sull'accrescimento. Considerando le temperature medie, massime e minime si nota che, mentre fino agli anni '80 gli effetti negativi importanti sui mesi estivi erano sporadici, in seguito sono diventati più stabili soprattutto in agosto. Questo appare un segnale in linea con l'aumento termico tendenziale sia nell'area mediterranea che in generale a livello planetario. Analogamente osservando le precipitazioni nei mesi estivi si nota la maggiore sensibilità di giugno (crescente) e soprattutto agosto (stabile) nel periodo 1980-2020 e

quella diminuita di luglio (1960-1990). Soprattutto l'effetto di giugno evidenzia l'importanza cruciale delle precipitazioni di inizio estate (primaverili-estive) per l'attività vegetativa (Figure 4.24 - 4.27).

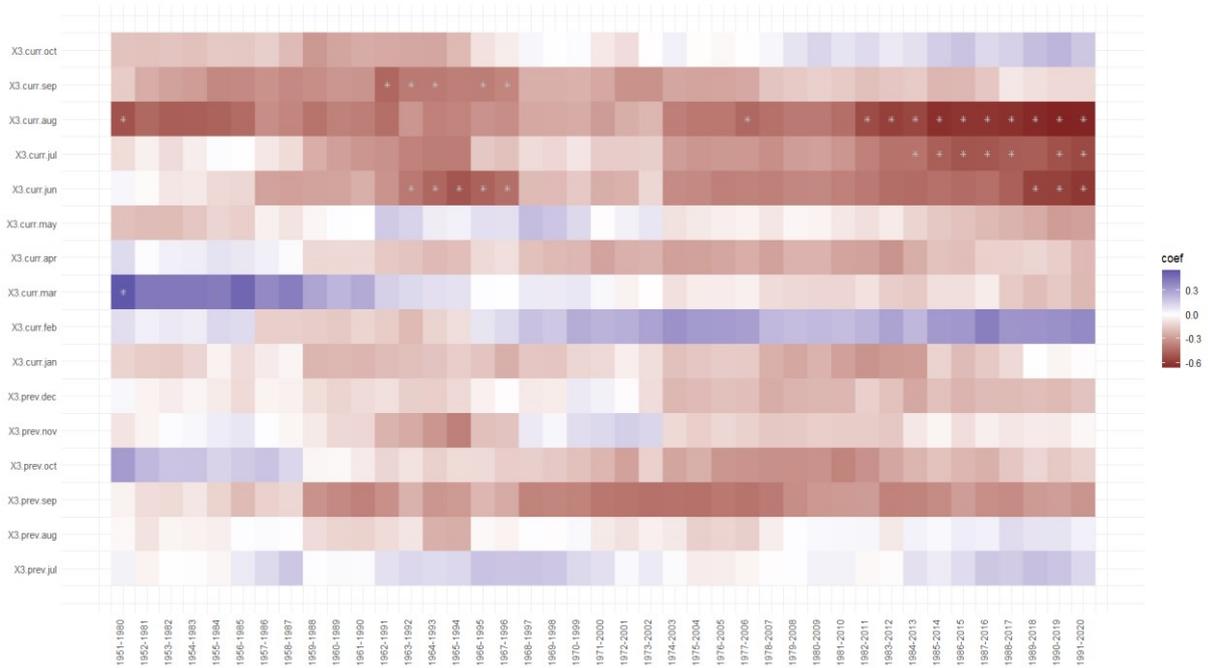


Figura 4.24 - Correlazione dinamica delle temperature medie Monte delle Cesane (periodo luglio prev. - ottobre curr.; confidenza 99%. Fonte: griglia climatica E-OBS v. 27.0e).

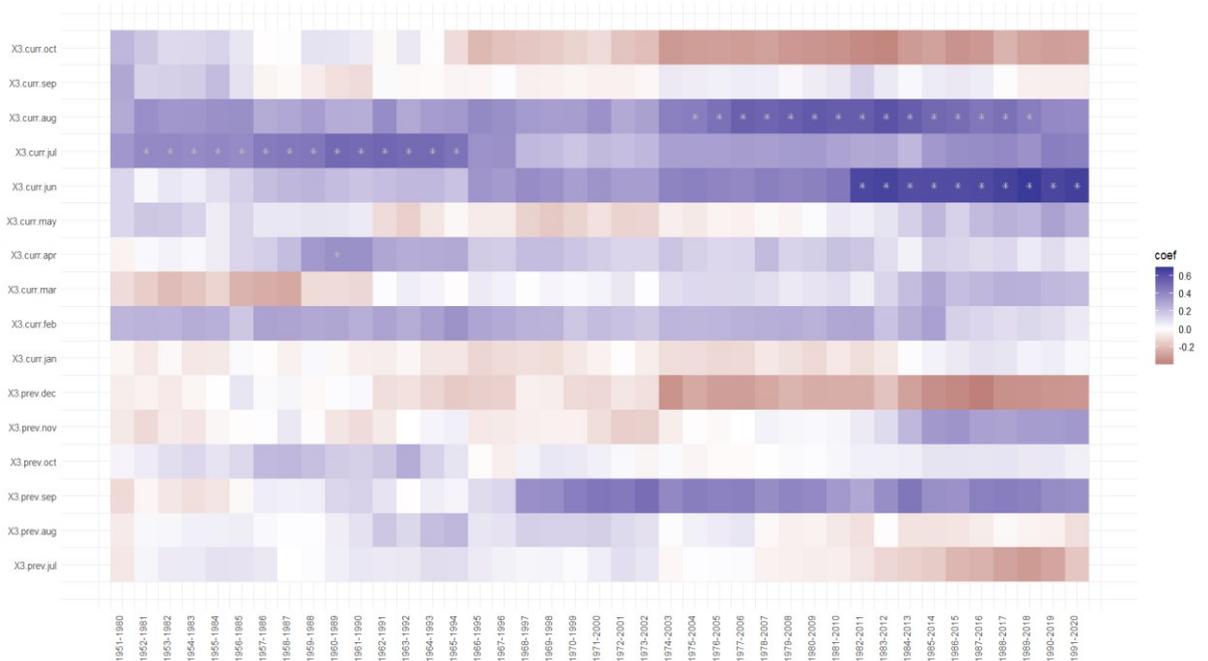


Figura 4.25 - Correlazione dinamica della somma delle precipitazioni Monte delle Cesane (periodo luglio prev. - ottobre curr.; confidenza 99%. Fonte: griglia climatica E-OBS v. 27.0e).

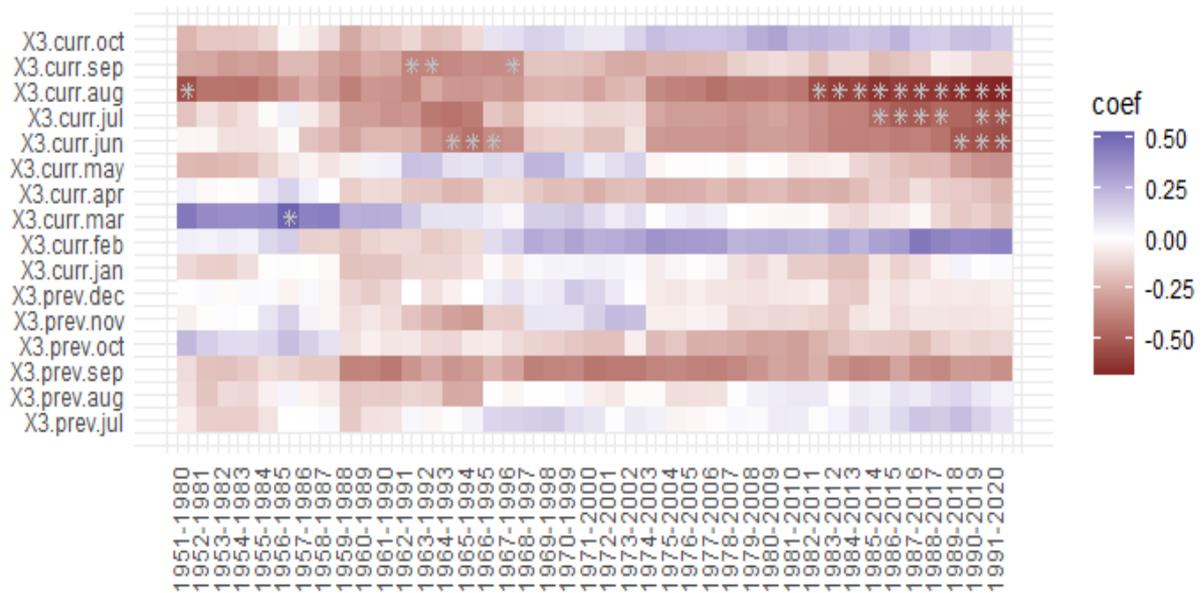


Figura 4.26 – Correlazione dinamica della temperatura massima Monte delle Cesane (periodo luglio prev. - ottobre curr.; confidenza 99%. Fonte: griglia climatica E-OBS v. 27.0e).

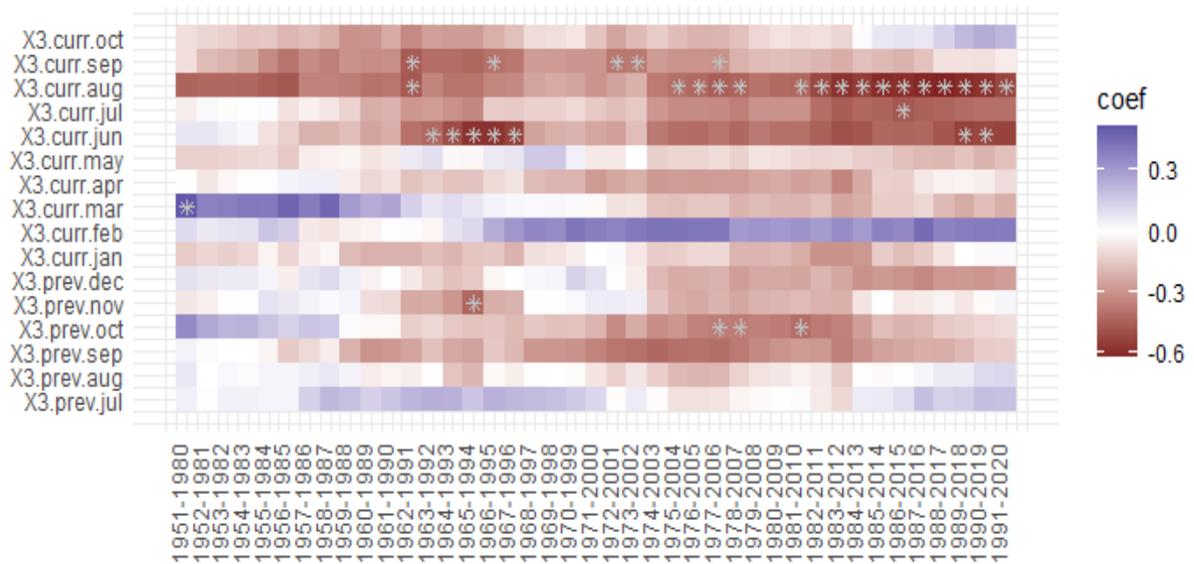


Figura 4.27 - Correlazione dinamica della temperatura minima Monte delle Cesane (periodo luglio prev. - ottobre curr.; confidenza 99%. Fonte: griglia climatica E-OBS v. 27.0e).

4.4. – Relazioni clima-accrescimento e sensibilità del pino nero nell’Appennino centrale

Analogamente l’analisi delle relazioni clima-accrescimento è stata infine realizzata utilizzando l’indice sintetico SPEI (*Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*) particolarmente utile nel caso di condizioni siccitose (SPEI 3). L’indice SPEI indica il legame tra il clima, ed in particolare gli effetti della siccità, sull’accrescimento legnoso. Le correlazioni riportate in (Figura 4.28)

evidenziano che solo alle Cesane e al Morrone le condizioni di siccità estive (luglio, agosto e settembre) influenzano negativamente l'accrescimento. Gli altri unici valori significativi si osservano all'Acuto positivi nel mese di luglio dell'anno precedente a quello di formazione dell'anello (t-1) e negativo nel mese di marzo dell'anno di formazione (t). I pini alle Cesane e al Morrone sono sicuramente in condizioni stazionali più xeriche (minore altimetria ed esposizione calda soprattutto al Morrone) e quindi hanno un comportarsi in maniera simile. Nelle altre stazioni la maggiore altitudine sembra mitigare in qualche modo la risposta auxologica del pino (Figura 4.28).

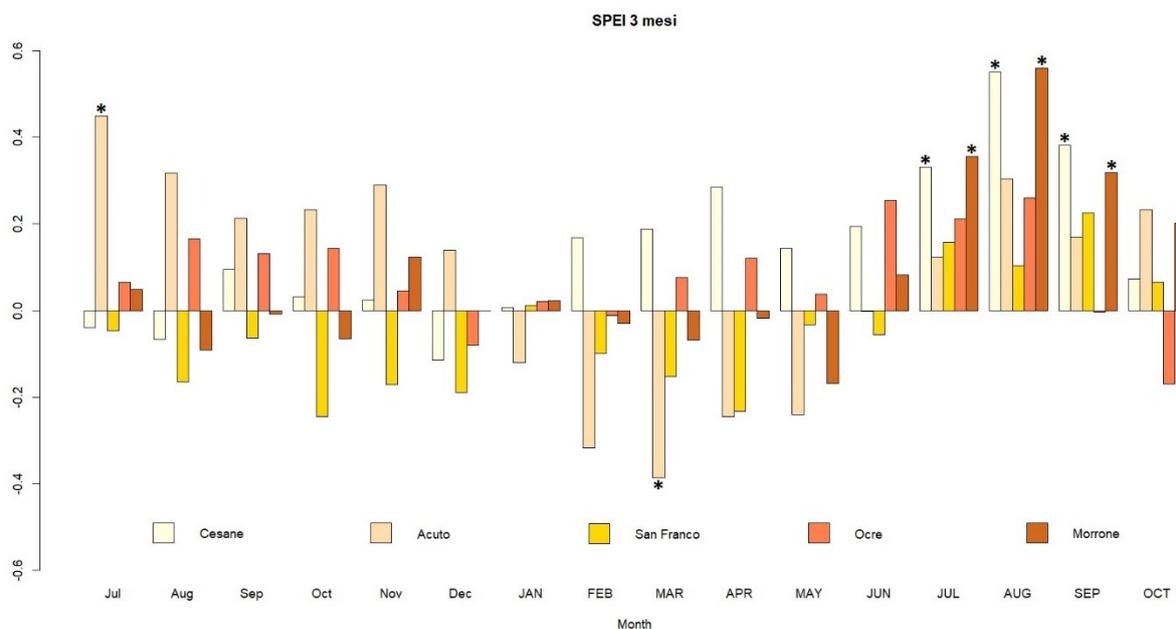


Figura 4.28 – Valori dell'indice SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) su periodo di 3 mesi e confronto tra i cinque siti: in minuscolo i mesi dell'anno precedente, mentre in maiuscolo i mesi dell'anno corrente. evidenziati dalla presenza dell'asterisco i mesi che hanno un'influenza negativa sull'accrescimento; periodo luglio prev. - ottobre curr. (Fonte dati climatici: griglia CRU v4.05 a 0.5°).

Ciò appena evidenziato è in accordo con Candel-P'erez et al. (2022) i quali, analizzando l'effetto del clima e della struttura forestale sull'accrescimento in popolamenti spagnoli di pino nero, affermano che questa specie sia sensibile ai fenomeni di siccità estreme e che le precipitazioni primaverili, con la complicità della struttura forestale, hanno un effetto importante sui valori positivi di BAI, ma mai quanto la temperatura che induce variazioni maggiori di BAI sempre nei mesi primaverili. Diversamente le condizioni estive di maggiore caldo diminuiscono la crescita. Gli stessi autori evidenziano peraltro che l'aumento di temperatura entro limiti ragionevoli, potrebbe anche favorire altre forme di accrescimento nei sistemi forestali; infatti, diversi studi hanno dimostrato un aumento della copertura forestale in relazione a quello delle temperature, suggerendo che alcuni processi demografici potrebbero mitigare o compensare gli effetti negativi indotti dal cambiamento climatico (Candel-P'erez, 2022).

In particolare, l'effetto positivo sulla crescita causato da condizioni di maggiore caldo già da febbraio potrebbero innescare una ripresa cambiale anticipata e migliorare la crescita secondaria come è stato

supposto per altre conifere del mediterraneo. Più nel dettaglio il riscaldamento tardivo invernale potrebbe favorire la crescita nei siti umidi, mentre condizioni più calde e asciutte in autunno potrebbero causare una riduzione della crescita nei siti xerici. Questa discordanza climatico-accrecimento tra i siti xerici e mesici è già stata osservata nell'est della Spagna da Martin-Benito (2010). A partire dal 1970 nei siti più xerici, le precipitazioni di settembre (t-1) risultano molto più importanti mentre le temperature del periodo febbraio-marzo sono più rilevanti nei siti meno xerici (Camarero et al., 2013). È stato riscontrato in precedenza che nelle stazioni xeriche mediterranee la crescita degli alberi è principalmente limitata dalle scarse precipitazioni, mentre nelle zone mesiche il principale fattore che limita la crescita sono le basse temperature invernali (Pasho et al. 2011).

In sintesi, Candel-P'erez et al. (2022) evidenzia che la crescita delle specie di pino delle montagne Mediterranee, è negativamente influenzata sia da severi periodi di siccità durante l'anno precedente sia durante la stagione vegetativa corrente, ma le risposte auxometriche di pino nero sono mediate anche dalle condizioni stazionali, dalla struttura forestale e dall'età dell'albero.

Quindi, l'accrescimento degli alberi è migliore laddove vi sono stati autunni umidi e freddi, e inverni non rigidi e tardivi precedenti alla formazione dell'anello; al contrario le condizioni secche prima della formazione dell'anello ne limitano l'accrescimenti. Tali affermazioni sono in linea con quelle di Camarero et al. (2013) che nei popolamenti di pino nero marginali della penisola iberica, ha osservato che l'accrescimento era favorito da condizioni umide e fredde durante l'autunno precedente e da inverni miti e tardivi. Le risposte tendenziali dell'accrescimento radiale nel pino nero alle temperature e precipitazioni delle stagioni prima e dopo la formazione dell'anello di diversi lavori di ricerca, sono sintetizzati nella tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Tabella riassuntiva delle nozioni relative alla risposta del pino nero alle temperature e precipitazioni dei mesi (Fonte: Martin-Benito, 2010; Pasho, 2011; Camarero, 2013; Candel-P'erez, 2022).

mesi		Risposta del pino nero	
		Positiva	Negativa
ESTIVI (giu, lug, ago)	Temp.	basse / alte (entro certi limiti)	alte
	Prec.	alte	basse
AUTUNNALI (set, ott, nov)	Temp.	basse	alte (per siti xerici)
	Prec.	alte (per siti xerici)	basse (per siti xerici)
INVERNALI (dic, gen, feb)	Temp.	alte (per siti umidi)	basse (per siti mesici)
	Prec.	alte	basse
PRIMAVERILI (mar, apr, mag)	Temp.	alte (per siti meno xerici)	basse
	Prec.	alte	basse

(riassunto di: Marin-Benito, 2010; Pasho, 2011; Camarero, 2013; Candel-P'erez, 2022)

Premesso ciò, alle Cesane (sito identificabile come xerico e con quote non sufficientemente elevate per mitigare le temperature) se la tendenza all'aumento di condizioni di siccità soprattutto estiva aumenterà, come indicano i modello climatici, il pino nero ne risentirà negativamente. L'aumento

delle temperature e il calo delle precipitazioni sembrerebbero essere già in atto; infatti, sia dai dati della stazione pluviotermica di Urbino sia da quelli della griglia climatica E-OBS (v. 27.0e) è evidente come dal 1950 al 2022 le temperature medie annuali abbiamo registrato un aumento poco superiore ad 1°C (con picchi anche di +1,6 C° di giugno e +1,5 C° di agosto), mentre le precipitazioni medie annue siano calate anche di 100 mm (Figure 4.29 e 4.30)

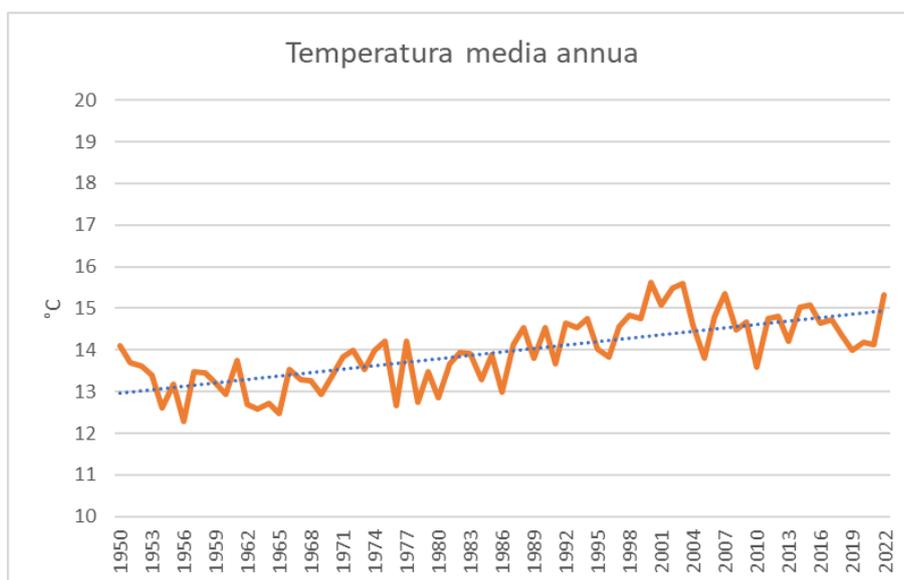


Figura 4.29 - Temperatura media annua °C del periodo 1950-2022 (dati della griglia climatica E-OBS (v. 27.0e)).

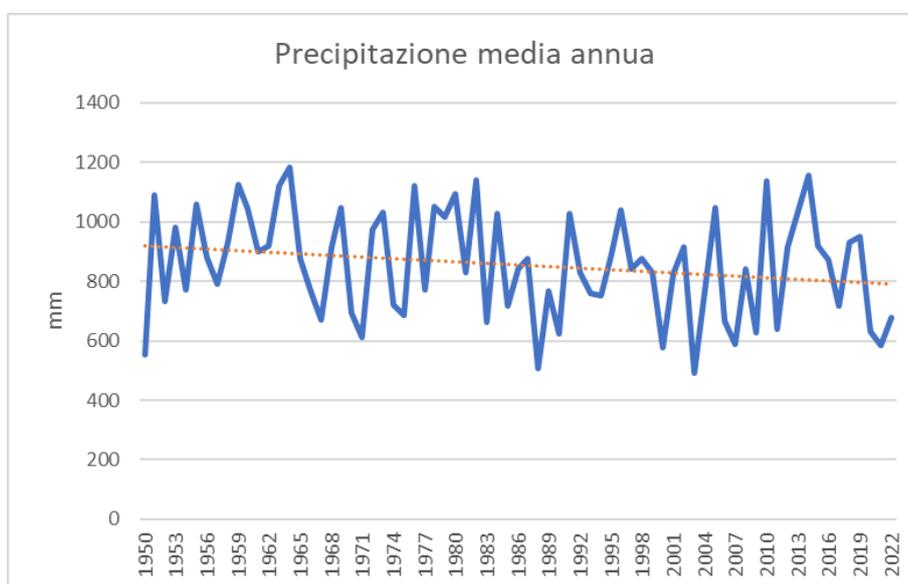


Figura 4.30 - Precipitazioni medie annue mm del periodo 1950-2022 (dati della griglia climatica E-OBS (v. 27.0e)).

Con maggiore dettaglio il confronto tra i climodiagrammi dei periodi 1950-1985 e 1986-2022 mostra la notevole rapidità delle variazioni climatiche verso condizioni di maggiore siccità estiva (Figure 4.31 e 4.32).

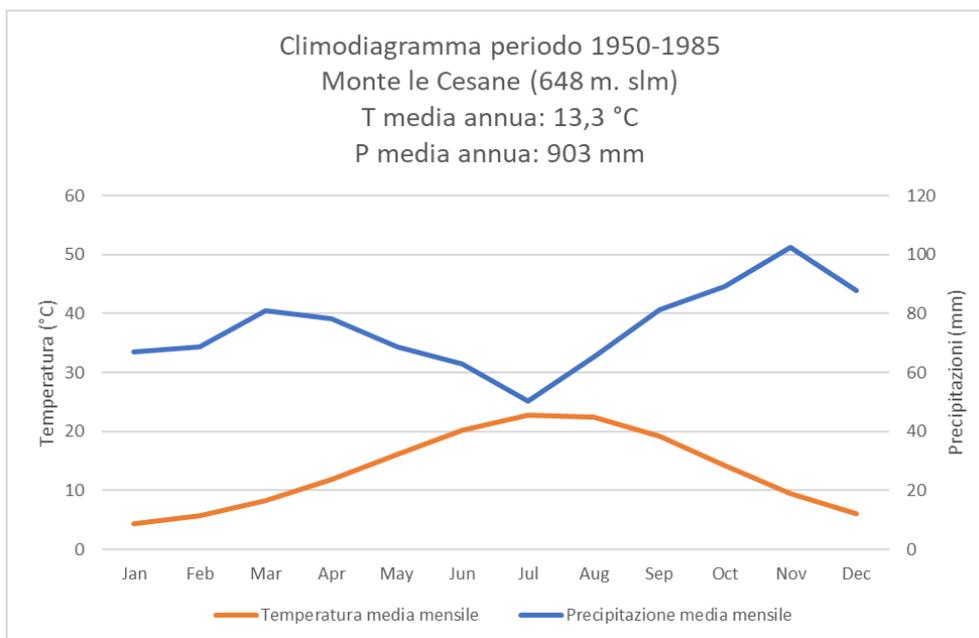


Figura 4.31 - Climodiagramma del periodo 1950-1985 (dati della griglia climatica E-OBS (v. 27.0e)).

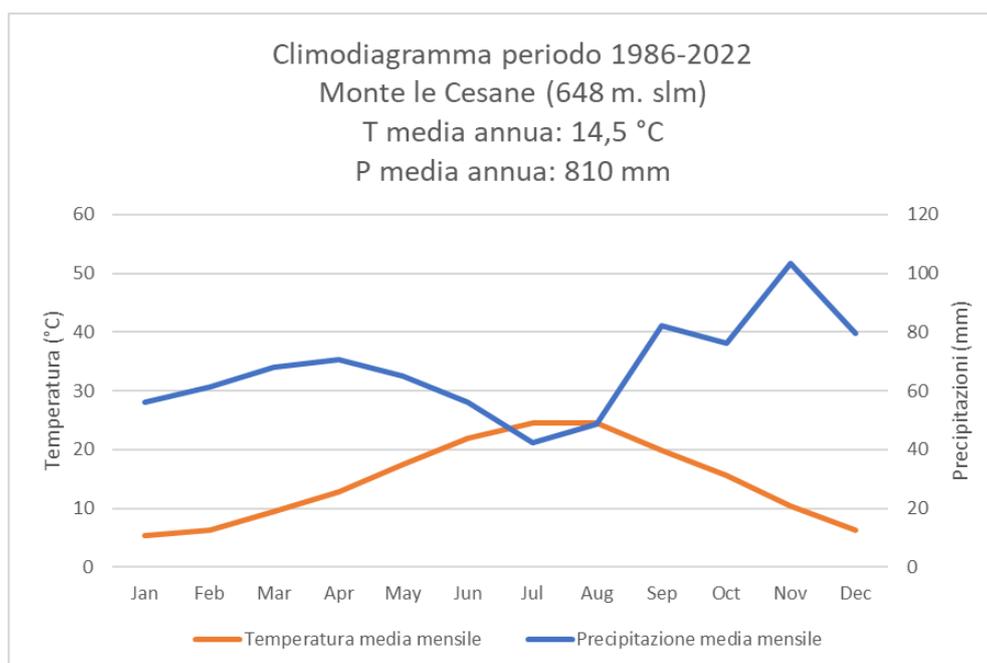


Figura 4.32 - Climodiagramma del periodo 1986-2020 (dati della griglia climatica E-OBS (v. 27.0e)).

5. - CONCLUSIONI

In uno scenario di maggiore frequenza ed intensità di eventi siccitosi anche nella nostra penisola, l'accrescimento radiale degli alberi e quindi la produttività forestale, la rinnovazione, la composizione di specie, ma anche gli stessi areali di distribuzione di diverse specie vegetali, sono soggetti a trasformazione e per le specie maggiormente sensibili gli effetti potrebbero risultare ancora più significativi. In ogni caso la risposta delle specie arbore è fortemente influenzata dalle variabili di scala ovvero come le condizioni climatiche e topografiche locali possono tamponare o enfatizzare le conseguenze dettate dall'evoluzione del clima globale o regionale (Pasho et al. 2011).

Sul Monte delle Cesane le analisi dendrocronologiche e dendroclimatiche svolte, evidenziano come per il pino nero:

- la distribuzione nell'area sia attribuibile ai rimboschimenti svolti in passato e non ad una capacità autonoma elevata di rinnovazione a causa dell'elevata densità e copertura delle chiome, condizioni che si contrappongono alle esigenze eliofile della specie. Pertanto, prevalgono fenomeni naturali di rinaturalizzazione dei popolamenti artificiali di pino nero a favore delle latifoglie autoctone; particolare è la presenza di diverse specie come roverella, aceri, ginepro blu, carpino nero e orniello (*Fraxinus ornus L.*), quest'ultimo in abbondanza e con buona rinnovazione.
- le dinamiche di accrescimento siano comparabili e con accrescimenti piuttosto simili a quelli nei 4 siti dell'Appennino centrale analizzati (Acuto, San Franco, Ocre e Morrone); infatti, indipendentemente dalle caratteristiche topografiche locali, le serie indicizzate evidenziano come principali anni caratteristici il 2003, il 2007 e il 2021, anni interessati da elevati estremi termici e siccità prolungate.
- dagli anni '80, l'aumento costante delle temperature medie dei mesi estivi (giugno, luglio ed in particolare agosto) abbiano ridotto in modo significativo l'accrescimento annuale del pino nero; le precipitazioni di inizio estate (primaverili-estive) al contrario possano influenzare positivamente l'accrescimento.

In conclusione, la tendenza climatica globale porterà ad una maggiore frequenza delle condizioni siccitose in particolare nel periodo estivo; questa tendenza risulta essere già in atto alle Cesane come evidenziato dall'analisi climatica, ma le basse quote del sito, identificato peraltro come xerico, potrebbero non essere sufficienti a mitigare gli effetti negativi sulla crescita e vigoria del pino nero. Attecchimento scarso della rinnovazione, ubicazione al di fuori dall'ottimo vegetazionale e tendenze climatiche non proprio ottimistiche, mettono in difficoltà la vigoria del pino nero nel sito.

Lo studio effettuato fornisce informazioni sullo stato delle pinete di pino nero sul Monte delle Cesane, quindi come chiarito in precedenza, viene soddisfatto l'obiettivo specifico della tesi. Queste informazioni inoltre possono essere di supporto al gestore pubblico per individuare e realizzare appropriati interventi selvicolturali come quelli già previsti dal piano di gestione forestale (2020-2029); infatti, per garantirne la salvaguardia della pineta, sono necessarie azioni selvicolturali mirate non solo a migliorarne la struttura, funzione e prevenzione dei rischi (stabilità, incendi, fitopatie, ecc.), ma anche a facilitarne i processi di rinnovazione e rinaturalizzazione (Cantiani, 2018). Interventi colturali per il mantenimento e miglioramento della struttura orizzontale e verticale dovrebbero essere preferiti in quei popolamenti di pino nero già localizzati nelle aree maggiormente umide e fresche, ottimali per fronteggiare la siccità estiva.

In questo modo, con parte della pineta conservata e gestita attivamente, si preserverebbero le identità culturale e paesaggistica che contraddistinguono il territorio; al tempo stesso gli interventi volti a favorire la rinaturalizzazione aumenterebbe la complessità, multifunzionalità e diversità a grande scala migliorando quindi la stabilità delle formazioni forestali (TUFF, 2018).

Lo studio svolto, pur nel limite dei parametri di campionamento adottati, ha inteso fornire un'analisi territoriale capace di trattare sinergicamente le differenti conoscenze fin qui acquisite. Restano aperti i temi legati all'applicazione delle disposizioni territoriali e l'incognita legata alla crisi climatica.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Bocchini V. (2021) – **Analisi dendroecologica del pino nero *Pinus nigra* Arn.) e orniello *Fraxinus ornus* L.) nella foresta demaniale delle Cesane.** Tesi di laurea in Scienze Forestali e Ambientali. Università Politecnica delle Marche.
- Brutti E. (2017) - **Incendi forestali nelle Marche: effetti sul territorio fra cambiamenti climatici e organizzativi.** Tesi di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali. Università Politecnica delle Marche.
- Brutti E. (2019) – **Nuove tecniche geomatiche a supporto del monitoraggio post-incendio: il caso della foresta demaniale delle cesane.** Tesi di Laurea Magistrale in Scienze Forestali, dei Suoli e del Paesaggio. Università Politecnica delle Marche.
- Camarero J.J., Rubén D., Manzanedo, Sanchez-Salguero R., Navarro-Cerrillo R. M. (2013) - **Growth response to climate and drought change along an aridity gradient in the southernmost *Pinus nigra* relict forests.** INRA and Springer-Verlag France [online: 28 August 2013].
- Candel-Pérez D., Lucas-Borja M.E., García-Cervigon´A.I., Tiscar P.A, Andivia E., Bose A. K., Sanchez-Salguero R., Camarero J.J., Linaresi J.C. (2022) - **Forest structure drives the expected growth of *Pinus nigra* along its latitudinal gradient under warming climate.** Forest Ecology and Management, mancano volume e pagine.
- Cantiani P., Di Salvatore U., Romano R. (2019) - **La selvicoltura delle pinete artificiali di pino nero: analisi delle legislazioni regionali italiane.** Forest@ 15: 99-111 [online 2018-11-22].
- Centro di Ecologia e Climatologia Osservatorio Geofisico Sperimentale Macerata (OGSM). (2002) - **Campo medio della precipitazione sulle Marche per il periodo 1950-2000.**
- Corona P., Ferrari B., Cartisano R., Barbati A. (2014) - **Calibration assessment of forest flammability potential in Italy.** IForest, 7(5), pp. 300–305. doi: 10.3832/ifor1123-007.
- Dati climatici (temperature e precipitazioni) del periodo 1950-2022, Monte delle Cesane - **Griglia climatica E-OBS (v. 27.0e).**
- Di Cesare D. (2023) - **Stima della biodiversità potenziale a supporto di interventi migliorativi in rimboschimenti di conifere nel Monte Morrone (AQ).** Tesi di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali. Università Politecnica delle Marche.
- Del Favero R., Lingua E., Pividori M. (2019) – **Selvicoltura per la protezione dai disturbi.** Collana “Conoscere” di Compagnia delle Foreste S.r.l [isbn 978-88-98850-33-4]
- D.R.E.Am Italia Soc. Coop. Agr. For. (2020) - **Piano di Gestione Forestale dei patrimoni boschivi a vario titolo delle Unioni Montane ‘Alta Valle del Metauro’ e ‘Catria e Nerone’.** Relazione tecnica generale; Relazione sezioni A-B-C-D-E-G-N; Registro particellare (sez. D); Registro degli interventi (urgenza, anno, sup. interessata, ripresa provvigionale a ettaro e tot dell’intervento, tipo intervento, eventuali prescrizioni); Carta delle comprese; Carta degli interventi; Carta dell’esboscosità/viabilità.

- Enescu C. M., De Rigo D., Caudello G., Mauri A., Houston Durrant T. (2016) – ***Pinus nigra* in Europe: distribution, habitat, usage and threats**. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e015138+
- Fiorentini C., Vacchiano G. (2017) - **Analisi della severità dell'incendio del Parco regionale Campo dei Fiori (VA)**. Tesi di Laurea in Agrotecnologie per l'Ambiente e il Territorio. Università degli studi di Milano.
- IPLA-Regione Marche. (2001) – **I tipi forestali delle Marche. Inventario e Carta Forestale della Regione Marche**. Relazione generale dell'istituto per le piante da legno e l'ambiente. Ancona.
- INFC. (2005) - **Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di carbonio**. Corpo Forestale dello Stato.
- Isajev V., Fady B., Semerci H., Andonovski V. (2009) - **EUFORGEN linee guida per la conservazione genetica e l'uso del pino nero (*Pinus nigra*)**. Traduzione: A. Rositi, M. Morganti, B. Schirone, Dipartimento DAF, Università della Tuscia, Viterbo. CREIA, Fondi, Latina, Italia, 6 pagine. Originariamente pubblicato da Bioversity International, in inglese, nel 2003.
- Malandra F., Vitali A., Morresi D., Garbarino M., Foster D.E., Stephens S.L., Urbinati C. (2022) - **Burn Severity Drivers in Italian Large Wildfires**. MDPI. Fire 2022, 5, 180. <https://doi.org/10.3390/fire5060180>.
- Magnani S., Ferrari C. (2007) - **Ecologia del limite altitudinale del bosco nell'Appennino settentrionale: un approccio dendrocronologico**. Dottorato di Ricerca in Scienze Ambientali: Tutela e Gestione delle Risorse Naturali. Alma Mater Studiorum Università degli studi di Bologna.
- Nasi F. (2017) - **Pino nero, Pino austriaco, Pino laricio**. Alberi d'Italia: Parte Seconda. Quaderni in Educazione Naturalistica.
- Pasho E., Camarero J.J., De Luis M., Vicente-Serrano S. (2011) - **Impacts of drought at different time scales on forest growth across a wide climatic gradient in north-eastern Spain**. Agricultural and Forest Meteorology, Elsevier.
- Pedrotti et al. (1970) - **Precipitazioni rilevate in stazioni meteorologiche delle Marche dal 1921 al 1950**. Dati climatici.
- Pedrotti et al. (1970) - **Temperature rilevate in stazioni meteorologiche delle Marche dal 1926 al 1955**. Dati climatici.
- Piermattei A., Campelo F., Buntgen U., Crivellaro A., Garbarino M., Urbinati C. (2020) – **Intra-annual density fluctuations (IADFs) in *Pinus nigra* (J.F. Arnold) at high-elevation in the central Apennines (Italy)**.
- Regione Emilia-Romagna. (2000) - **Tavole di cubatura e di popolamento per la determinazione diretta della massa legnosa in piedi dei boschi dell'Emilia-Romagna**. Assessorato agricoltura, ambiente e sviluppo sostenibile (Direzione Generale Programmazione e Pianificazione Urbanistica Servizio Paesaggio, Parchi e Patrimonio Naturale Ufficio Risorse Forestali), Bologna.
- Rete Rurale Nazionale, (RRN 2014-2020) (2018) RaF Italia 2017-2018 - **Rapporto sullo stato delle Foreste e del settore forestale in Italia**.

Sánchez-Salguero R., Camarero J.J., Dobbertin M., Fernández-Cancio A., Vilà-Cabrera A., Manzanedo R.D., Zavala M.A., Navarro-Cerrillo R.M. (2013) - **Contrasting vulnerability and resilience to drought-induced decline of densely planted vs. natural rear-edge *Pinus nigra* forests.** Forest Ecology and Management, Elsevier.

Servizio Fitosanitario Regione Toscana. (2015) - **La Processionaria del pino: Un insetto che può recare gravi danni a piante e persone.** Caratteristiche e strategie di difesa. Direzione generale Competitività del sistema regionale e sviluppo delle competenze Sviluppo rurale.

Urbinati C. (2009) - **Foreste in forma. La gestione sostenibile nei boschi delle Marche.** Azioni per lo Sviluppo Sostenibile; Servizio Ambiente, Regione Marche.

SITOGRAFIA

Agricoltura, caccia e pesca. Regione Emilia-Romagna. <https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/temi/avversita/schede/avversita-per-nome/proceSSIONARIA-del-pino-scheda>

Bacillus thuringiensis. Wikipedia. https://it.wikipedia.org/wiki/Bacillus_thuringiensis

Cambiamento climatico 2021: sintesi per tutti (IPCC) - https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_Italia_n.pdf

Clima Urbino. Climate-Data.org. <https://it.climate-data.org/europa/italia/marche/urbino-14352/>

Consultazione dei servizi WMS. Geoportale nazionale. <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms/>

Ecosistemi forestali ed incendi: aggiornamento 8 agosto 2023. Ispra. <https://www.isprambiente.gov.it/it/news/ecosistemi-forestali-ed-incendi-aggiornamento-8-agosto-2023>

Euro+Med PlantBase: la risorsa informativa sulla diversità vegetale euromediterranea; il pino nero. <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/PTaxonDetail.asp?NameCache=Pinus+nigra>

Isola del Piano. <https://www.comune.isola-del-piano.ps.it/c041021/zf/index.php/servizi-aggiuntivi/index/index/idtesto/90>

Geologia. Francesco Cangiotti. <https://www.mindat.org/loc-244756.html>

Monte delle Cesane (emergenze naturali); La Valle del Metauro. <https://www.lavalledelmetauro.it/contenuti/beni-ambientali/scheda/4013.html>

Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI). Agenzia prevenzione ambiente energia Emilia-Romagna (Arpa). <https://www.arpa.e.it/temi-ambientali/siccita/scopri-di-piu/scopri-indicatori-siccita/scopri-indicatori-spei>

Pinus nigra. Actaplantarum. <https://www.actaplantarum.org/forum/viewtopic.php?t=15177>

Pinus nigra. Wikipedia. https://it.wikipedia.org/wiki/Pinus_nigra

Portale della Flora d'Italia. https://dryades.units.it/floritaly/index.php?procedure=taxon_page&tipo=all&id=9024

Warning stripers della variazione della temperatura globale e in Italia, University of Reading. <https://showyourstripes.info/c/europe/italy>

Potere calorifero pino. <https://www.ebcprofessional.com/blog/potere-calorifico-legna-la-nostra-classifica-n55>

ALLEGATO 1 - Rimboschimenti e attuale stato

Storia dei rimboschimenti in Italia

L'origine per lo più artificiale delle pinete di pino nero e lariceo è da imputarsi a politiche di rimboschimento pregresse di inizio secolo scorso volte a risanare zone collinari e montane dall'erosione e dissesto innescati dall'eccessivo sfruttamento energetico e agro-pascolivo tra il XVIII e XIX secolo in cui l'uomo svolse inoltre diffusi disboscamenti, dissodamenti e incendi spesso in stazioni non idonee (Catani et al., 2018).

Inizialmente con la Legge del 20 giugno 1877 n. 3917 ("Norme relative alle foreste", Gazz. Uff. 11 luglio 1877, n.161) venne posto il vincolo di taglio (vincolo forestale) di qualsiasi bosco, coincidente con cime e pendii montuosi. al di sopra del limite superiore della zona del castagno (700-800 metri) e per tutte le aree a rischio dissesto; vennero eseguiti blandi e piccoli rimboschimenti isolati per lo più a fine dimostrativo. Nel 1884 il Ministero dichiarò inefficaci i rimboschimenti isolati, saltuari e di piccola estensione fino ad allora eseguiti, al contrario con la Legge del 1° marzo 1888 n. 5238 invitò a prendere disposizioni più intese promuovendo i rimboschimenti volti a garantire lo sviluppo del suolo e regolare il corso delle acque; simile fu la Legge Luzzatti del 2 giugno 1910 n. 27 che istituendo il Demanio Forestale dello Stato introdusse provvedimenti per la tutela e l'incoraggiamento della selvicoltura, in particolare attraverso aiuti per il rimboschimento non solo come mezzo di difesa contro il dissesto, ma anche come fattore produttivo. L'istituzione della Milizia forestale nel periodo emergente del fascismo (1922-1926) segnò l'inizio di un'opera di rimboschimento a livello nazionale ancora più grande portando alla nascita di numerosi consorzi di rimboschimento, il tutto supportato sia dalla Legge del 13 luglio 1911 n. 774 ("Normativa organica delle disposizioni in materia di sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani") che definiva a totale carico dello Stato tutti i lavori di rimboschimento e di rinsaldamento dei bacini, sia dalla Legge n. 3267 del '23 (Legge Serpieri) che istituì il "vincolo idrogeologico".

Il problema del rimboschimento delle montagne assunse nuove considerazioni alla luce della profonda crisi economico-sociale del dopo-guerra. Se sotto gli aspetti idrogeologici il rimboschimento veniva ancora considerato quale unico mezzo di sistemazione delle pendici montane e di raggiungimento dell'equilibrio idrico, sorse la necessità di soddisfare l'ingente domanda occupazionale del momento storico. Così la Legge Fanfani del 25 luglio 1952 n. 991 ("Provvedimenti in favore dei territori montani"), combinò l'obiettivo generale di incrementare la copertura del suolo e il riassetto del territorio, la stabilità dei versanti dei rilievi e il corretto deflusso delle acque meteoriche con l'occupazione di manodopera non qualificata. Tale normativa consentì per la prima volta di effettuare rimboschimenti anche in pianura, prevalentemente con conifere e specie esotiche. Questo periodo fu in assoluto quello di maggiore attività nel campo dei rimboschimenti con una

superficie rimboschita a livello nazionale in poco più di 15 anni (1952-1968) pari a quasi tre volte il valore di quella ottenuta negli oltre ottant'anni precedenti (dal 1867 al 1950), grazie principalmente alla presenza del settore pubblico.

Con Decreto del Presidente della Repubblica del 15 gennaio 1972 n. 11, vi fu l'istituzione delle Regioni a statuto ordinario con a loro trasferimento di diverse funzioni, tra le quali la competenza realizzativa dei rimboschimenti; ciò nella politica forestale nazionale determinò una riduzione dell'interesse e della realizzazione dei rimboschimenti come sistemazione montana. Alla luce delle notevoli estensioni rimboschite nei decenni precedenti e del progressivo aumento dei boschi di neoformazione su terreni agricoli e pascolivi abbandonati, ci si sarebbe aspettato dalla gestione regionale una maggiore attenzione al miglioramento e al mantenimento dell'accresciuto patrimonio forestale e alla difesa dagli incendi boschivi, fenomeno che, proprio negli anni Settanta, emergeva con drammaticità. Dopo gli anni '70 la politica forestale sui rimboschimenti si concentrò quindi sulla produzione legnosa con specie a rapido accrescimento che sostituirono le conifere.

In sintesi, in Italia il rimboschimento con pino nero fu praticato dalla fine del '800 al 1970 in tutte le regioni soprattutto nell'area montuosa appenninica con il supporto di numerosi provvedimenti legislativi. Una delle regioni italiane maggiormente interessata da rimboschimenti di pino nero fu la Toscana, dove l'opera di rimboschimento più ampia fu quella di Monte Morello (Firenze), oltre al quale si ricorda quello della Calvana (PO), Monticelli (PT), Comano (MS), Scopetone (AR), buon parte del territorio casentino (AR) e le Cornate di Gerfalco (GR).

Dagli anni '80 in poi subentrano le misure predisposte dall'Unione Europea con i primi Regolamenti (Regolamento CEE 2080 del 1992 che vide in sette anni la realizzazione di 104.000 ettari di boschi), poi la Politica Agricola Comunitaria fino alla Politica di Sviluppo Rurale dove il rimboschimento delle superfici agricole rimase un intervento costante insieme al rimboschimento delle superfici non agricole. Ad oggi il principale obiettivo dell'azione europea rivolta al rimboschimento rimane quello ambientale e in particolare la conservazione e miglioramento del paesaggio, la tutela della biodiversità e la mitigazione e il contrasto ai cambiamenti climatici.

Nel quadro nazionale i rimboschimenti trovano una finalità anche produttiva grazie alla realizzazione di impianti di arboricoltura da legno (Pioppo, Noce, Ciliegio), iniziative sollecitate dai contributi unionali; mentre la realizzazione di rimboschimenti rimane limitata ad azioni localizzate di ripristino ambientale (sistemazione di cave, discariche, interventi di ingegneria naturalistica, aree percorse da incendio, ecc.) oppure all'impianto di colture legnose specializzate (biomassa ad uso energetico, legname di qualità, ecc.) su superfici che rimangono comunque ad uso agricolo.

Rimboschimenti nelle Marche

L'impiego del pino nero nei rimboschimenti è iniziato fra la fine dell'800 ed i primi del '900, con i primi impianti limitati nel territorio di Serravalle del Chienti (nel 1870) (Marchesoni, 1952) e della Foresta delle Cesane; successivamente grazie anche alla disponibilità di manodopera nonché prigionieri di guerra, furono effettuati i primi veri rimboschimenti su larga scala nel periodo della Prima guerra mondiale nelle zone montane delle province di Pesaro, Ancona e Macerata. Le tecniche di rimboschimento prevedevano l'impiego del pino nero d'Austria sui substrati calcarei, e del pino laricio sui substrati mesoneutrofilo e più in generale nel piano montano del faggio; in un secondo tempo fu utilizzato il pino di Villetta Barrea. Nella pratica è molto difficile stabilire quale sia la provenienza utilizzata a meno di ricerche storiche.

La funzione principale di questi primi rimboschimenti era quella di protezione e interessarono prevalentemente le proprietà pubbliche (demaniali, regionali e comunali); solo in rari casi si è trattato di impianti eseguiti come rinfoltimento, sotto piantagione e ricostituzione forestale in soprassuoli percorsi dal fuoco o degradati per diversi motivi. Con lo scopo di protezione, i principali rimboschimenti di pino nero sono stati effettuati nella provincia di Pesaro e Urbino e comprendono: la Foresta Demaniale delle Cesane e del Monte Carpegna (acquistate rispettivamente nel 1919 e 1928), la Foresta Demaniale Regionale del Furlo (Monte Pietralata e Monte Paganuccio) e la Foresta Demaniale di Monte Montiego. Nella provincia di Ancona i rimboschimenti comprendono le aree della Dorsale marchigiana fra Arcevia, Fabriano e Sassoferrato, tra cui la Foresta Demaniale Regionale di Albacina e l'alto Esino e Monte Conero. Nella provincia di Macerata il pino nero fa da protagonista nella Foresta Demaniale Regionale di Cingoli, fra San Severino Marche e Gole del Fiastrone, Ussita e Visso. Infine, nella provincia di Ascoli-Piceno vi è la presenza di rimboschimenti di pino nero nelle pendici meridionali del Monte Vettore, dintorni di Roccafluvione e Montagna dei Fiori. (Bocchini, 2021 e IPLA, 2000).

Gli impianti di minore dimensione, a volte corrispondenti alla singola proprietà privata, o più frequentemente a Consorzi, Comunanze ed Università Agrarie, sono stati eseguiti in anni più recenti con finalità produttive, oltre a quelle simili alle precedenti: sistemazione e consolidamento di frane, calanchi, recupero di cave, ecc. Di origine ancora più recente, infine, sono gli impianti specifici per arboricoltura da legno di produzione a medio e breve termine per scopi industriali eseguiti con successo nella provincia di Ascoli-Piceno su terreni mediamente fertili (IPLA, 2000).

Nei rimboschimenti della regione Marche il pino nero, mediamente con 539 piante ad ettaro, rappresenta il 28% della composizione specifica ed il 48 % del volume. Questa specie è la pianta principale, in numero e in dimensioni volumetriche, di tutti i rimboschimenti svolti nella fascia collinare, montana inferiore e superiore dove può raggiungere il 44% del numero e 72% del volume; mentre meno diffuso è stato il suo uso nelle aree costiere (a prevalenza di pino d'Aleppo con il 77% della composizione specifica) dove prevalgono altre *pinaceae* (Monte Conero, Gole del Furlo, Serra San Quirico).

In tutti i rimboschimenti sono presenti numerose latifoglie d'invasione (mediamente 1100 piante ad ettaro) ancora in una fase giovanile, ma con buone potenzialità, che costituiscono poco meno del 52% della composizione specifica, in funzione della situazione evolutivo-culturale e delle esigenze delle singole specie. Del resto, l'obiettivo originale dei rimboschimenti era quello di risanare i suoli degradati per garantirne protezione dall'erosione e predisporli quindi ad un maggiore ed efficace attecchimento delle latifoglie; a medio e lungo-termine le conifere utilizzate hanno dato origine a cenosi instabili poiché incapaci di rinnovarsi diffusamente, preda di facili attacchi parassitari, soggette a danni meteorici ed incendi boschivi. Tra le specie di latifoglie più abbondanti vi sono la roverella (10%), il carpino nero (12%) e l'orniello (10%), secondariamente altre latifoglie come robinia, acero a foglie ottuse e diversi arbusti; tra le latifoglie mesofile (3%) la specie dominante è il faggio, seguita dall'acero di monte e dal frassino maggiore. Le latifoglie costituiscono generalmente lo strato inferiore alto-arbustivo e solo in pochi casi partecipano alla costituzione del piano dominante, peraltro costituendo dei gruppi di rinnovazione e raramente distribuite in modo più o meno regolare.

La possibilità della permanenza delle conifere è strettamente correlata con le esigenze delle singole specie e la loro capacità di adattamento. Fra le diverse specie utilizzate quelle con areale mediterraneo come il pino nero essendo frugale ha maggiori possibilità di rinnovazione, ma d'altro canto essendo una specie eliofila e pioniera, in grado di sopravvivere solo in ambienti aperti, anche rupestri o a seguito di eventi catastrofici, risulta difficile la sua rinnovazione in bosco, mentre prevale in pascoli abbandonati assieme al ginepro comune.

Nonostante la dinamica naturale in atto, gli accrescimenti delle latifoglie sono ridotti, ciò è da imputarsi alle scadenti proprietà chimiche-fisiche edafiche dei siti.

L'accrescimento ridotto coinvolge anche le stesse conifere; infatti, nei rimboschimenti regionali in media sono state stimate 1940 piante ad ettaro (valore compreso tra valori di densità media poco inferiore a 1000 soggetti ad ettaro e valori massimi di circa 3000 piante/ha in popolamenti di pino nero mai diradati.) per un'area basimetrica di 28 m²/ha ed una provvigione che supera di poco i 165 m³/ha quando dovrebbero avere una provvigione prossima a 300-350 m³/ha. Invece, in rimboschimenti di pino nero eseguiti su pascoli o coltivi abbandonati dell'orizzonte montano inferiore, si riscontrano provvigioni superiori a 300 m³/ha, con aree basimetriche superiori a 40 m²/ha ed altezze di poco inferiori a 27 m.

La curva della frequenza diametrica relativa alle sole conifere si articola fra i 5 e 60 cm di diametro, con una distribuzione a campana tipica di boschi coetaneiformi ed il massimo nella classe 20 cm, per poi decrescere in modo graduale sino a quella dei 60 cm; i soggetti più grossi (classi oltre i 50 cm) sono poco meno dell'1% del numero ed il 4% in volume.

La struttura dei rimboschimenti è prevalentemente monoplana coetaneiforme, il cui piano dominante è costituito dalle conifere; la densità varia in funzione dello stadio evolutivo, ma nella maggior parte

dei casi risulta da piena a colma, in cui è spesso ancora ben visibile la struttura regolare a file e su gradoni del rimboschimento.

La ripartizione degli stadi di sviluppo evidenzia la prevalenza di popolamenti adulti, con età media degli alberi campione di poco inferiore a 30 anni, ma è bene sottolineare che i dati forniti sono relativi a campionamenti svolti per la realizzazione dell'inventario forestale regionale a fine degli anni 90', pertanto sono da aggiungere minimo 20 anni; il 9% è attribuibile a giovani rimboschimenti, mentre solo il 4% è costituito da popolamenti maturi o senescenti (Figura all.1.1).

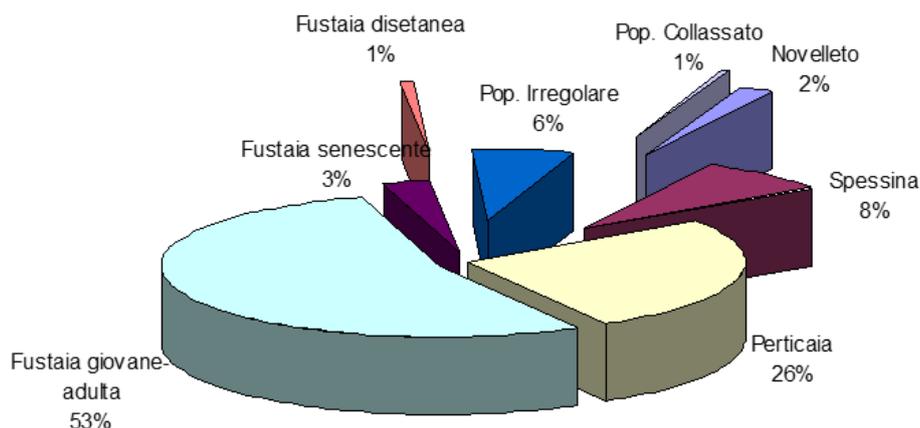


Figura all.1.1 - Ripartizione degli stadi di sviluppo nei rimboschimenti di conifere della regione Marche (Fonte: IPLA, 2000).

Chiarita per i rimboschimenti la funzione originale e prevalente di protezione e consolidamento dei versanti, ad oggi questa funzione è in parte diminuita e si evidenzia anche un ruolo di produzione, benché i prodotti ottenibili siano di mediocre qualità, utilizzabili prevalentemente per imballaggi. I rimboschimenti produttivi, che costituiscono il 15% della categoria, sono comunque molto localizzati e riferibili a popolamenti adulti, presenti in stazioni con buona fertilità (provvigioni superiori a 200 m³/ha ed altezze di 25-30 m), in condizioni di debole pendenza e, soprattutto, ben servite dalla viabilità forestale (per esempio nei rimboschimenti dei Monti delle Cesane); per questi comprensori boscati la conifera continuerà ad avere un ruolo significativo nella copertura forestale. La funzione naturalistica è limitabile ai popolamenti inseriti all'interno delle aree protette o aree d'interesse naturalistico i quali nuclei di ricolonizzazione o habitat forestali sono utili per la protezione della fauna ed avifauna (Figura all.1.2).

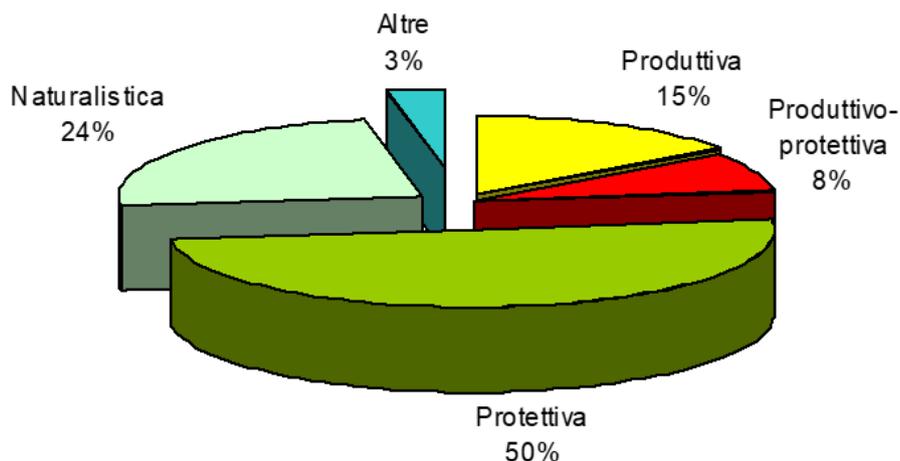


Figura all.1.2 - Ripartizione delle funzioni prevalenti dei rimboschimenti di conifere nelle Marche (Fonte: IPLA, 2000).

In generale, solo raramente sono stati eseguiti interventi selvicolturali di gestione attiva, riferibili nel complesso a tagli intercalari (cure colturali, sfolli e diradamenti). Pertanto, sul 76% della superficie totale dei rimboschimenti furono previsti per il periodo 1997-2012 interventi, mentre il restante 24% è stato destinato in parte all'evoluzione controllata (3395 ha), e in parte alla libera evoluzione (700 ha) ovvero dove le condizioni stagionali lo consentono. L'obiettivo gestionale risulta quindi essere la progressiva trasformazione a scopo di rinaturalizzazione e stabilizzazione verso cenosi a prevalenza di latifoglie autoctone (Figura all.1.3).

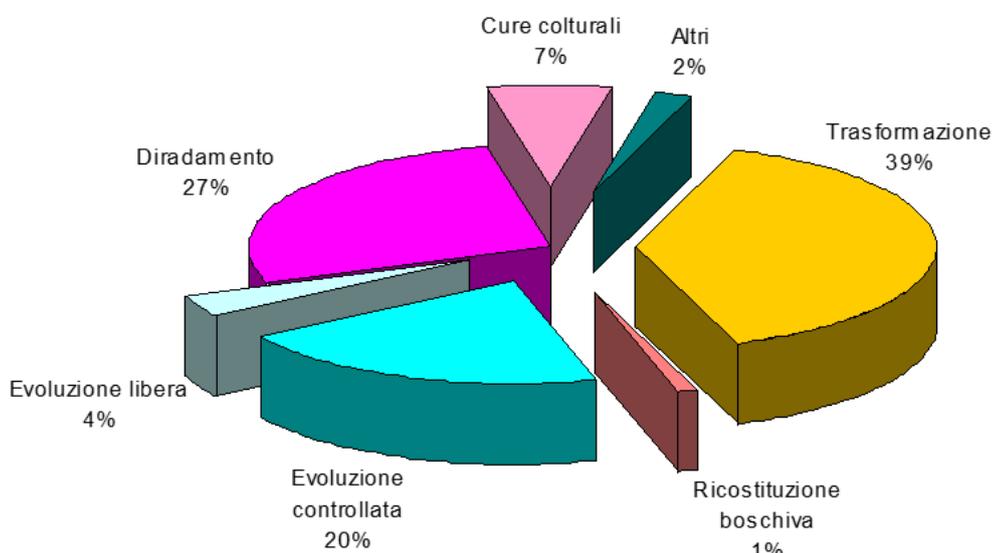


Figura all.1.3 – Ripartizione degli indirizzi d'intervento selvicolturale (Fonte: IPLA, 2000).

ALLEGATO 2 - Il grande incendio delle Cesane (2017)

Il Monte delle Cesane nel luglio del 2017, anno critico per l'elevato numero di incendi in Italia, fu protagonista di un vasto incendio che interessò sia parte del comune di Urbino che quello di Fossombrone; l'incendio intaccò le chiome (incendio di chioma) con gravi conseguenze per il soprassuolo, poiché a differenza dell'incendio radente che non va a coinvolgere l'apparato fotosintetizzante, libera maggiore calore e si può propagare più rapidamente risentendo anche dei "salti di fuoco" (il propagarsi delle lingue di fuoco anche a diversi metri di distanza dall'innesco) se in presenza di forte vento. L'origine dell'incendio, sviluppatosi in un campo coltivato di erba medica, è tutt'ora incerto (colposo/doloso) ciò che invece è chiaro sono le condizioni che furono favorevoli al propagamento: giornata ventosa, particolarmente seccata e vegetazione in probabile elevato stress idrico. Ai fattori predisponenti si aggiunsero anche le operazioni di spegnimento poco tempestive, in un periodo storico particolare nel quale le competenze operative erano passate da poco dal Corpo Forestale ai Vigili del Fuoco (2016), ne conseguirono problematiche logistiche dei mezzi a terra anche a causa della morfologia acclive dell'area di innesco. Ciò consentì un'indisturbata risalita del fuoco lungo il versante sud-ovest ed un rapido passaggio ai soprassuoli forestali di conifere; fu richiesto l'intervento in un primo momento di un elicottero dei Vigili del fuoco del Comando di Bologna, dei mezzi di terra della Protezione civile, dei volontari antincendio boschivo e in secondo momento l'intervento di due Canadair della flotta aerea nazionale sufficienti poi a domare l'incendio (Brutti et al., 2019) (Figura all.2.1).





Figura all.2.1 - Foto scattata qualche mese dopo l'incendio (sopra) e immagini della stessa area dopo 5 anni in cui si nota una riduzione degli alberi morti in piedi poiché schiantati.

L'area percorsa dall'incendio fu di circa 154 ettari, valore che è stato possibile misurare grazie sia al perimetro censito dai Carabinieri forestali nei giorni successivi all'accaduto tramite rilievo GNSS (Figura all.2.2), sia per fotointerpretazione usando l'immagine satellitare Sentinel-2 del 28 luglio 2017 (circa venti giorni dopo l'incendio) alla quale è stata applicata una colorazione a falsi colori (RGB=843) che ha permesso di discriminare in rosso magenta acceso la vegetazione non coinvolta dall'incendio e in nero/grigio l'area bruciata (Figura all.2.3).



Figura all.2.2 - Perimetro rilevato con GNSS dai Carabinieri forestali.

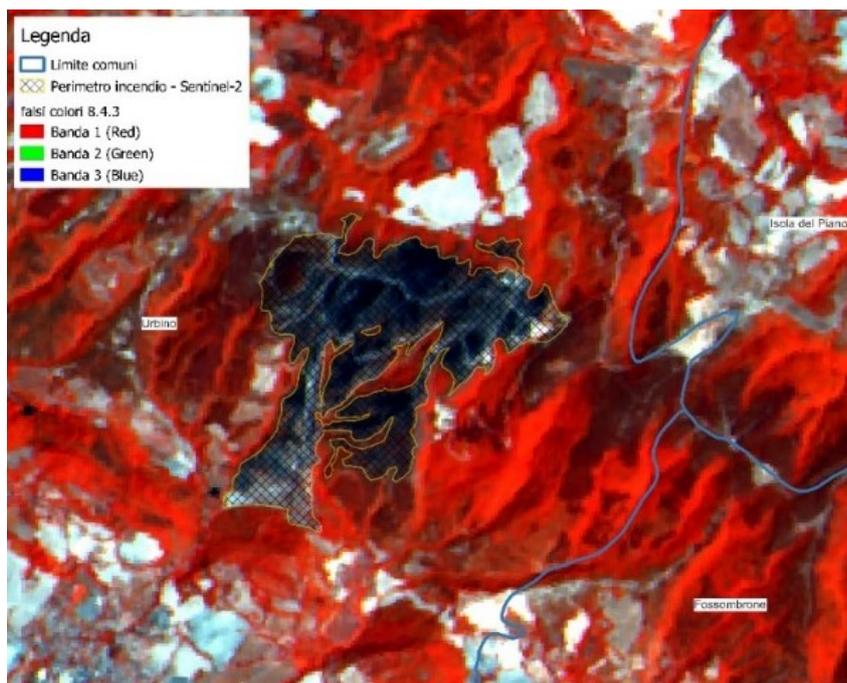


Figura all.2.3 - Immagine satellitare Sentinel-2 in falsi colori (843) dell'area bruciata.

Sulla base dell'inventario della regione (IPLA, 2000), la categoria forestale principalmente coinvolta dal passaggio del fuoco fu quella relativa ai rimboschimenti di conifere (72%), a seguire querceti (6%) e formazioni ripariali (3%) (Figura all.2.4).

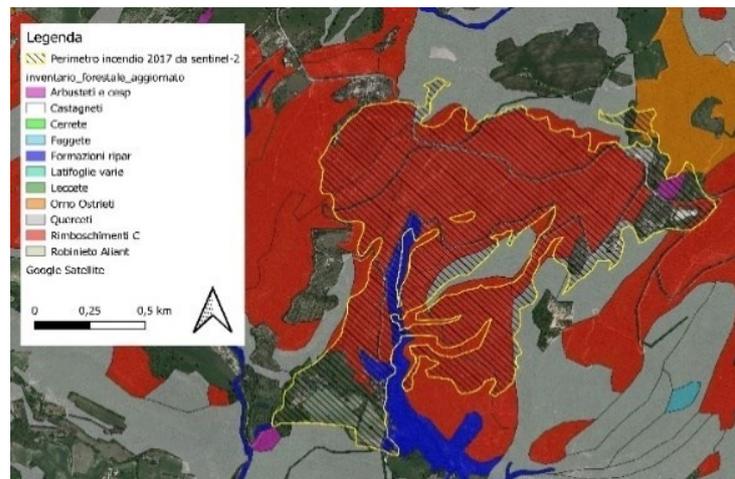
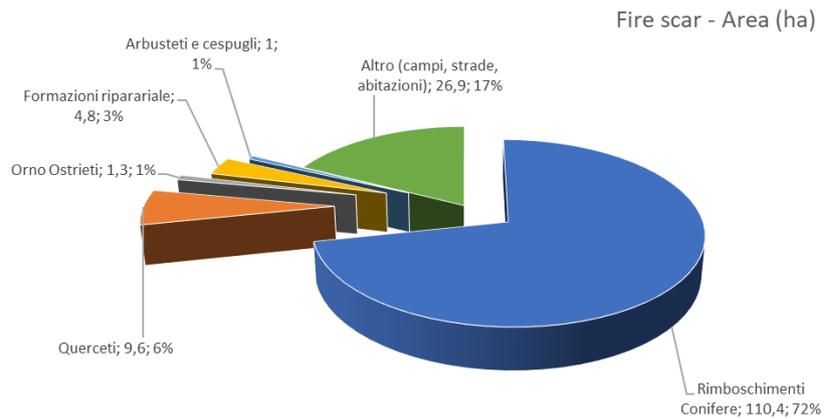


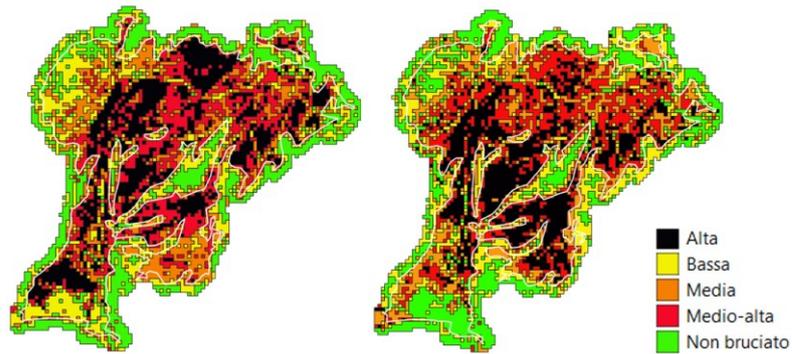
Figura all.2.4 -Ripartizione in percentuale degli ettari per categorie forestali coinvolti nell'incendio (sopra); layout grafico dell'incendio sulle categorie; di colore rosso i rimboschimenti di conifere, mentre in giallo il perimetro dell'area interessata dall'incendio (elaborazione personale su dati IPLA, 2000).

Calcolando il delta Normalized Burn Ratio (dNBR) sulle immagini Sentinel-2 pre e post incendio è stato possibile realizzare una carta di classi di severità, che esprimono graficamente gli effetti qualitativi dell'incendio secondo una specifica scala cromatica; infatti questo indice misura il cambiamento ambientale causato dall'incendio: valori positivi elevati indicano un'alta severità dell'incendio, valori intorno allo 0 mostrano superfici incombuste e valori negativi molto elevati una ottima capacità di ricrescita della vegetazione nel sito (Key and Benson, 2005).

Uno studio analogo (Brutti et al., 2019) riconferma che la categoria forestale maggiormente colpita è quella dei rimboschimenti e che oltre il 50% di essa è stata caratterizzata da una severità alta (32,32 ha) e moderata-alta (37,20 ha), così anche gli arbusteti e cespuglieti sono stati interamente classificati ad alta severità; mentre i querceti (di rovere e roverella) sono l'unica altra categoria con dati minimamente significativi che evidenziano una severità medio-bassa (Figura all.2.5).

(NBR_2017/06/13 - NBR_2017/07/18)

(NBR_2017/06/13 - NBR_2018/07/20)



Legenda

dNBR_CESANE

- <= 100 Unburned
- 100 - 269 Low severity
- 269 - 439 Moderate low severity
- 439 - 659 Moderate high severity
- 659 - 1500 High severity

0 250 500 m

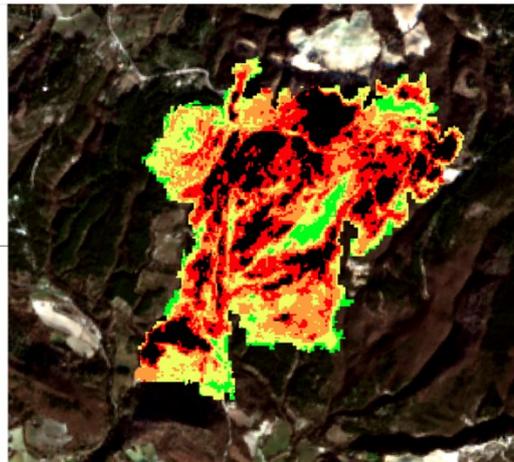


Figura all.2.5 - Sopra due classificazioni dell'indice dNBR applicate su immagini Sentinel-2 dopo una settimana dall'evento (a sinistra) e a distanza di un anno (a destra); elaborazioni personali. Sotto la classificazione svolta nello studio di Brutti et al. (2019) su immagine Sentinel-2 un mese dopo l'evento.

Valori di severità così elevati trovano riscontro in uno studio a livello nazionale nel quale, l'indice di infiammabilità più elevato tra le varie classi forestali individuate nella Corine Land Cover, è raggiunto per l'appunto dalle pinete di tipo mediterraneo e oro-mediterraneo (Corona et al., 2014) (Figura all.2.6).

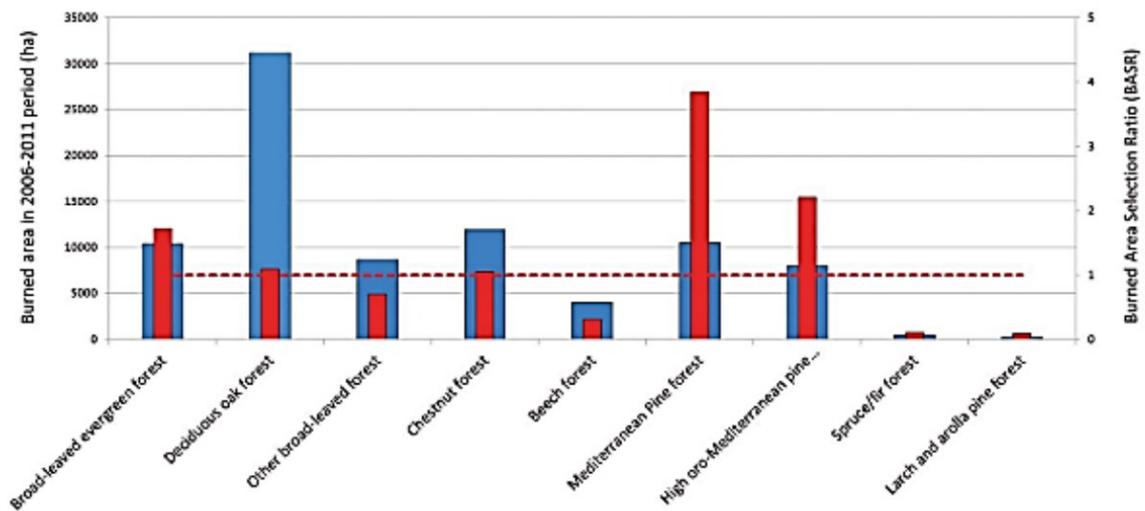


Figura all.2.6 - Indice di infiammabilità nelle diverse categorie forestali a livello nazionale (Fonte: Corona et al., 2014).

Negli anni successivi nelle aree bruciate nel 2017 si è osservata una scarsissima resilienza da parte del pino nero, la cui strategia di rinnovazione gamica è generalmente più lenta di quella vegetativa tipica delle latifoglie degli ambienti mediterranei (Rodrigo et al. 2004).

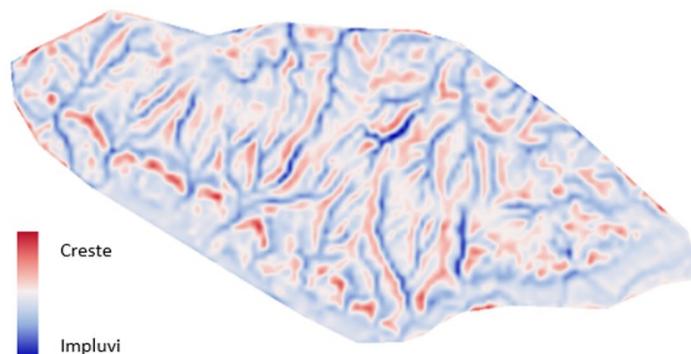
In bibliografia è stato osservato che le pinete a *Pinus nigra* e *Pinus sylvestris* sono caratterizzate da una rinnovazione scarsa in seguito ad incendi di chioma, in quanto non sono specie tipicamente pirofite ovvero gli strobili non sono serotini; quindi, con il calore non hanno potuto aprirsi e diffondere il seme. La scarsa resilienza ai disturbi evidenziata dai popolamenti di *Pinus nigra*, causa cambiamenti nel tipo di copertura vegetale presente dopo gli incendi, con conseguenze variabili che possono essere la trasformazione in praterie o in comunità vegetali dominate da latifoglie (Rodrigo et al., 2004).

Inoltre, come gli strobili anche la lettiera di aghi è bruciata, così come le cortecce e il floema (la parte conducente del legno) di fusti e rami sono stati quasi interamente carbonizzati risparmiando solo una parte dello xilema, ancora utilizzabile come legno energia. La rinnovazione di pino nero è quindi completamente assente ed è altamente improbabile che nel breve o medio termine una pineta possa in qualche modo ricostituirsi in situ a meno che non sia ripiantata. Peraltro, la trasformazione di un soprassuolo da un popolamento monospecifico a una foresta mista in seguito al passaggio del fuoco è ampiamente documentata in letteratura (Van Gils et al., 2010).

Le formazioni a prevalenza di latifoglie, se gli apparati radicali vengono risparmiati dal fuoco, hanno in genere una maggiore resilienza al passaggio del fuoco, grazie alla capacità pollonifera delle ceppaie (Trabaud, 1994). Alle Cesane, infatti, nei filari di orniello interposti a quelli di pino nero o in corrispondenza di altri sporadici individui di latifoglie (soprattutto roverella), sebbene i polloni adulti siano stati ugualmente bruciati dal fuoco, nuovi ricacci basali sono stati osservati poche settimane dopo l'evento.

Numerosi sono i corsi d'acqua che si possono osservare con l'applicazione di indici geostatistici territoriali (software SAGA) come quelli di posizione topografica e di umidità topografica (Figura all.3.1).

Indice di posizione topografica



Indice di umidità topografica

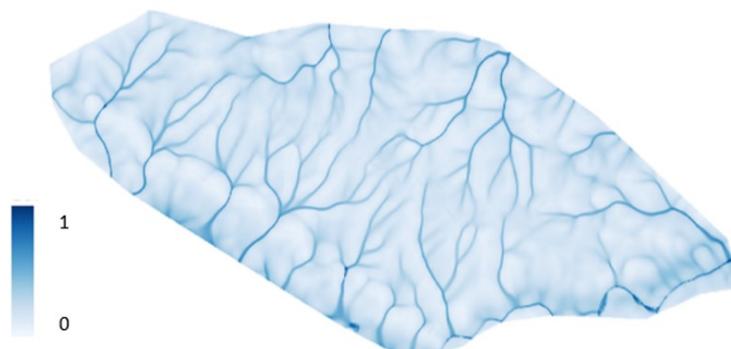


Figura all.3.1 – Indici geostatistici (SAGA) elaborati su Modello Digitale del Terreno (DEM): sopra l'indice di posizione topografica con colorazione rossa per indicare le creste (displuvi) e in blu gli impluvi; sotto l'indice di umidità topografica con colorazione blu scuro per indicare i corsi d'acqua e le zone di maggiore accumulo.

I bacini idrici di appartenenza del Monte delle Cesane sono quelli del Foglia e principalmente del Metauro, mentre più nel dettaglio le aste fluviali sono: a sud il fiume Metauro; esposte a NE il Rio Puto, il Fosso della Fonte e il Fosso del Lupo; con esposizione SO il Fosso di Cavaticci, il Fosso della Versera, il Rio Marino e il Metauro 4881 (Figura all.3.2).

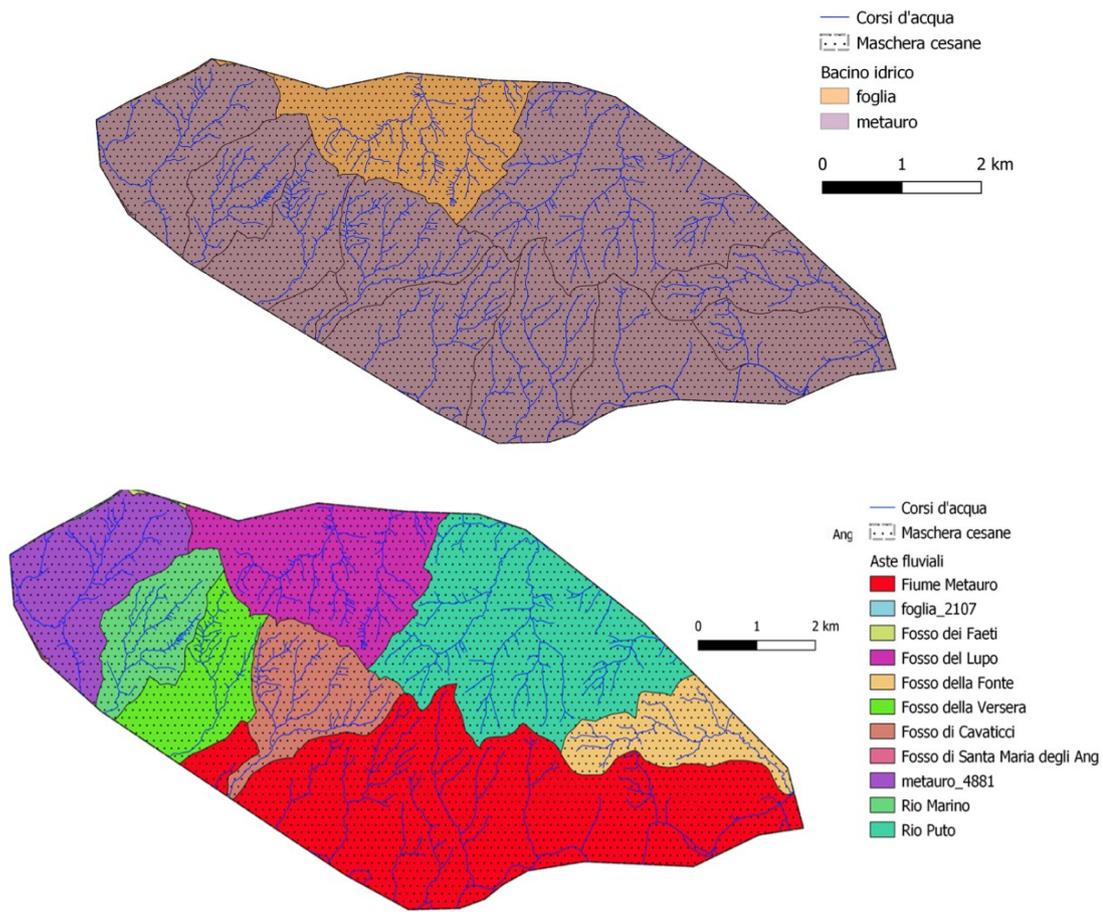


Figura all.3.2 - Bacini idrici (sopra) e aste fluviali (sotto); elaborazioni personali dei dati regionali.

Tutta la dorsale è bordata sulla sua parte inferiore da diffusi terrazzi alluvionali di epoca quaternaria, mentre si rinvergono diversi fenomeni franosi soprattutto sui terreni più marnosi; in particolare dalla cartografia del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) si evidenzia un importante frana su terreni delle scaglie e detriti alluvionali, che ha interessato una vasta porzione del versante caratterizzato da maggiore pendenza e localizzato sopra il piccolo centro abitato di San Lorenzo, frazione di Fossombrone (Figura all.3.3).

Pendenza

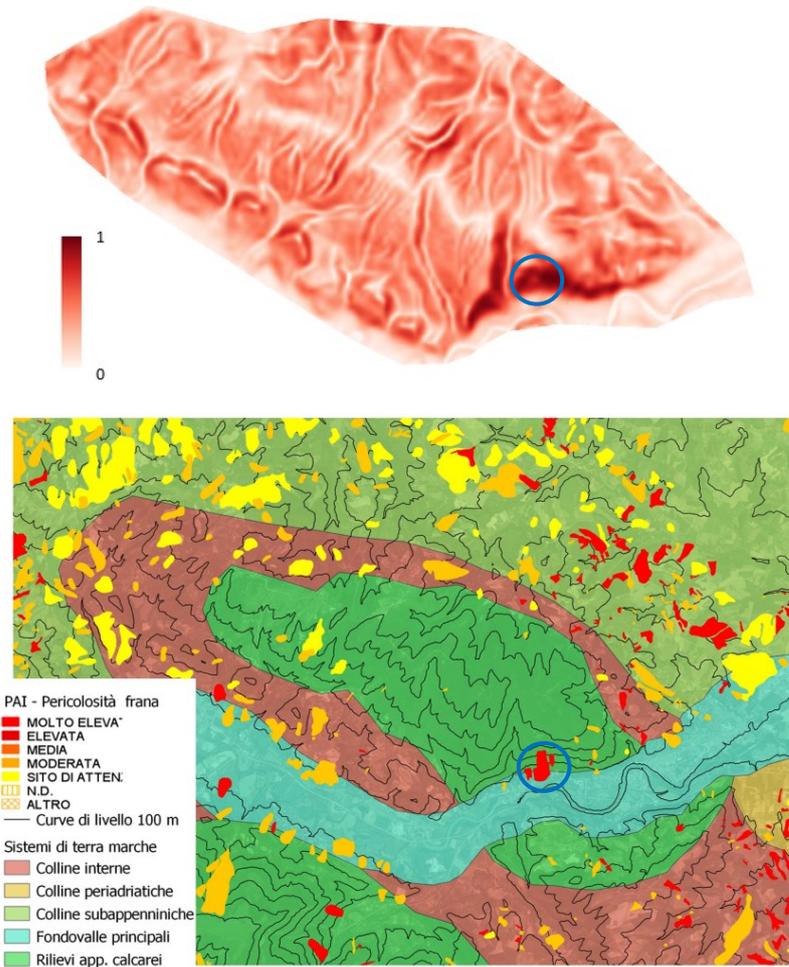


Figura all.3.3 – Elaborazioni personali su: sopra layout della pendenza; sotto cartografia del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) su layout dei 'Sistemi di terre'; in gradazione dal giallo al rosso è evidenziata in modo esponenziale la pericolosità di movimenti franosi. Individuato dal cerchio blu la frana sopra il centro abitato di San Lorenzo (Fossombrone).

ALLEGATO 4 - Evoluzione climatica nel territorio di Urbino dal 1921 al 2021

A causa delle poche e maldistribuite stazioni pluviometriche disponibili nel territorio regionale e a causa della mancanza di un database univoco a cui fare riferimento, i dati climatici sul lungo periodo sono stati reperiti da diverse fonti; inoltre, non è stato possibile realizzare un unico grafico riassuntivo dell'andamento climatico.

Le fonti utilizzate per reperire i dati fanno tutte riferimento alla stazione pluviometrica di Urbino (451 m slm.) posizionata a NO dell'area di studio: per il periodo 1921-1955 le informazioni climatiche sono state estrapolate dalle tabelle riassuntive frutto degli studi di Pedrotti et al. (1970); per il periodo dal 1950-1989 i dati sono stati reperiti dal Centro di Ecologia e Climatologia Osservatorio Geofisico Sperimentale Macerata (OGSM); per il terzo ed ultimo periodo ovvero il 1991-2021, si è fatto riferimento al sito climate-data.org.

Per il periodo 1921-1955 la media annuale delle precipitazioni, data dalla media delle somme delle precipitazioni mensili degli anni del periodo esaminato, è di 874 mm; mentre la temperatura media annuale, ricavata dalla media delle medie mensili degli anni del periodo esaminato, è di 12,55 C° con massime e minime assolute di 38 e -10 C° (Tabella all.3.1).

Il climodiagramma del periodo 1921-1955 (costruito combinando i dati delle precipitazioni e temperature anche se il periodo esaminato da entrambe le tabelle non coincide, in quanto vi è uno scarto di soli 5 anni) mostra la sovrapposizione tra le curve delle temperature medie mensili e della somma delle precipitazioni mensili, evidenziando quindi un periodo di siccità annuale da metà giugno a metà agosto (Figura all.3.1).

Tabella all.3.1 - Precipitazioni medie (mm) e Temperature medie (C°) mensili della stazione pluviometrica di Urbino, periodo 1921-1955. (Fonte: Pedrotti et al., 1970).

Urbino	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
P medie (1921-1950) mm	71	66	60	68	69	54	37	46	93	108	98	104
T medie (1926-1955) C°	2,95	3,95	7	11,2	15,25	20,15	22,7	22,4	18,75	13,2	8,55	4,45

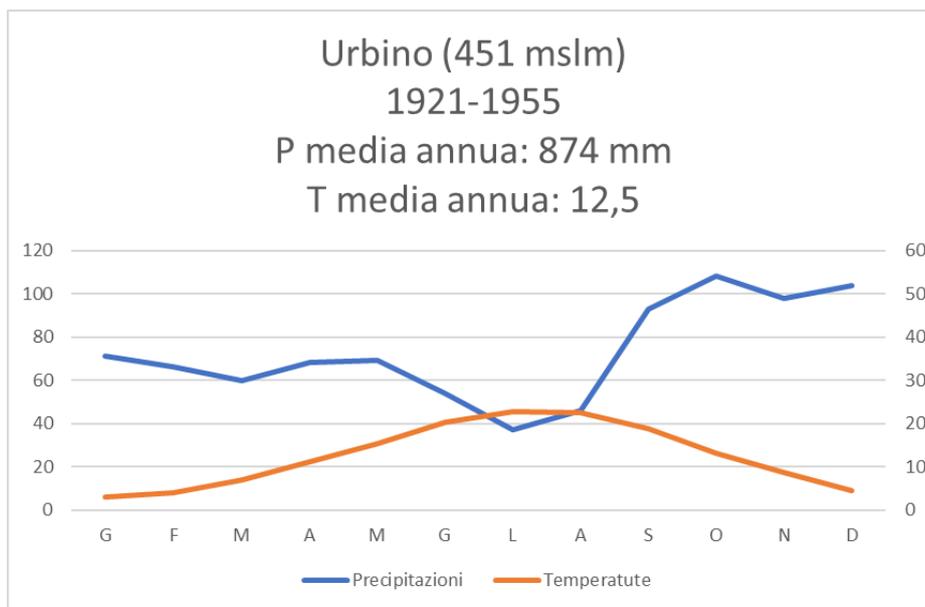


Figura all.3.1 - Climodiagramma 1921-1955 della stazione pluviotermica di Urbino; precipitazioni rilevate in stazioni meteorologiche delle Marche dal 1921 al 1950 (Pedrotti et al., 1970) e temperature rilevate in stazioni meteorologiche delle Marche dal 1926 al 1955 (Pedrotti et al., 1970) (<https://www.lavalledelmetauro.it/contenuti/geologia-clima/scheda/11178.html>).

Allo stesso modo per il periodo 1950-1989 sono state considerate le temperature medie mensili, mentre per le precipitazioni cumulate (mm), mancando i valori dettagliati medi mensili, si riportano solo le medie totali annue ripartite anche in medie primaverili (marzo, aprile e maggio), estive (giugno, luglio e agosto), autunnali (settembre, ottobre e novembre) ed invernali (dicembre, gennaio e febbraio). Poiché disponibili, solo in questo caso, si riportano anche i valori riferiti alla stazione pluviotermica di Fossombrone, probabilmente entrata in funzione posticipatamente rispetto a quella di Urbino (Tabella all.3.2). Purtroppo, i dati delle precipitazioni non espressi nel dettaglio mensile non consentono la realizzazione del climodiagramma.

Tabella all.3.2 - Precipitazioni trimestrali a confronto fra la stazione pluviotermica di Urbino e quella di Fossombrone, periodo 1950-1989 ("Campo medio della precipitazione sulle Marche per il periodo 1950-2000" - Regione Marche, Centro di Ecologia e Climatologia Osservatorio Geofisico Sperimentale - Macerata 2002).

Quota max (mslm)	P (mm)	M annua	M primav	M estiv	M autunn	M inver
970	Fossombrone	975	243,8	202,3	279,4	249,7
451	Urbino	847,6	208	185,8	253,9	199,5

T Media (C°)	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Fossombrone	5,6	6,7	9,4	13	17,3	20,9	23,7	23,3	20,3	15,6	10,2	6,8
Urbino	3,4	4,4	7	10,6	15,2	19,2	22,1	21,6	18	12,9	8,1	4,9

Da un rapido confronto si può osservare come ad Urbino la media annuale delle precipitazioni sembra essere diminuita da 874 mm (1921-1955) a 847.6 mm (1950-1989) per poi risalire leggermente a 859 mm (1991-2021). Particolari sono gli andamenti stagionali: nel trimestre primaverile si registra un incremento in 100 anni di circa +33 mm; negli ultimi 30 anni nel trimestre estivo (durante il quale

persistono maggiori condizioni siccitose) si evidenzia un calo delle precipitazioni di circa -36 mm, mentre vi è un andamento costante in autunno ed un incremento di +23,5 mm nel trimestre invernale. In sintesi, si può riassumere l'andamento climatico degli ultimi cento anni con un generale e grosso calo delle precipitazioni medie stagionali per la prima metà, mentre negli ultimi cinquant'anni, si è assistito ad un leggerissimo aumento delle precipitazioni ad eccezione del periodo estivo, il quale è caratterizzato sempre da periodi di siccitosi (Tabella all.3.3 e Figura all.3.2).

Tabella all.3.3 - Precipitazioni medie stagionali/trimestrali a confronto fra i tre periodi: 1921-1950, 1950-1989 e 1991-2021. In arancione la differenza in positivo, mentre in azzurro quella in negativo; in giallo le differenze tra i periodi (elaborazioni personali).

Urbino = P media stagionali (mm)	M primav	M estiv	M autunn	M inver	M annua	Somma
1921-1950	197	137	299	241	874	
	11	48,8	-45,1	-41,5	-26,4	-26,8
1950-1989	208	185,8	253,9	199,5	847,6	
	22	-35,8	2,1	23,5	11,4	11,8
1991-2021	230	150	256	223	859	
Tot da 1921 al 2021	33	13	-43	-18	-15	-15

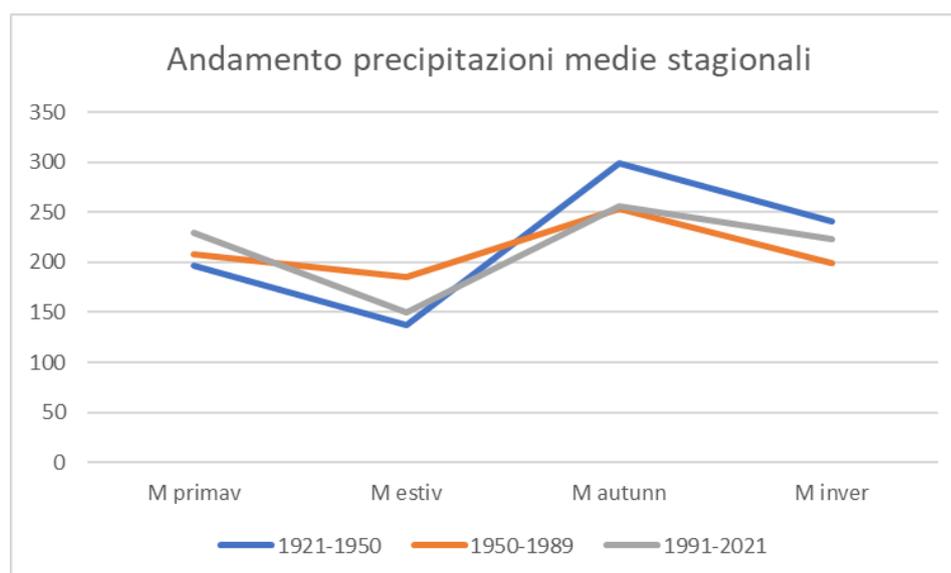


Figura all.3.2 - Andamento delle precipitazioni medie stagionali dei tre periodi a confronto.

Anche per le temperature medie mensili l'andamento nell'ultimo secolo è interessante: si può osservare che tra il primo periodo (1926-1955) e il secondo (1950-1989) sono calate le temperature di -0,26 C°, uniche eccezioni le medie mensili del trimestre invernale (dicembre, gennaio e febbraio) che infatti registrano quasi +0,5 C° ad evidenziare inverni meno rigidi. A partire dagli anni 90' invece si assiste ad un rapido incremento di tutte le temperature medie mensili con picchi anche di +1,6 C° di giugno e +1,5 C° di agosto; solo negli ultimi trent'anni (1991-2021) si assiste ad un incremento di +1 C° (Tabella all.3.4 e Figura all.3.3).

Tabella all.3.4 - Temperature medie mensili a confronto fra i tre periodi: 1921-1950, 1950-1989 e 1991-2021. In arancione la differenza in positivo, mentre in azzurro quella in negativo; in giallo le differenze tra i periodi (elaborazioni personali).

Urbino = T media mensili (C°)	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Media annua	Media
1926-1955	2,95	3,95	7	11,2	15,25	20,15	22,7	22,4	18,75	13,2	8,55	4,45	12,5	
	0,45	0,45	0	-0,6	-0,05	-0,95	-0,6	-0,8	-0,75	-0,3	-0,45	0,45	-0,3	-0,26
1950-1989	3,4	4,4	7	10,6	15,2	19,2	22,1	21,6	18	12,9	8,1	4,9	12,3	
	0,6	0,2	1,2	1,4	1,1	1,6	1,3	1,5	0,2	1,2	1,4	0,3	1	1
1991-2021	4	4,6	8,2	12	16,3	20,8	23,4	23,1	18,2	14,1	9,5	5,2	13,3	
Tot da 1926 al 2019	1,05	0,65	1,2	0,8	1,05	0,65	0,7	0,7	-0,55	0,9	0,95	0,75	0,7375	0,74

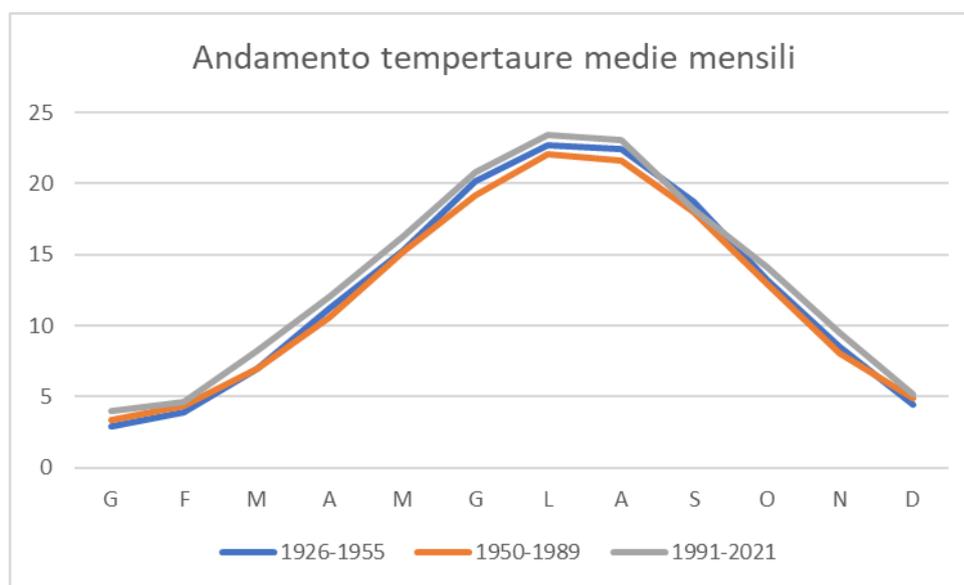


Figura all.3.3 - Andamento delle temperature medie mensili dei tre periodi a confronto.

Ringraziamenti

Il seguente lavoro di tesi è la conclusione di un percorso di studi che mi riempie di orgoglio con le sue soddisfazioni, traguardi e lezioni di vita, ma anche con le sue difficoltà e perplessità comunque arricchenti. Non posso non ringraziare diversi compagni di questo viaggio che, a diversi livelli, hanno arricchito l'esperienza e permesso confronti, spunti e discussioni essendo unità di misura per una formazione personale più completa e crescita reciproca.

Un ringraziamento sentito va al Prof. Urbinati e Dott. Tonelli per la pazienza, professionalità e passione trasmesse; in particolare per aver accolto e alimentato la curiosità per un argomento tanto nuovo quanto attuale come quello trattato in questo lavoro: clima e foreste. Ringraziamenti che rivolgo anche a tutto il gruppo del laboratorio TreeringLab e sistemi forestali del D3A per il supporto fornito e la pronta disponibilità al confronto.

Grazie alla mia famiglia: Barbara, Franco, Sara, Alba, nonni, zii, cugini e agli amici di Schedina. In questi ultimi cinque anni la passione e curiosità per gli argomenti trattati, le distanze e qualche timore hanno spesso preso il sopravvento sulle relazioni intrafamiliari ed extra; pertanto, non posso che non scusarmi per le occasioni mancate e il tempo che non ho saputo condividere al meglio. Parallelamente voglio ringraziarvi per la pazienza e comprensione, per l'interesse e l'entusiasmo dimostrato a questo mio percorso; spero che questo traguardo lo sentiate vostro come lo sento io.

Un grazie speciale a Caterina che fra tutti conosce nel dettaglio questo viaggio e che emotivamente ho coinvolto maggiormente. La sua comprensione, conforto e appoggio, degni dei migliori compagni di vita, hanno arricchito e dato qualità alla mia persona ed inevitabilmente a questo percorso. L'amore, soprattutto nei piccoli gesti, è stato vitale per i traguardi.

Infine, come sul sentiero i paesaggi attraversati non fungono solo da sfondo al viaggio, ma sono gli spettatori in primis delle fatiche nel raggiungere la meta dando al tempo stesso la giusta carica; così mi sento di ringraziare l'UNIVPM binomio di formazione e umanità, e la comunità scout, soprattutto la Staff Alastor.