



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE, ALIMENTARI E AMBIENTALI (D3A)

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

I castagneti delle Marche fra dinamiche ecologiche ed esigenze culturali

Chesnuts groves in the Marche region:
ecological dynamics and management needs

Tesi di Laurea di

Francesco Pratelli

Relatore

Prof. Carlo Urbinati

Correlatori

Prof. Alessandro Vitali

Dott. Enrico Tonelli

Indice

1. INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI	5
1.1 Contestualizzazione ed obiettivi.	5
1.2 Il castagno in Europa.	6
1.2.1. Inquadramento sistematico, genotipico e distribuzione.	6
1.2.2. Fenologia.	8
1.2.3. Ecologia.	9
1.2.4. Principali patologie.	12
1.2.5. Inquadramento normativo per il recupero del castagneto da frutto.	17
2. MATERIALI E METODI	20
2.1. Analisi diacronica dei castagneti delle Marche tra 1936 e 2001.	20
2.1.1. Elaborazioni GIS dei dati cartografici.	20
2.2. Carta di idoneità territoriale per il castagno delle Marche.	21
2.2.1. Software e dati informativi.	21
2.2.2. Indicatori di idoneità per l'analisi.	22
2.3. Censimento dei castagneti in attualità di coltura nella Regione Marche.	28
2.4. Analisi strutturale in castagneti in diverso stato colturale.	30
3. RISULTATI E DISCUSSIONE	32
3.1. Analisi diacronica (1936-2001) della distribuzione dei castagneti nelle Marche	32
3.2. La vocazionalità per il castagno nelle Marche.	33
3.2.1. Idoneità agli indicatori territoriali.	33
3.2.2. Carta della vocazionalità per il castagno delle Marche.	39
3.3. I Castagneti in attualità di coltura delle Marche: stato vegetativo e fitosanitario	42
3.4. Caratteri dendrometrico-strutturali in castagneti.	47
3.4.1. I castagneti di Mont'Ercole (RN), Val di Castro(AN) e Monte dell'Ascensione (AP)	47
3.4.2. Il castagneto di Fonte Avellana (PU).	53
3.4.3. Stato fitosanitario dei quattro castagneti in abbandono colturale.	59
4. CONSIDERAZIONI SUL RECUPERO DEI CASTAGNETI IN ABBANDONO COLTURALE	60
4.1. Minacce dovute all'invasione di <i>Robinia pseudoacacia</i> .	60
4.2. Miglioramento dell'attività microbica del suolo nel recupero colturale.	61
4.3. Resistenza dei cedui alla brucatura degli ungulati selvatici.	62
4.4. Interventi colturali consentiti dalle PMPF regionali. Indirizzi di recupero dei quattro casi studio.	64
5. CONCLUSIONI	67
6. BIBLIOGRAFIA	69
7. SITOGRAFIA	72

1. INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

1.1 Contestualizzazione ed obiettivi

Il lavoro di questa tesi si inserisce nell'ambito di una serie ricerche sui castagneti da frutto e da legno delle Marche condotte dall'area Sistemi Forestali del dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali anche in collaborazione con l'area di Patologia vegetale, Regione Marche e AMAP (Leoni, Braconi, Carlacchiani, Spinelli, Fabbri). In precedenti lavori, oltre a fare il punto sulla diffusione dei castagneti nelle Marche, sono state prevalentemente analizzate le variazioni di copertura del castagno negli ultimi decenni e i caratteri strutturali e funzionali di alcuni soprassuoli boschivi a dominanza di castagno. Sono stati messi a punto anche metodi per la rappresentazione 3D di castagni monumentali (Fioravanti,.....; Balestra.....) e si è proceduto infine ad individuare e analizzare alcune cultivar locali di marroni e castagne, inserite poi nel Repertorio regionale della biodiversità agraria – (L.R. 12/2003) -.

Gli obiettivi di questa tesi sono molteplici: sintetizzare i risultati degli studi precedenti, verificare a livello regionale le variazioni di copertura dei castagneti dal 1936 ad oggi; proporre una *suitability analysis* del castagno nella regione; caratterizzare un ulteriore castagneto non in attualità di coltura per valutarne l'idoneità di inserimento nel Repertorio regionale.

La castanicoltura dagli inizi del XX secolo e soprattutto a partire dal secondo dopo guerra ha conosciuto un progressivo abbandono dovuto a fattori sociali (es. esodo demografico dai territori rurali alle coste urbanizzate - e ambientali - incidenza di nuovi patogeni, ecc.) cui oggi si aggiungono anche le sfide poste dal cambiamento climatico. L'interesse per il recupero e per il rilancio dei castagneti è molto sentito dalle comunità locali, e non solo, e ciò dovrebbe suggerire un approccio volto, laddove possibile, al recupero dei castagneti sia da frutto che da legno. La pianificazione delle azioni di valorizzazione non può prescindere da un'attenta selezione dei territori in cui proseguire la coltivazione del castagneto, in passato distribuito anche in siti non ottimali in cui è riuscito ad adattarsi. In questa direzione, si esplica il tentativo di presentare una carta di vocazionalità (*suitability*) del castagno nelle Marche. Dove è stata mantenuta continuità di gestione, esercitata come attività agricola, è possibile individuare i castagneti da frutto in attualità di coltura delle Marche come definiti dalla L.R. 6/2005. Per questi soprassuoli, è stato descritto lo stato attuale del profilo

vegetativo e fitosanitario utilizzando dati raccolti durante gli ultimi censimenti effettuati dalla Regione Marche (Regione Marche, 2023).

Infine viene descritto lo stato strutturale e compositivo di alcuni castagneti in diverse condizioni colturali utilizzando i dati di tre casi studio (Monte Ercole, Val di Castro, Monte dell'Ascensione) e da un quarto rilevato ex-novo presso l'eremo di Fonte Avellana.

1.2. Il castagno in Europa

1.2.1. Inquadramento sistematico, genotipico e distribuzione

Il genere *Castanea* appartiene alla famiglia delle *Fagaceae* e conta una dozzina di specie. Il genere dimostra una grande adattabilità ambientale, motivo che giustifica la sua diffusione in tre macro areali diversi, dove invece le specie si sono distribuite con tratti ecologici differenziati. L'Europa è l'areale di diffusione naturale e di coltivazione di *Castanea sativa* Mill.; in Asia si sono originate *C. crenata* e *C. mollissima*, mentre dall'America settentrionale proviene *C. dentata*. Tutte le specie si sono diffuse in pedoclimi differenti preferendo comunque suoli profondi e ben drenati, a reazione sub-acida con clima non troppo rigido (Bounous, 2021). La differenziazione del genere è avvenuta alla fine del Miocene e si è diffuso assieme alla dispersione delle querce e del faggio, regredendo verso latitudini minori durante la glaciazione del Würmiano. In questa condizione è sopravvissuta soltanto la specie *C. sativa*, oggi unica specie spontanea europea nel Mediterraneo e Centro Europa (Bunous, 2021) anche se ci sono tesi che, sulla base di ritrovamenti di fossili polliniferi del Pleistocene superiore, sostengono la compresenza di un secondo *taxon* europeo, *Castanea latifolia* Sord., sollevando una revisione paleoecologica sul ruolo dei rifugi nel periodo dell'ultima glaciazione (Krebs et al. 2019).

La differenziazione genetica interna al castagno europeo è elevata come dimostrato da un recente studio sul germoplasma di varietà coltivate italiane e spagnole (Alessandri et al., 2022). Su 630 campioni raccolti da individui comprendenti sia varietà coltivate sia castagni selvatici, è stato estratto il DNA, amplificato in PCR e sequenziato per determinati microsatelliti. L'analisi genetica ha raggruppato i 630 campioni in 319 genotipi. L'ulteriore processo di analisi è stato compiuto con 14 loci non nulli ed ha permesso di raggruppare i genotipi in diversi cluster. Il risultato finale suggerisce che tra castagne selvatiche e varietà coltivate in un'area comune non si possano distinguere a suggerimento di quanto l'ibridazione e l'ambiente di coltivazione possano influire sulla natura genetica del castagno. Differenze più significative si possono cogliere tra cultivar settentrionali della Spagna e

quelle meridionali, così come avvenuto per cultivar italiane. Da notare infine il contributo del patrimonio genetico delle varietà del nord Italia nei diversi cluster (Figura 1.1). Anche

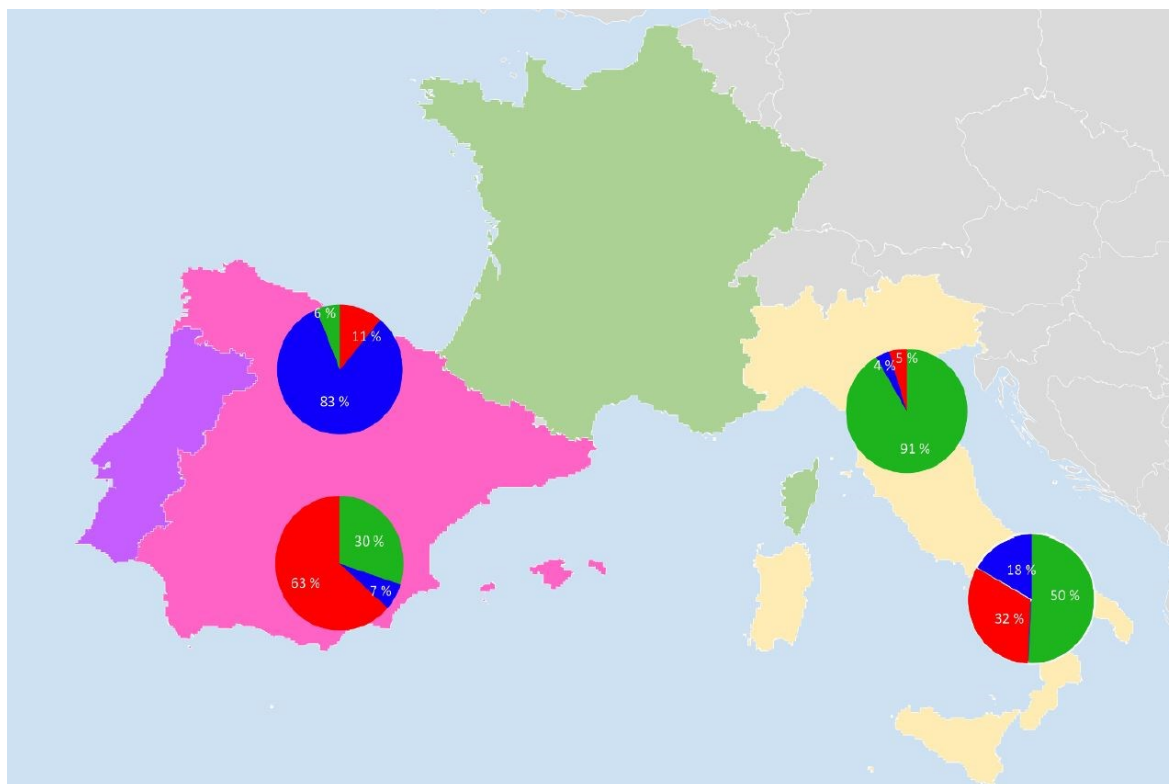


Figura 1.1. Distribuzione del patrimonio genetico delle cultivar di castagno italiane e spagnole, sia del nord che del sud dei due Paesi. In verde il genotipo del Nord Italia; in rosso il genotipo della Spagna meridionale; in blu del Nord della Spagna. In entrambe le aree di origine non si registravano differenze con il genotipo proveniente da castagne selvatiche (Alessandri et al., 2022).

uno studio sul germoplasma di 61 accessioni provenienti da marroni e castagne emiliano-romagnoli e marchigiani, conferma un'importante conservazione genotipica per i marroni per i quali la distinzione possibile tra cultivar avviene per analisi pomologica. Una differenziazione maggiore rimane a carico delle accessioni di castagna.

L'ampia diffusione e l'attiva gestione da parte dell'uomo infatti hanno determinato l'insediamento della specie ai limiti dei territori con giuste condizioni di idoneità, il che rende oggi difficile rintracciarne l'originario areale e la sua ecologia. La mappa corologica rappresentativa di questa distribuzione è proposta da Cadullo et al. (2017) in figura 1.2. L'areale naturale più probabile è delimitato da diverse macroregioni: la regione transcaucasica, l'Anatolia nord-occidentale, l'entroterra della costa tirrenica dalla Liguria all'Italia meridionale lungo la catena appenninica, la costa cantabrica nella penisola iberica, e probabilmente le regioni del Peloponneso e della Tessaglia e dell'Italia nord-orientale - Colli Euganei, Monti Berici, Emilia-Romagna (Conedera et al., 2016). La storia della coltivazione del castagno invece è stata studiata con un approccio multidisciplinare che chiarisse il ruolo delle antiche civiltà europee prima del 1000 a.C. (Conedera et al., 2004).

Lo studio ripercorre l'evoluzione lessicale del termine utilizzato dagli storici ed agronomi greci e romani per discernere quanto effettivamente si riferissero alla castagna come prodotto

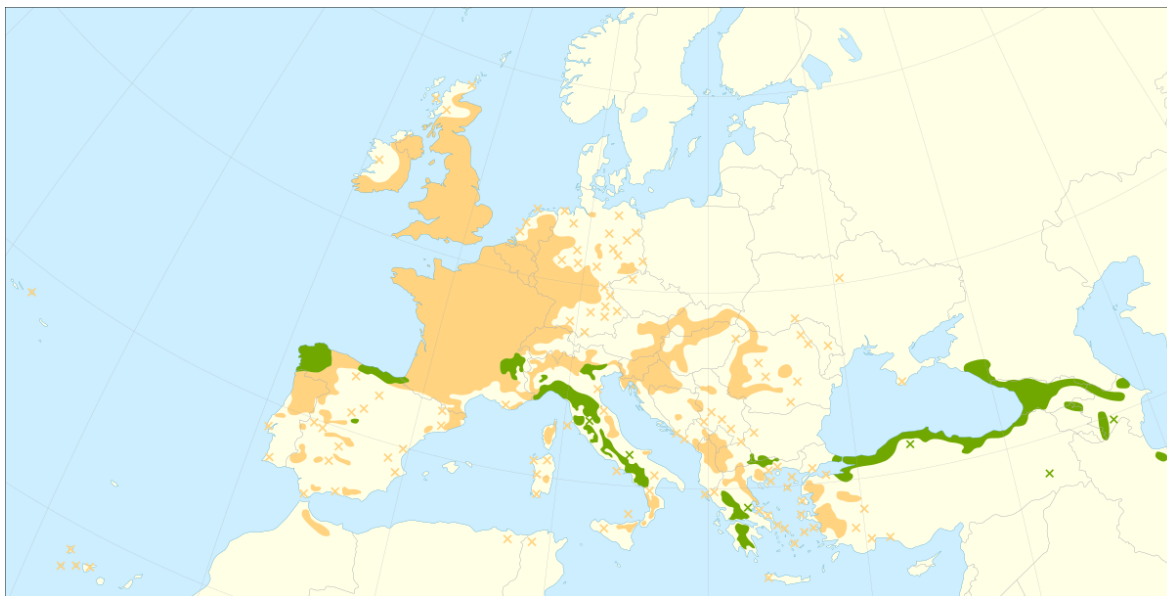


Figura 1.2. Mapa corologica di *Castanea sativa* Mill. In verde l'areale naturale in giallo quello di naturalizzazione (Cadullo et al., 2017).

edibile del castagno europeo - da cui dedurre l'uso della coltivazione da frutto - piuttosto che a un altro frutto a guscio. È noto infatti che le castagne come frutto non godevano di buona reputazione per via del sapore, mentre è più certo l'apprezzamento che avevano per il legno del castagno, motivo della sua diffusione capillare nel continente.

1.2.2. Fenologia

Soddisfatto il proprio fabbisogno di ore di freddo, il castagno esce dalla fase di riposo vegetativo e a inizio primavera, con le temperature in rialzo, le gemme interrompono la dormienza vegetativa soddisfatta l'alto fabbisogno di calore della specie. Il germogliamento è infatti tardivo, avvenendo tra le mensilità di marzo e aprile, leggermente anticipato per gli ibridi eurogiapponesi che hanno minor esigenza di calore. Ad ogni modo la condizione rende delicata questa fase esponendo le piante al rischio, sempre più frequente, di danni agli organi vegetativi dovuti a gelate tardive. Dall'ingrossamento delle gemme alla distensione delle foglie libere dalle stipole si susseguono otto stadi fenologici (Bounous, 2021).

La fioritura inizia con la comparsa degli amenti maschili che precedono quelli androgini con l'infiorescenza femminile. Il processo di differenziazione segue un ciclo biennale, ossia inizia l'anno precedente e termina all'inizio del ciclo vegetativo venturo, in funzione

dell'equilibrio vegeto-produttivo della pianta. Il castagno è una pianta dioica, e l'impollinazione è prevalentemente anemofila sebbene anche l'entomofauna possa aumentare le possibilità di allegagione. La deiscenza del polline è scalare e può durare 20-30 giorni. Gli amenti si dividono in astamini, brachistamini e longistamini a seconda della lunghezza degli stami e della produzione di polline. Le varietà di marroni hanno amenti astamini e per superare questa condizione di sterilità è funzionale avere la compresenza di altre varietà coltivate nel castagneto. I fiori femminili presentano l'infiorescenza femminile alla base dell'amento, sono racchiusi da spinescenze e gli stili rimangono recettivi da 2 a 4 settimane, termine oltre il quale anche gli amenti stamini imbruniscono e gli embrioni iniziano ad accrescersi. La fioritura termina nel mese di giugno (Bounous,2021).

La maturazione segue periodi diversi a seconda delle varietà ed è precoce per gli ibridi eurogiapponesi, tardiva per le varietà di marroni europei. Ricci e castagne possono seguire diversi processi di distacco dalla pianta: o i ricci rimangono attaccati al ramo liberando le castagne che cadono al suolo, o il riccio avvolge i frutti rimanendo più o meno integro nella caduta. Questa attitudine si ripercuote sulla serbevolezza dei frutti e sulla facilità di raccolta. Il frutto è botanicamente un achenio costituito da un pericarpo liscio coriaceo con costolature più o meno evidenti, di color marrone, che all'interno può essere ricoperto di peluria. L'apice è il residuo del perigonio e degli stili che raggruppa a forma di torcia; l'ilio è la lente di colore chiaro, basale. All'interno del pericarpo, l'episperma ricopre il seme penetrandolo o meno, più settato nelle varietà di castagne che in quelle dei marroni.

1.2.3. Ecologia

I valori ambientali entro cui vengono soddisfatte le esigenze del castagno definiscono i territori di idoneità della specie (Figura 1.3.). Dal punto di vista climatico le esigenze sono descritte in funzione della distribuzione fitoclimatica proposta da Pavari, ossia in base alla individuazione degli ambienti climatici in cui è particolarmente significativa la presenza di determinate specie (Maltoni et al., 2022). Per la zona del *Castanetum* vengono individuate due sottozone in funzione delle temperature medie e regime pluviometrico crescente: la sottozona del *Castanetum* caldo, ossia con temperature medie annue comprese tra 10°C e 15°C e in cui nel periodo estivo il regime pluviometrico è caratterizzato da siccità, e la sottozona fredda, che nello stesso range di temperature medie annue è caratterizzato da un regime pluviometrico maggiore di 700 mm - primo tipo - o inferiore - secondo tipo. Il castagno è una specie termofila che richiede una temperatura media annua compresa tra 8 e

15 °C. Le temperature minime invernali a cui resiste il castagno europeo, possono raggiungere i limiti di -15 e -20 °C (Bounous et al., 2021). La fenologia del germogliamento è tardiva e interessa il periodo primaverile fino ad aprile: per questo motivo sono rischiose le gelate tardive e particolare attenzione va posta nei siti di fondovalle che ne sono soggetti.

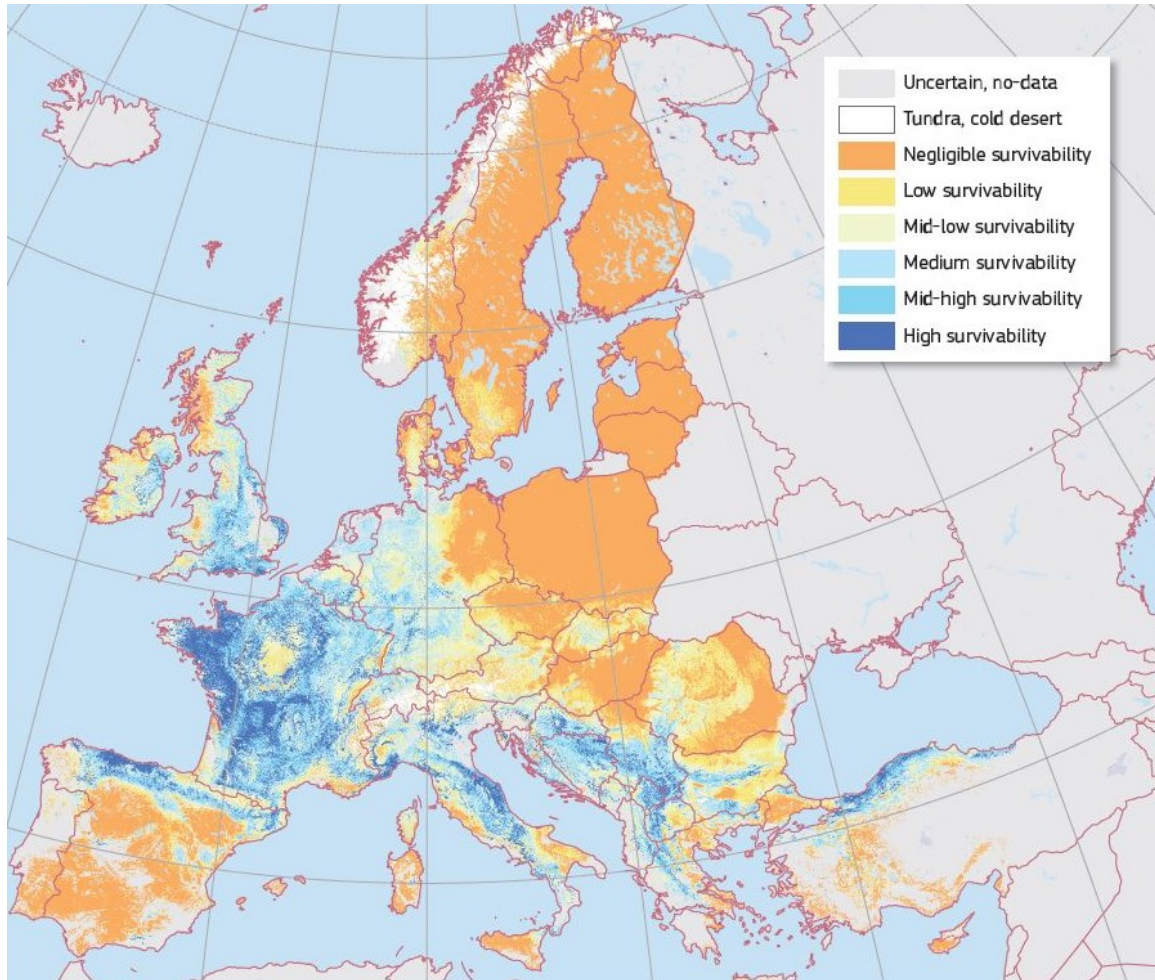


Figura 1.3. Classificazione dell'idoneità degli habitat per il Castagno (Conedera et al., 2016).

Un fattore limitante è la siccità estiva. La tendenza tracciata dal cambiamento climatico non offre prospettive rassicuranti per il comportamento del castagno alla siccità. Uno studio sulle principali specie arboree delle nostre foreste ha valutato su 24 anni il comportamento delle chiome in relazione a periodi di siccità mettendo in relazione l'appassimento delle foglie in concomitanza dell'evento, con la mortalità successiva (Bussotti et al., 2021). La defogliazione delle chiome in alcune specie è correlata alla mortalità successiva mentre per altre è una strategia di resistenza per superare lo stress e garantire un miglior recupero vegetativo. Su una classificazione progressiva dei livelli di defogliazione, il castagno occupa il primato in tutte le classi, attestando di soffrire più di altre specie alle carenze idriche. Anche per la mortalità occupa la posizione dominante rispetto alle altre specie, anche se è doveroso ipotizzare che ciò sia dovuto anche a fattori patologici che esercitano una forte

pressione sull'equilibrio vegetativo della specie. Un altro studio in occasione della grave siccità del 2003, ha monitorato l'appassimento delle chiome dei castagneti nelle Alpi meridionali svizzere cercando di correlarli alla differente esposizione dei siti d'impianto. Nel paragone tra piante esposte a Est e Ovest e quelle a Sud, l'ipotesi che risulta è che il castagno possa dimostrare una certa resistenza a seconda della provenienza (Conedera et al., 2003).

Per i territori del Centro Italia, dalla combinazione latitudine e altimetria, le esposizioni favorevoli sono quelle a Nord perché garantiscono un andamento stagionale più regolare a fine inverno e primavera, permettono di regolare meglio l'evapotraspirazione, e quindi sopportare meglio periodi di deficit idrico estivo. L'esigenza idrica alle nostre latitudini è determinante per la specie, motivo per cui il fattore di un'esposizione ottimale può giocare un ruolo determinante anche in favore di un adattamento su suoli meno ottimali. In effetti l'adattabilità del castagno rivela una diversificazione di valori di idoneità per diversi parametri geomorfologici. Una proposta di individuazione schematica della loro è offerta da uno studio sulla vocazionalità dei territori di Castel del Rio (Rossi et al., 2023) che viene proposta in tabella 1.

Tabella 1 Indicatori di idoneità differenziata in classi di limitazione (Rossi et al., 2023).

Caratteri geomorfologici	Idoneità ottimale	Fattori di limitazione lieve	Fattori di limitazione moderata	Fattori di limitazione grave
Altimetria	300-1000 m s.l.m.	150-300 m	1000-1200 e 50-150	>1200 m o <50 m
Esposizione	NE-NW	E-W	SW-SE	S
Pendenza	<20°	20-30	30-35	>35
Litologia	Rocce silicee Scisti verdi Rocce piroclastiche	Conglomerati Arenarie Scisti	Calcari Marmi	Marne Argilliti Quarziti

Per gli aspetti riguardanti il suolo, il castagno predilige quelli sciolti, con tessiture grossolane che facilitino l'infiltrazione delle acque meteoriche, ma anche il loro allontanamento evitandone il ristagno. Suoli asfittici, o pesanti oltre a contravvenire le condizioni ideali dell'apparato radicale, favoriscono gli attacchi di *Phytophthora* spp dove esso si mantiene più superficiale (Bounous et al. 2021). La capacità di assorbimento dell'acqua da parte del suolo, è garantita da quei suoli nelle condizioni di poter ospitare e far sviluppare le principali specie micorriziche associate al castagno. E queste possono a loro volta migliorare le performance della pianta di assorbire acqua e elementi nutritivi quali

fosforo e potassio. Il suolo deve essere ben fornito di elementi fertilizzanti quali fosforo e potassio e privo di calcare attivo: il castagno evita i suoli generati da formazioni calcaree. Le reazioni del suolo dovrebbe essere subacida e compresa tra valori di pH di 5 e 6,5, tuttavia possono ospitare il castagno anche suoli neutri originati da matrici silicee, vulcaniche o arenarie eoceniche (Bounous et al., 2021).

Un ulteriore fattore per valutare l'idoneità dei suoli è la pendenza dei versanti. Se è vero che una certa pendenza può favorire l'allontanamento delle acque meteoriche in eccesso, a questo è correlato anche il rischio di erosione della superficie per ruscellamento. L'erosione può diventare deterrente per l'accumulo di sostanza organica e per la struttura del suolo stesso quando le pendenze sono molto accentuate.

1.2.4. Principali patologie

Il castagno, a causa anche del suo controllo antropogeno, è una specie arborea particolarmente sensibile a diverse patologie, vecchie e nuove, che ne hanno condizionato anche in modo significativo lo sviluppo e causato anche fenomeni diffusi di mortalità. Una delle patologie del castagno che mostra recrudescenza e rischia di rappresentare un serio ostacolo alla coltivazione della specie negli scenari di innalzamento delle temperature, è il mal dell'inchiostro (Bounous, 2021). Gli agenti della patologia sono due funghi oomiceti del genere *Phytophthora* ossia *P. cambivora* e *P. cinnamomi*. Sono patogeni alieni invasivi in Europa e attaccano un ampio spettro di specie suscettibili. Sono specie telluriche che si riproducono in condizioni di ristagno idrico formando zoospore con cui riescono a diffondere agilmente la malattia su vasti ambienti. *P. cinnamomi* ha un'ecologia più termofila: le condizioni ottimali di crescita sono la presenza di ristagni idrici e temperature comprese tra 12 e 32 °C, nelle quali riesce a infettare l'apparato radicale e il colletto delle piante. È attivo anche sopra il limite dei 32°C motivo per cui si ritrova negli areali castanicoli del meridione e si prevede un insediamento anche nelle aree in finora caratterizzate da inverni più rigidi. La scarsa resistenza alle temperature invernali ne riduce la sopravvivenza nei residui vegetali e radici vive affette. *P. cambivora* è ugualmente polifaga ma le temperature ottimali rimangono nel range 20-27 °C, sebbene sia in grado di attaccare le radici e il colletto anche a temperature inferiori ai 10°C, sopravvivendo anche in condizioni prossime a 0°C, e superiori ai 32°C.

I sintomi del mal dell'inchiostro sono deducibili dallo sviluppo contenuto e clorotico delle foglie della chioma (Figg. 1.4. e 1.5.), filloptosi all'avanzare della stagione vegetativa

e a fine stagione vegetativa, i ricci persistono sulla chioma. Particolare è la presenza di necrosi sottocorticali che si estendono longitudinalmente dal colletto fino anche un metro con la forma dalla caratteristica fiammata (Figura 1.6.), e sulle radici dove è evidente la caratteristica colorazione blu inchiostro a contatto col terreno.

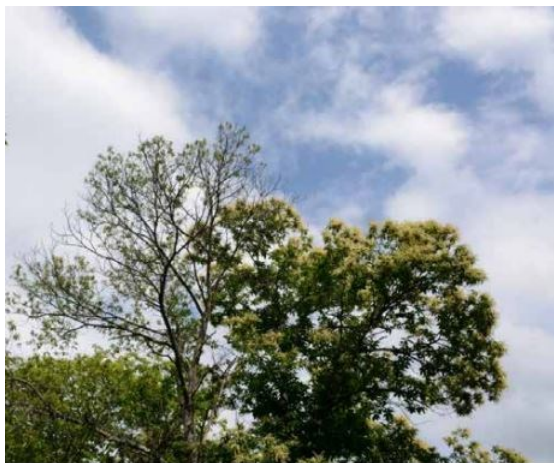


Figura 1.4. Altri sintomi fogliari sono filloptosi e la clorosi della chioma, (Moricca et al., 2022).



Figura 1.6. Sintomo caratteristico del Mal dell'Inchiostro è la necrosi sottocorticale con la tipica forma a fiamma verso l'alto.
www.waldwissen.net.



Figura 1.5. Un sintomo di affezione da Mal dell'Inchiostro è la chioma rada.
www.waldwissen.net.

I vettori della malattia sono gli animali e l'uomo che possono trasportare facilmente particelle di suolo infette da una parte all'altra dei castagneti. Un ulteriore veicolo è rappresentato dalle scoline, e i sistemi di regimazione idraulica che se non adeguatamente mantenuti possono favorire il ristagno di acqua e suolo.

La lotta al patogeno in pieno campo non è facile, ma un protocollo di contenimento funzionale comprende l'esclusione dell'accesso a mezzi, escursionisti e fauna selvatica, e disinfezione con solfato di rame dei canali di scolo nella stagione primaverile e autunnale.

Un'altra patologia che ha messo a dura prova la sopravvivenza del patrimonio castanicolo italiano ed europeo è il cancro corticale. L'agente della patologia è il fungo

ascomicete *Cryphonectria parasitica* Murr. che coinvolge tutti gli organi legnosi della pianta, escluse radici. È ospitato sia su castagno sia su *Quercus* sebbene su queste non riveli danni cospicui. Il fungo si sviluppa nelle condizioni di temperatura comprese tra 15 e 32 °C e dimostra il suo ottimo a 27°C. Il periodo di instaurazione dell'infezione è migliore in primavera e in inizio autunno anche per le condizioni di umidità favorevoli. Una volta attaccati i tessuti corticali, penetrando tramite ferite, il patogeno si espande necrotizzando fino al legno per differenziarvi le strutture riproduttive sessuate e asessuate responsabili della propagazione nell'ambiente.

I sintomi si manifestano sugli organi legnosi di ogni ordine e dimensione, fusto incluso. Sono rappresentati da depressioni del caratteristico color rosso scuro, con margine irregolare, in cui i tessuti sono colonizzati e uccisi dal patogeno (Figura 1.7). Quando la necrosi occupa tutta la circonferenza dell'organo l'apice dissecca e muore (Figura 1.8). Alla base del cancro la pianta reagisce emettendo diversi sottili ramificazioni che rimangono sottosviluppate perchè disseccate istantaneamente dal patogeno (Figura 1.9). Dai tessuti emergono dei caratteristici cuscinetti arancioni contenenti i propaguli del fungo (Figura 1.10).



Figura 1.7. Depressione e colorazione tipica su giovane ramo affetto da cancro corticale. www.waldwissen.net.



Figura 1.9. Reazione al patogeno con emissione di rametti sottili alla base del cancro. www.waldwissen.net.



Figura 1.8. Disseccamento degli organi dovuti a ripetuti attacchi. www.waldwissen.it.



Figura 1.10. Corpi fruttiferi arancioni, su pianta adulta. www.waldwissen.it.

Il vettore principale di *C. parasitica* è il vento, ma sono responsabili della dispersione della ascospore anche i veicoli come insetti e acari, mammiferi e avifauna.

La lotta a *C.parasitica* si esplica principalmente nell'esecuzione accorta dei tagli e delle potature dei cedui e dei castagneti da frutto. Bisogna evitare di programmare gli interventi in giornate ventose, e soprattutto nei tagli preparatori all'innesto disinfettare gli attrezzi di taglio con prodotti ordinari e le superfici con cicatrizzanti. Data la tendenza del patogeno di sopravvivere diversi anni nel legno come saprofita è bene asportare il materiale di risulta delle operazioni di potatura. Sarebbe inoltre buona prassi mantenere alcuni organi colpiti da cancro ipovirulento e favorire un naturale processo di lotta biologica al patogeno.

L'ipovirulenza è stata notata dai sintomi di attacchi di cancro superficiale, ed è dovuta allo scambio citoplasmatico tra ceppo e ceppo del fungo di materiale infetto dal micovirus del genere *Hypovirus* responsabile della repressione del carattere della virulenza di *C.paritica*. L'azione inibitoria consiste in un rallentamento dell'attività necrotica tale da permettere alla pianta di reagire con una cicatrizzazione ottimale delle ferite. L'ipovirulenza ha indotto un drastico calo della mortalità nei castagneti ed è diffusa su larghissima scala in Italia. Tuttavia, è possibile considerare l'uso diretto di *Hypovirus* nei comprensori in cui sia utile procedere alla difesa biologica dal patogeno.

Una virosi che invece si manifesta ai danni del castagno è quella del mosaico del castagno i cui sintomi si possono confondere con quelli del giallume del castagno provocato da fitoplasmi, o con fisiopatie dovute a carenze nutrizionali. Per dirimere i dubbi sulla diffusione del virus dovuti alla sintomatologia affine è stato condotto un recente studio che ha eseguito l'analisi molecolare su quattro comprensori castanicoli italiani (Murolo et al., 2022) nelle Marche, in Toscana, Emilia-Romagna e Trentino Alto Adige. Determinati i punti di rilevamento nelle aree di saggio, sono stati complessivamente raccolti 40 campioni da piante asintomatiche, 23 da piante con mosaico, 38 da piante con giallumi. I campioni sono rappresentati da foglie e i siti ospitavano prevalentemente castagni da frutto. Per analizzare l'agente dei sintomi sono state condotte analisi molecolari per distinguere tra virus e fitoplasma, e analisi chimiche per conoscere il contenuto in microelementi e constatare eventuali carenze; per conoscere questo dato il campione è stato prelevato mensilmente da giugno a ottobre in tre aree del Trentino. Nelle indagini da alcune interviste ai conduttori emerge che nei castagneti non si è constatata l'insorgenza dei sintomi prima di 5 anni, e solo in pochi casi da epoche precedenti lasciando ipotizzare la causa di carenze nutritive.

I sintomi del mosaico presentano la comparsa graduale nell'arco della stagione vegetativa di mosaicature lentiginose gialle sul margine fogliare e la deformazione delle

lamine fino al loro arricciamento. Il giallume invece comporta la colorazione uniformemente clorotica del margine fogliare in contrasto con l'inverdimento delle nervature principali. Verso la fine della stagione anche le foglie colpite da giallume si deformano fino ad arricciarsi.

I risultati dell'analisi molecolare hanno restituito che nessun campione era affetto da fitoplasmi agenti del giallume. Per la diffusione del mosaico invece, è stato rinvenuto sul 93% dei campioni per cui era stato ipotizzato, oltre che sul 31% di quelli registrati con carenze e sul 30% dei campioni asintomatici. In effetti le foglie delle piante con carenze avevano un livello più basso di manganese e per smascherare i sintomi del virus si è rivelata utile l'indagine molecolare. Inoltre nelle prime fasi vegetative il contenuto di manganese si è rivelato inferiore che nelle fasi più avanzate, dissimulando ulteriormente l'impatto del virus a livello visivo.

Il virus del castagno si propaga principalmente per innesto, anche se si ritiene possa essere veicolato da afidi tra cui *Myzocallis castanicola* (Bounous, 2021). La lotta è esclusivamente preventiva e si basa sull'adozione di materiale vivaistico che sia virus esente.

Oltre a funghi e virus, un agente di pericolo per la produzione e l'equilibrio vegetativo dei castagni è rappresentato da un cinipide esotico *Dryocosmus kuriphilus* ossia il cinipide galligeno del castagno, segnalato in Italia nel 2002. È un parassita fitofago obbligato alle specie di castagno (Bounous, 2021). È univoltino ossia matura una generazione di adulti all'anno. Il suo ciclo si basa sulla riproduzione per partenogenesi delle femmine adulte che depongono l'uovo nelle gemme in estate. Il primo stadio larvale è quello svernante, e i sintomi si rinvergono solo successivamente con la formazione di galle alla ripresa vegetativa. La larva si sviluppa in altri due stadi a cui segue la fase di pupa exarata. La galla assume le dimensioni in modo proporzionale al numero di celle larvali che contiene - fino a 10, ciascuno ospitante una larva. Gli adulti sfarfallano tra metà giugno e metà agosto andando ad ovideporre su nuove gemme. I danni consistono nel blocco dello sviluppo delle foglie, dei germogli e dei fiori a seconda della localizzazione delle uova all'interno della gemma.

L'unica strategia di difesa realizzabile in campo, nel contesto dei castagneti più diffusi oggi, ossia quelli tradizionali caratterizzati da piante di notevoli dimensioni e giaciture acclivi, è la lotta biologica. Il parassitoide del cinipide è stato individuato nel suo areale di diffusione in quanto gli imenotteri indigeni non si rivelano funzionali. *Torymus sinensis* infatti ha un ciclo biologico sincronizzato con quello di *D. kuriphilus*, è univoltino, e la sua popolazione è costituita da entrambi i sessi. Infatti la lotta biologica è basata su un

approccio propagativo in cui l'antagonista entra in equilibrio con il parassita. In primavera l'adulto sfarfalla dalle galle secche in cui è svernato; le femmine depongono le uova fecondate sulle galle neoformate agli inizi della stagione vegetativa e di seguito la larva ectoparassita si nutre della larva del cinipide, fino all'impupamento che avviene nella cella larvale nella stagione invernale.

1.2.5. Inquadramento normativo per il recupero del castagneto da frutto

Le normative che inquadrano la definizione dei castagneti e degli interventi colturali legati alla specie presentano una duplice codifica, agricola e forestale. Questo ha ripercussioni sulla natura delle misure di finanziamento a cui si potrebbe attingere a seconda delle definizioni oggettive dei castagneti, e soggettive dei portatori di interesse, sia per il mantenimento dei castagneti sia al recupero di quelli abbandonati. Un'aggiornata e recente disamina della frammentarietà normativa è proposta da Giovannantonio et al. (2022) nel contesto più complesso dell'inquadramento normativo del recupero dei castagneti da frutto.

La definizione di castagneto da frutto in attualità di coltura od oggetto di ripristino arriva ad essere tardivamente proposta a livello nazionale nel Testo Unico in materia di Foreste e Filiere Forestali (D. Lgs 34/2018) - TUFF. Questa distinzione interpretativa non è vincolante a livello potestativo delle Regioni che - non potendo contravvenire la definizione della fonte nazionale - possono però integrare la definizione di bosco e pertanto il castagneto da frutto rientra per alcune regioni nella definizione di bosco per il governo del soprassuolo ai fini della gestione della formazione arborea e nella sfera agricola per la produzione di frutta a guscio. Le stesse definizioni regionali per il riconoscimento dell'attualità di coltura presentano un quadro eterogeneo ed arbitrario: alcune regioni considerano la densità assoluta di castagni per ettaro, altre la densità relativa di castagni sul totale delle piante che compongono il soprassuolo, altre ancora la copertura minima dei castagni su una superficie di riferimento.

Anche ai fini del riconoscimento dello stato di abbandono, il TUFF a livello nazionale individua dei criteri comuni per ricondurre le superfici interessate da precedenti attività agricola e agropastorali dismesse, per non considerarle bosco e collocare quindi le eventuali azioni di recupero fuori dalla specifica materia della legislazione forestale ma in quella più ampia della Pianificazione Territoriale Paesaggistica Regionale. I criteri su cui compiere l'operazione di rintracciamento delle superfici possono riguardare anche i castagneti da frutto abbandonati e dovrebbero individuarne la distribuzione nei PTPR e verificarne il merito del ripristino attraverso documenti e cartografie con riferimenti databili certi, quali

ad esempio quelle del volo GAI del 1954. Campania, Calabria e Piemonte sono le regioni che si sono mosse in questo senso (Giovannantonio et al., 2022).

Sul versante agricolo diventa imprescindibile l'indirizzo legislativo conseguente all'adesione alla Politica Agricola Comune programmata dal 2000. Le superfici dei castagneti vengono censite e abbinate al fascicolo aziendale del conduttore avente titolo di Imprenditore agricolo, Imprenditore agricolo professionista, Coltivatore diretto, censito in apposita anagrafe. Dal 2014 è stato introdotto anche il Piano Colturale Grafico che secondo standard decisi dal legislatore comunitario registra le colture su particelle agricole tramite una cartografia georeferenziata. Con queste condizioni oggettive - Superficie agricola utile SAU denunciata con Piano colturale - e soggettive - il titolo agricolo del conduttore della coltura - il castagneto da frutto in attualità di coltura può accedere alle misure di finanziamento comunitarie previste dai pilastri della PAC per il sostegno al reddito e del Piano per lo sviluppo rurale - PSR - per l'asse Competitività. Il castagneto abbandonato, può intercettare i fondi PSR a disposizione dell'asse Forestazione che non riguardano la produzione del frutto, ma solo la gestione della formazione arborea. Per i castagneti da frutto abbandonati non è quindi possibile rientrare nella definizione di SAU, venendo esclusi dall'accesso ai relativi finanziamenti comunitari. Tuttavia la questione delle risorse accessibili rimarrebbe anche se si adottasse la via della valorizzazione delle ex superfici agricole con il PTPR: un esempio di risoluzione della contraddizione è stata trovata dalla Regione Marche che per il ripristino dall'abbandono dei castagneti da frutto ha attinto alle risorse nazionali per il cratere sismico.

La classificazione dei castagneti in attualità di coltura tuttavia non segue una logica di vera corrispondenza con la realtà se esclude tutte le superfici coltivate da conduttori non registrati in anagrafica aziendale. Sarebbe limitante pensare che le superfici non registrate come SAU non siano condotte seppur in un regime involutivo che precorrono l'abbandono così come è riduttivo escludere automaticamente che nelle superfici a castagneto da frutto registrate come SAU pur essendoci una figura di agricoltore attivo, inizino a tardare progressivamente potature, reinnesti, reimpianti in chiarie proprie delle minime pratiche colturali. La relazione denuncia infatti che sarebbe auspicabile un affiancamento delle definizioni legislative con sistemi di monitoraggio affidabili e continui delle dinamiche di abbandono che riguardano le superfici a castagneto (Giovannantonio, et al. 2022).

Sempre in seno all'inquadramento comunitario si collocano le strategie della valorizzazione delle produzioni del castagneto da frutto. Le proposte di recupero e rilancio delle cultivar tipiche, sentite dalle comunità locali dovrebbero essere mosse anche dalle

opportunità effettivamente esistenti di cogliere fondi per organizzare filiere, organizzazioni di produttori - OP - e gli altri strumenti previsti in seno all'Organizzazione Comune di Mercato - OCM. Un primo passo in questa direzione è senz'altro rappresentato dal prendere coscienza almeno delle caratteristiche peculiari del prodotto locale. In questo senso - sebbene non con carattere commerciale - la Regione Marche con la L.R. 12/2003 ha dato impulso alla costituzione del Repertorio del patrimonio genetico locale che ha il pregio anche di tessere una rete di contatti tra soggetti che a vario titolo partecipano alla custodia delle varietà locali espressive dei comprensori castanicoli marchigiani ancora poco conosciuti.

2. MATERIALI E METODI

2.1. Analisi diacronica dei castagneti delle Marche tra 1936 e 2001

Per l'analisi diacronica sono stati utilizzati i file vettoriali delle superfici forestali della Carta forestale del Regno d'Italia del 1936 (Ferretti et al., 2018) e della Carta forestale regionale (IPLA 2001) - data l'assenza di una cartografia più recente per il livello regionale - che è stata aggiornata col passaggio degli ultimi comuni del Montefeltro sotto la Regione Emilia-Romagna (Istat, 2023). Le operazioni sui dati informativi geografici scaricati sono state effettuate con software Qgis 3.22 che permette di operare agilmente sui valori riportati nei campi attributi che si riferiscono alle geometrie vettoriali. I sistemi di informazione geografica (GIS) consentono l'elaborazione di un numero elevato di dati spaziali e la restituzione di informazioni accurate e puntualmente riferite al territorio. Le elaborazioni che si possono ottenere dai GIS riguardano sia dati spaziali che attributi e una delle caratteristiche più utili del GIS è poi la possibilità di sovrapporre diversi layer o mappe rilevanti per la stessa area territoriale d'indagine. Per conseguire il confronto sullo stato dei castagneti si è dovuto preliminarmente analizzare il dato proposto dalle singole carte.

2.1.1. Elaborazioni GIS dei dati cartografici

Carta forestale del Regno d'Italia 1936

Lo schema del flusso di *processing* del dato vettoriale della Carta del Regno d'Italia è proposto in figura 2.1. La Carta del 1936, suddivisa in due *shapefile*, uno per il fuso Est e uno per il fuso Ovest, riporta le informazioni relative alle categorie forestali inventariate. Per i castagneti, sono riportate tre tipologie di governo: "CASTAGNO alto fusto", "CASTAGNO ceduo" e "CASTAGNO ceduo composto". Successivamente, l'estensione stimata per ciascuna superficie forestale d'interesse è stata confrontata con quelle riportate nella cartografia dell'IPLA.

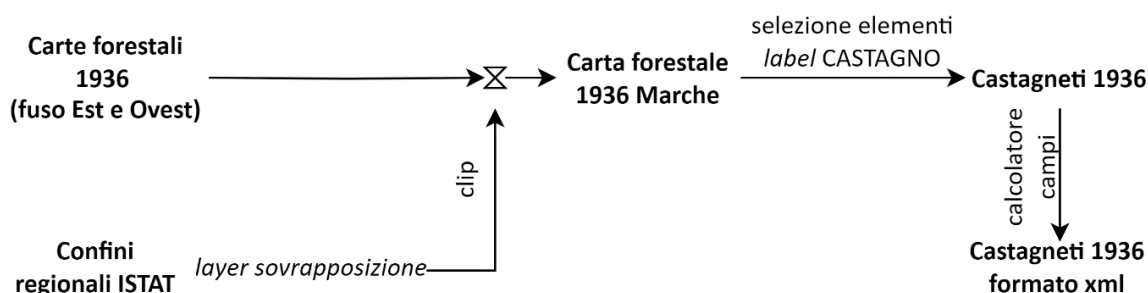


Figura 2.1. Schema del flusso di *processing* del dato vettoriale della Carta forestale del Regno d'Italia 1936.

Carta forestale regionale del 2001

Il dato vettoriale della Carta dei tipi forestali delle Marche è inserito nel più complesso lavoro inventariale della copertura forestale della Regione Marche. Gli attributi sono gerarchicamente suddivisi a descrizione delle 11 categorie e 42 tipi forestali presenti in regione con informazione sulla struttura, destinazione e prescrizioni di intervento

Il confronto tra le superfici a castagneto nei due termini temporali ha permesso di osservare i cambiamenti della struttura gestionale e della distribuzione territoriale nella regione.

2.2. Carta di idoneità territoriale per il castagno delle Marche

2.2.1. Software e dati informativi

Per individuare la aree del territorio vocate alla castanicoltura si è seguito un approccio geo-morfologico basato su un recente studio eseguito entro i limiti del comune di Castel del Rio (Rossi et al. 2023) in Emilia-Romagna. L'utilizzo del software open source Qgis si è rivelato uno strumento utile per elaborare la carta di idoneità territoriale per il comune emiliano.

L'idoneità dei terreni per la castanicoltura è stata verificata considerando l'altitudine, l'esposizione, la pendenza, il tipo geolitogico e l'uso del suolo. I dati territoriali usati come input, sia in formato raster che in formato vettoriale, sono riportati in tabella 2.1. I dati utilizzati sono quelli ufficiali della regione Marche (Open data), che rende disponibile dati quali il modello digitale del terreno (DTM), la Carta geologica regionale in scala 1:10.000 (Regione Marche, 2017) e la Carta dell'Uso del suolo in scala 1:10.000 (Regione Marche, 2007). Considerata la risoluzione poco dettagliata del dato DTM, fornito dall'ente regionale, ossia venti metri, si è preferito utilizzare il DTM dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ossia la versione TINITALY 1.1. con la risoluzione della cella di dieci metri (Tarquini et al. 2023).

I confini della regione Marche sono stati scaricati dal sito dell'ISTAT, aggiornati in coerenza alla Legge n. 84 del 18 maggio 2021 riguardante le ultime aggregazioni comunali di Montecopiolo e Sassofeltrio alla regione Emilia-Romagna nel distretto provinciale di Rimini.

Tabella 2.1. Riepilogo delle informazioni dei file utilizzati circa il formato la risoluzione e la fonte dei dati di input.

Dato	File	Formato	Risoluzione o Scala	Fonte
DTM	w47080_s10	Raster	10x10 m	Tinality
	w47085_s10			
	w47580_s10			
	w47585_s10			
	w48075_s10			
	w48080_s10			
	w48085_s10			
	w48575_s10			
	w48580_s10			
Confine regionale	Reg01012023_WGS84	Vettoriale	scala non certificabile*	Istat
Litologia	pol_geol	Vettoriale	1:10.000	Regione Marche
Uso del suolo	Cus_07_Tot_WGS84-UTM33	Vettoriale	1:10.000	Regione Marche

* la scala non è certificabile uniformemente dall' Istat, poichè le basi di acquisizione utilizzate (principalmente foto aeree ed altra cartografia) provengono da fonti e scale differenti (Istat, 2023).

I valori di altitudine, esposizione e gradiente di pendenza sono stati stimati dal DTM. Ogni pixel del file rappresenta una cella contenente l'informazione dell'elevazione per quello spazio geo-referenziato.

2.2.2. Indicatori di idoneità per l'analisi

Il processo entro cui ricercare le migliori condizioni di idoneità per la castanicoltura regionale tiene conto dei valori degli indicatori geo-morfologici di altimetria, pendenza, esposizione e matrice geologica. Per la loro classificazione si è preso come riferimento quello dello studio effettuato per Castel del Rio che suggerisce anche gli intervalli di valori limitanti che progressivamente da questi si discostano (Rossi et al., 2023). I valori degli indicatori di idoneità ricercati per l'analisi territoriale, sono riportati in tabella 2.2. dove si vede per quali sono stati dettagliati delle classi di idoneità interna. Attraverso la sovrapposizione delle informazioni relative all'idoneità per ciascun carattere geomorfologico, sono state individuate le superfici più vocate per la castanicoltura nelle Marche.

Tabella 2.2. Indicatori di idoneità geo-morfologica del castagno computati per l'analisi territoriale sulla regione Marche e per la successiva selezione delle aree più vocate per la castanicoltura.

Caratteri geomorfologici	Idoneità ottimale	Idoneità con limitazione lieve	Idoneità con limitazione moderata	Idoneità con limitazione elevata
Altimetria	300-1000 m s.l.m.	-	-	-
Esposizione	NE-NW	-	-	-
Pendenza	<20°	20-30	30-35	>35
Litologie regionali	Arenarie e arenarie con intercalazioni pelitiche	Arenarie con intercalazioni e con conglomerati carbonatici	Arenarie alternate a marne	Depositi quaternari terrazzati e di versante

Analisi dell'idoneità altimetrica

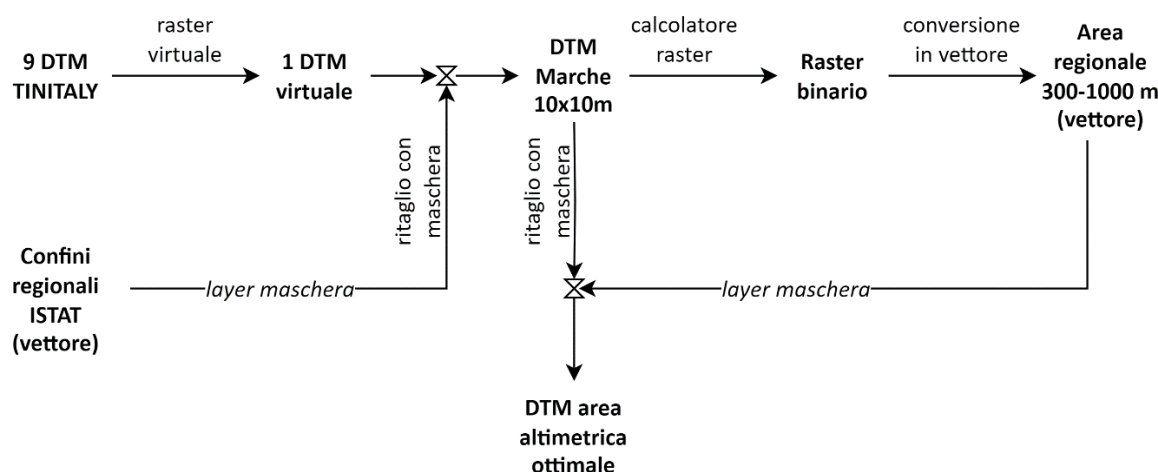


Figura 2.2. Schema di flusso di elaborazione del DTM.

Il DTM di partenza è stato ottenuto dalla mosaicatura dei 9 file raster scaricati da TIN ITALY (Tarquini et al., 2023). Questo output è stato processato per definire l'altimetria delle aree idonee alla castanicoltura. In questo modo è stato possibile discriminare due aree: quelle nell'intervallo 300-1000 m s.l.m. e le aree inadatte con quote inferiori o superiori. Successivamente, come schematizzato in figura 2.2., sono stati esclusi i territori al di fuori dell'intervallo di quota tra 300 e 1000 metri, definito parametro ottimale per il castagno (Tab 2.2). Utilizzando questo output come base sono stati successivamente calcolati esposizioni e pendenze, nonché perimetrare le aree dove la distribuzione delle piogge meteoriche soddisfa le esigenze idriche del castagneto, come riscontrabile dalla carta delle precipitazioni medie annue del territorio regionale (Figura 2.3.) proposta dalle elaborazioni eseguite per la Carta e l'Inventario forestale regionale (IPLA, 2001).



Figura 2.3. Carta delle precipitazioni medie annue delle marche (IPLA, 2001).

Analisi dell'idoneità geologica

Prima di passare all'analisi morfologica delle pendenze e delle esposizioni, si è proceduto con la verifica dell'idoneità dei suoli attraverso i tipi litologici idonei alla castanicoltura per la Regione Marche. Data l'eterogeneità di strutture geologiche presenti, è stata approfondita la natura litologica delle stesse seguendo quanto indicato dalle note illustrative della carta geologica d'Italia per i diversi Fogli consultati. Sulla base della tabella 2.3, è stata attribuita una classe di idoneità a ciascun strato geologico, considerando gli elementi di origine, tessiturali e di contenuti carbonatici.

Incrociando le informazioni relative all'idoneità altimetrica e geologica, si è ottenuta anche una riduzione della superficie del territorio in quota per la castanicoltura, andando a delimitare su di essa solo quelle aree che ospitano la geologia adatta come schematizzato in figura 2.4.

Tabella 2.3. Classificazione dell' idoneità geologica delle Formazioni regionali adottate per l' analisi, presenti nell' intervallo altimetrico 300-1000m.

FORMAZIONE	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CLASSE DI IDONEITÀ
FORMAZIONE DELLA LAGA	Successione torbiditica prevalentemente arenacea e pelitico-arenacea. ¹	Ottimale
ARENARIE E MARNE DI SERRASPINOSA	Arenarie torbiditiche poco cementate di colore giallastro e granulometria da medio-fine a medio-grossolana, in strati spessi, alternate a livelli di marne grigiastre. ²	Ottimale
FORMAZIONE DI CAMERINO	È costituita in prevalenza da strati arenarie di spessore notevole, tessitura molto grossolana ben amalgamata, presenza di livelli pelitici. Sono presenti, inoltre, strati torbiditici e conglomerati di elementi di Bisciario e Schiler. ¹	Con limitazione lieve
FORMAZIONE DI FERMO	Arenarie da debolmente a molto cementate di colore variabile dal giallo ocra al grigio, ben cernite, con granulometria da fine a grossolana. Presentano strutture a luoghi massive, a luoghi a laminazione piano parallela inclinata verso mare. ³	Ottimale
FORMAZIONE DI CASA MONTE SABATINO	Arenarie giallastre con laminazione a basso angolo e tritume conchigliare misto a frammenti calcarei. ⁴	Con limitazione lieve
FORMAZIONE MARNOSO ARENACEA MARCHIGIANA	Arenarie torbiditiche da fini a grossolane, spesso poco cementate in strati da sottili a molto spessi talvolta condensati a costituire orizzonti, alternate a peliti siltose e marnose sottilmente laminate. In genere i banchi arenacei, prodotti da correnti torbiditiche ad alto regime di flusso, si rinvengono nella parte inferiore. ⁵	Con limitazione moderata
FORMAZIONE DEL MONTE FUMAILOLO	Areniti grigio-giallastre a grana da medio a grossolana, in strati da medio a spessi, passanti verso l' alto ad arenarie molto spesse, alternate a marne grigio chiare abbondanti nella parte alta. ⁵	Con limitazione moderata
FORMAZIONE DEL TRIPOLI	Alternanza di strati arenitici, silt, marne, marne siltose e argille, di probabile natura torbiditica e di marne diatomitiche e diatomiti candide finemente laminate. ⁴	Con limitazione moderata
FORMAZIONE DI SAN DONATO	Depositi torbiditici caratterizzati da areniti alternate a marne. Nella parte medio-inferiore è intercalato un orizzonte vulcanoclastico. ⁵	Con limitazione moderata
SINTEMA DI URBISAGLIA SINTEMA DI MATELICA SUPER-SINTEMA DI COLLE ULIVO	Depositi alluvionali e eluvio colluviali con lenti sabbiose, relitti di suoli organici, torbe. ⁶	Con limitazione grave

1 (DEIANA, 2009); 2 (REGIONE MARCHE, 2007); 3 (CELLO, 2009); 4 (CORNAMUSINI ET AL., 2009); 5 (CAPUANO, 2009); 6 (GUERRERA, ET AL. 2009).

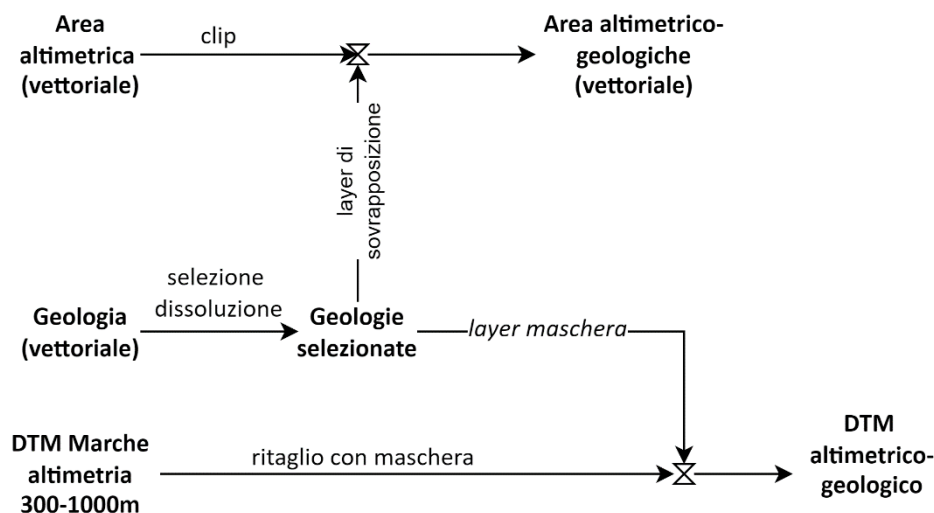


Figura 2.4. Flusso di analisi del dato geologico per delimitare le geologie adatte (vettore) e il DTM per analisi morfologica successiva.

Dunque, il raster del DTM regionale è stato nuovamente tagliato sovrapponendo il layer dei tipi geolitologici adatti alle quote idonee per la castanicoltura, ottenendo il dato raster da cui analizzare pendenze e esposizioni delle aree più vocate. Tuttavia, si è dapprima resa utile un'ulteriore operazione preliminare sui dati dell'uso del suolo.

Analisi dell'idoneità di uso del suolo

L'analisi dell'uso del suolo regionale permette infatti di eliminare quelle superfici occupate da elementi antropici e naturali che costituiscono un sicuro impedimento alla castanicoltura, sebbene ricadano nella idonea quota altimetrica e su terreni originati dalle più adatte formazioni geologiche. La Carta dell'Uso del suolo della Regione Marche classifica le coperture adottando la classificazione CORINE di secondo livello. La Carta è stata realizzata tramite classificazione automatica, mediante software commerciale, di immagini digitali multispettrali (RGB/Falsi Colori), acquisite con sensore Leica ADS40 nel periodo giugno-luglio 2007, ortorettificate con pixel pari 1 metro, precisione conforme alla scala 1:10.000, inquadrare nel riferimento UTM/WGS84 Fuso 33 (Regione Marche, 2007).

Importando il file vettoriale, sono state selezionate e dissolte rispettivamente in unico campo le coperture a seminativi, prati, colture arboree, e zone boscate che potrebbero ospitare o già ospitano la copertura con castagneti, escludendo quelle antropiche o naturali in cui non ce ne sono le condizioni (Tab 2.4.). Il layer ottenuto è stato intersecato al precedente output vettoriale altimetrico-geologico, per un'ulteriormente delimitazione sul DTM delle aree idonee alla castanicoltura, oltre che al castagno.

Tabella 2.4. Codici Corine per le coperture della Carta dell'Uso del Suolo (Regione Marche 2007).

CODICE CORINE LAND COVER	DEFINIZIONE
11	Zone urbanizzate di tipo residenziale
12	Zone industriali, commerciali e infrastrutturali
13	Zone estrattive, cantieri, discariche
14	Zone verdi artificiali non agricole
21	Seminativi
22	Colture permanenti
23	Prati stabili
24	Zone agricole eterogenee;
31	Zone boscate
32	Zone con vegetazione arbustiva e/o erbacea
33	Zone aperte con vegetazione rada o assente
41	Zone umide interne
42	Zone umide marittime
51	Acque continentali
52	Acque marittime

Analisi morfologica di pendenza e esposizione

Su queste estensioni è stato analizzato il raster DTM per la pendenza e l'esposizione. Nell'analisi della pendenza, espressa in gradi, è stata impostata un'equazione che discriminasse i *density number* del dato raster nelle 4 soglie di pendenza progressive per l'idoneità della castanicoltura, secondo la formula:

$$\begin{aligned}
 & ('Pendenza'_{raster} \leq 20^\circ) * 1 + (('Pendenza'_{raster} > 20^\circ) \text{ and } ('Pendenza'_{raster} \leq \\
 & 30^\circ)) * 2 + (('Pendenza'_{raster} > 30^\circ) \text{ and } ('Pendenza'_{raster} \leq 35^\circ)) * 3 + \\
 & ('Pendenza'_{raster} \geq 35^\circ) * 4
 \end{aligned}$$

Analogamente, per l'esposizione sono state selezionate quelle a Nord Ovest e Nord Est con un'equazione che discriminasse i valori dei rispettivi angoli, come nella formula:

$$\begin{aligned}
 & (('Esposizione'_{raster} \geq 315^\circ \text{ and } 'Esposizione'_{raster} \leq 360^\circ) + \\
 & ('Esposizione'_{raster} \geq 0^\circ \text{ and } 'Esposizione'_{raster} \leq 45^\circ)) * 1 + \\
 & ('Esposizione'_{raster} > 45^\circ \text{ and } 'Esposizione'_{raster} < 315^\circ) * 2
 \end{aligned}$$

Entrambi gli output raster sono poi stati convertiti in formato vettoriale. La sovrapposizione dei layer degli indicatori geo-morfologici e di uso del suolo così elaborati, ha portato alla carta di idoneità finale tramite la funzione di intersezione dei vettori.

2.3. Censimento dei castagneti in attualità di coltura nella Regione Marche

La Regione Marche, per tramite dell'Unione Montana del Tronto e Valfluvione (AP) ha recentemente terminato un censimento dei castagneti in attualità di coltura, ovvero quelli che come indicato dalla L.R. 6/2005 art. 2 sono considerati come superficie agricola utile (SAU) a castagneto, sottoposte alle ordinarie cure colturali e a pratiche agronomiche continuative e ricorrenti aventi cadenza almeno annuale. Il censimento è stato avviato nel 2015 dalla Dott.ssa For. Emidia Santini nell'area fra Acquasanta Terme e Arquata del Tronto, poi completato, sul restante territorio regionale, dal Dott. Agr. Stefano Citeroni nel 2022.

Il censimento ha restituito un quadro conoscitivo dei castagneti in attualità di coltura, riguardo alle superfici catastali, parzialmente o integralmente condotte a castagneto da frutto, la tipologia di impianto - tradizionale, nuovo impianto, conversione da ceduo - lo stato vegetativo degli impianti, e i termini di diffusione dei principali patogeni quali cancro corticale, mal dell'inchiostro, cinipide galligeno e virosi (Tab 2.5). I risultati del censimento sono stati proposti come cartografia .pdf, dati shapefile e database.

Tabella 2.5. Informazioni rilevate dal censimento. Alcune di carattere qualitativo sono direttamente consultabili da GIS, ma solo per le superfici censite nel 2021.

ID Castagneto – progressivo di avanzamento	Il censimento del 2014 conclude la numerazione col numero 1713. Quello 2021 riprende la progressione fino al numero 2964.
Codice catastale Comune	
Foglio catastale	
Particella catastale	
Superficie catastale	
Proprietario	
Tipologia castagneto da frutto	1- Nuovo Impianto 2- Tradizionale 3- Proveniente da ceduo
Superficie condotta	1- Totalmente interessata dal castagneto da frutto 2- Parzialmente interessata dal castagneto da frutto
Stato vegetativo	1- Ottimo 2- Buono 3- Sufficiente 4- Degradato
Stato fitosanitario	1- Diffuso 2- Presente 3- Sporadico 4- Assente

L'analisi di questi dati offre una lettura dello stato dei castagneti da frutto delle Marche aggiornato ai termini più recenti - la relazione tecnica e gli elaborati sono stati evasi ad aprile 2023.

Gli shapefile relativi ai dati censiti nei due periodi sono proposti separatamente, ovvero i vettoriali in tabella attributi non sono stati integrati completamente. Per trasferire le informazioni dei database forniti - in cui è più evidente risalire a criteri di omogeneità di presentazione dei dati rilevati - e averne una pronta dinamica di lettura tramite GIS, occorrerebbe rieditare alcuni attributi degli shapefile. In questo modo è offerta la collocazione spaziale dei poligoni catastali dei castagneti in attualità di coltura, peraltro non utile per visualizzare la distribuzione delle condizioni vegetativo, fitosanitarie rilevate sull'intero territorio.

Gli shapefile del 2015 sono proposti sia per i dati vettoriali delle particelle catastali dei comuni dell'Unione Montana, sia per quelli relativi alle sole particelle coltivate con castagneti. Il sistema di riferimento delle coordinate in cui sono forniti i file è Gauss Boaga, fuso Est. Gli shapefile della seconda tranches sono proposti solo per le particelle catastali dei diversi comuni interessati coltivate a castagneto e sono fornite nel sistema dell'European Terrestrial Reference System 1989. Ai fini di questo lavoro l'analisi delle superfici del database non è quella dell'estensione della particella in cui ricade la coltura, ma quella rilevata come effettivamente condotta a castagneto da frutto, indicata dai professionisti.

Per i dati del database, tralasciando le informazioni sulla proprietà ottenute da visura catastale, e i dettagli relativi alle stesse posizioni catastali, quello che è interessante da analizzare sono i rilievi dello stato vegetativo e patologico. Il censimento compiuto propone una classificazione dello stato vegetativo di ogni superficie giudicandolo ottimale, buono, sufficiente, degradato. Con Microsoft Excel sono state confrontate le superfici per verificare la distribuzione nelle varie classi di stato vegetativo.

Lo stato fito-sanitario è stato analizzato per ciascuna delle patologie rilevate dal censimento, per le quali è stato attribuito un punteggio o direttamente descritta la diffusione del patogeno nella particella. Quindi l'analisi è consistita nell'interrogare le superfici separatamente in merito al cancro corticale, mal dell'inchiostro, cinipide e virosi e confrontarne lo stato in base al grado di presenza valutato come diffuso, presente, sporadico o assente.

2.4. Analisi strutturale in castagneti in diverso stato culturale

Sono stati utilizzati i dati dendrometrico-strutturali già rilevati in castagneti in diversa condizione culturale, ubicati a Mont'Ercole, oggi incluso nella provincia di Rimini (Fabbri, 2021); a Val di Castro (AN) (Braconi, 2021); al Monte dell'Ascensione (AP) (Spinelli, 2022). A questi dati sono stati aggiunti quelli rilevati in un piccolo castagneto di proprietà del monastero di Fonte Avellana, nel comune di Serra Sant'Abbondio (PU).

Il protocollo di campionamento dei primi tre siti ha previsto la perimetrazione di tre aree di saggio ciascuno, di raggio 15 o 20 metri decisi in loco in base alla densità dei soprassuoli. Per ogni area di saggio, è stata compilata una scheda descrittiva dei caratteri ambientali e di accessibilità del sito e un piedilista di cavallettamento per boschi cedui in cui sono stati annotati:

- i diametri con diametro maggiore ai 3 cm;
- il numero di ceppaie e di individui, discriminando polloni e matricine per ogni specie;
- i diametri e le altezze di una decina di alberi modello per la costruzione della curva ipsometrica rappresentativa del sito.

Anche lo stato fitosanitario dei castagni è stato riportato indicando quanti fossero colpiti da cancro corticale, e se distribuito su tronco o branche.

I dati delle tre aree di studio son stati ordinati per specie, per classi diametriche e per tipo di cavallettamento (polloni o matricine) al fine di poterne discernere il tipo di governo, la densità, la distribuzione delle matricine e la percentuale delle piante morte in piedi (snag).

I valori sono stati distinti tra matricine e polloni e poi raggruppati in un unico insieme, mantenendo separati i dati delle diverse specie e classi, così da quantificare il numero totale di individui sia per valori diametrici unitari sia raccolti in classi di 5 cm a partire dalla soglia minima di cavallettamento. I valori assoluti ottenuti nelle ADS sono stati poi riportati alla superficie di un ettaro. Infine sono state calcolate le distribuzioni di frequenza dell'area di saggio per stimare la struttura del popolamento - coetaniforme o disetaneifome.

Per la stima dei volumi, sono state stimate le altezze compensate per le diverse classi diametriche, attraverso la costruzione della curva ipsometrica con i dati degli alberi modello. Per i volumi del solo legno di castagno all'interno dell'area di saggio sono stati usati i dati precedentemente elaborati e la tavola di cubatura della specie redatta dall'ufficio delle risorse forestali della Regione Emilia-Romagna.

Nel sito di Fonte Avellana il campionamento è stato adattato alle caratteristiche del castagneto esistente, molto piccole di superficie e con forma allungata in direzione Nord-Sud. Qui sono state predisposte due aree di saggio circolari, con raggio di 5 metri, quasi

adiacenti tra loro in cui è stata presa nota dei caratteri ambientali, di accessibilità al sito ed è stato compilato il piedilista di cavallettamento delle altre tre aree di studio. La giacitura poco favorevole e la ristretta estensione del castagneto hanno fortemente influito sulla scelta del raggio eseguita. Con questo approccio però, per le elaborazioni dei dati rilevati al fine di definire la struttura dendrometrica del bosco, sono state escluse le piante di castagno più mature con risvolti sulla costruzione della curva ipsometrica - che risulta inaffidabile sotto tutti i requisiti statistici - e sui conseguenti calcoli della distribuzione di frequenza per ettaro e la stima dei volumi. Sono stati misurati i diametri superiori a 3 cm per ogni pianta presente ma non le altezze. I dati delle due aree di saggio sono stati raccolti su Microsoft Excel secondo una distribuzione diametrica di 5 cm in un raggruppamento comprensivo di tutte le specie, e separatamente per il solo castagno.

Data la notorietà dell'esistenza di un castagneto da frutto relitto, sottoposto alla gestione dei monaci Camaldolesi-Avellaniti - dai cui aneddoti si desume una cura incostante operata direttamente da alcuni membri del cenobio fin dagli anni '60 del secolo scorso - è stato anche realizzato un censimento delle piante di castagno presenti con un diametro maggiore di 15 cm vive o morte in piedi. Per tutte è stata registrata la misura dell'altezza realizzata con Vertex IV nonché indicazioni circa lo stato fitosanitario - presenza di cancro corticale e mal dell'inchiostro; la presenza di calli di innesto evidenti; l'origine gamica o agamica dei castagni.

Le misure dell'altezza dei castagni oggetto di censimento, assieme a quella dei diametri, è stata usata per individuare la curva ipsometrica e l'equazione corrispondente è stata usata per il calcolo delle altezze compensate delle piante campionate nelle aree di saggio. Per la stima del volume legnoso del castagno è stata utilizzata la formula generale di cubatura, assodato che i valori di diametro e altezza rilevati non consentivano l'applicazione alternativa delle tavole di popolamento dell'Emilia-Romagna redatte per la specie, ma utilizzabili in ambito assestamentale disponendo di area basimetrica e altezza dominante.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1. Analisi diacronica (1936-2001) della distribuzione dei castagneti nelle Marche

Dalla figura 3.1. e dai dati tabellari (Tab. 3.1) si evidenziano le superfici occupate dai castagneti marchigiani nel 1936 e nel 2001 e la loro distribuzione per provincia. Nel 1936, le superfici a castagneto coprivano 3027 ettari pari allo 0,4% della superficie regionale attuale. Nel 2001, la superficie totale dei castagneti sale a 4490 ettari, raggiungendo l'1,8% della copertura forestale regionale, anch'essa molto aumentata nell'intervallo temporale trascorso. Per quanto riguarda l'assetto strutturale, nel 1936 prevalevano le fustaie (castagneti da frutto) con l'82%, sui cedui che erano solo il 18%. La situazione è rovesciata nel 2001 con la netta prevalenza dei cedui (74%) rispetto alle fustaie (24%).

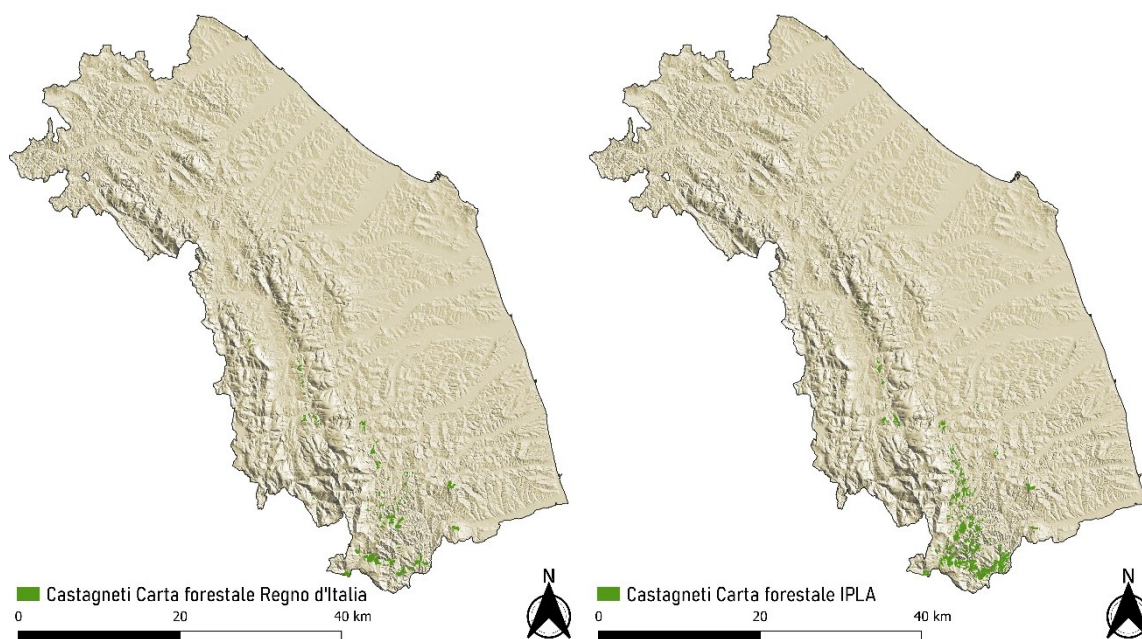


Figura 3.1. Distribuzione dei castagneti nelle Marche nel 1936 (a sinistra) e nel 2001 (a destra) della regione Marche.

Tabella 3.1. Variazione di superficie (in ha e %) dei castagneti nel 1936 e nel 2001 secondo le province attuali (Istat 2023).

Provincia	Struttura	1936		2001	
		Ha	%	Ha	%
PU	Fustaia	0	0%	2	0%
	Ceduo	0	0%	2	0%
AN - MC	Fustaia	39	1%	411	9%
	Ceduo	526	17%	24	1%
FM - AP	Fustaia	2444	81%	2890	64%
	Ceduo	16	1%	1161	26%
Tot. Regione		3027	100%	4491	100%

Le aree della regione che hanno maggiormente mantenuto la copertura a castagneto sono quelle meridionali, i cui substrati geologici, come si evidenzierà nei paragrafi successivi, sono più adatti alla castanicoltura. L'aumento della superficie a castagno nel periodo osservato non è da ricondursi ad una diffusione recente della specie (caso mai il contrario), ma piuttosto alle modalità di censimento. La transizione invece da fustaia a ceduo testimonia presumibilmente invece l'effetto del più tipico degli interventi all'epoca considerati utili per il controllo fitosanitario del cancro corticale del castagno, ovvero la ceduazione.

3.2. La vocazionalità per il castagno nelle Marche

3.2.1. Idoneità agli indicatori territoriali

Idoneità altimetrica

La superficie rientrante nell'intervallo altimetrico ottimale per il castagno occupa il 44% del territorio regionale, ossia 411.612 ettari. La visualizzazione cartografica di questo output è proposta in duplice versione (Figura 3.3.). Infatti, sebbene per il processo di analisi morfologica sia stata considerata univocamente tutta l'estensione regionale occupata nell'intervallo altimetrico 300-1000 m s.l.m., viene comunque proposta una classificazione in tre classi - di 300-500 m, 500-800 m- 800-1000m - come output secondario. L'utilità di suddividere la fascia altimetrica ottimale potrebbe manifestarsi qualora si vogliano discriminare ulteriori e più dettagliati intervalli di idoneità in base alle diverse necessità di carattere colturale legate alla individuazione dei castagneti da frutto da recuperare o alla pianificazione di nuovi con cultivar non europee che possono adattarsi anche intervalli di quota diverse (Bounous et al., 2021).

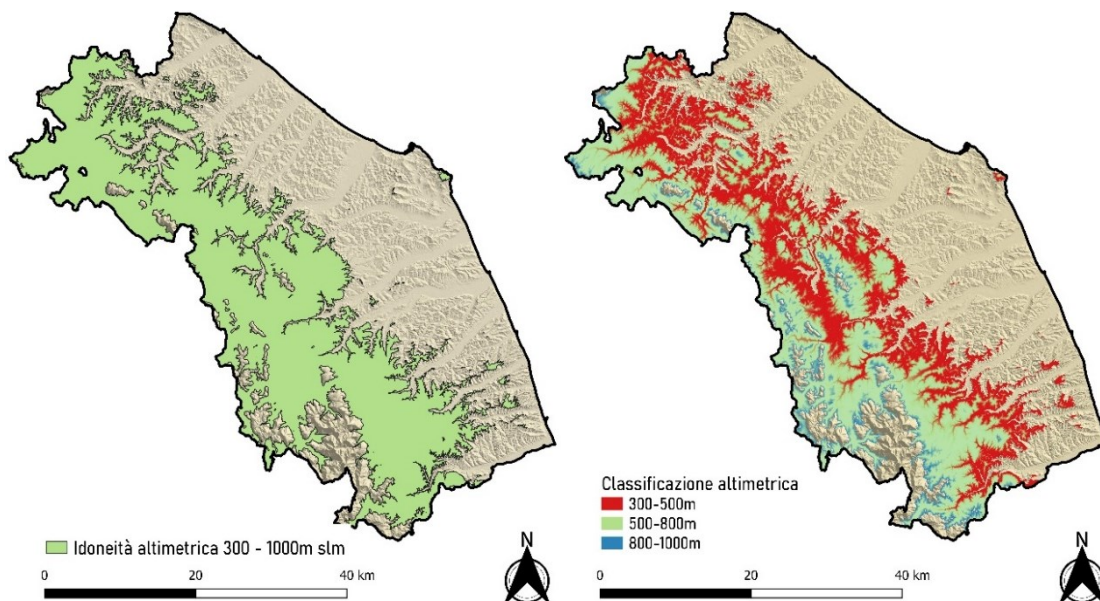


Figura 3.3. Idoneità altimetrica generale del castagno (a sinistra) e ripartita per classi (a destra).

Nel dettaglio proposto (Tab 3.2.), 210.706 ettari afferiscono alla prima classe (51%), 151.809 alla seconda (37%), 49.096 (12%) alla terza.

Tabella 3.2. Classi di idoneità altimetrica per la castanicoltura delle Marche.

Totale 300-1000 m	Fascia altimetrica 300-500 m	Fascia altimetrica 500-800 m	Fascia altimetrica 800-1000 m
411.612 ha	210.706 ha (51%)	151.809 ha (37%)	49.096 ha (12%)

Idoneità geologica

La superficie con geologia idonea alla castanicoltura ricopre 131.609 ettari corrispondenti al 14% dell'intero territorio regionale (Figura 3.4.), ma che diventa il 32% se riferito alla sola zona altimetrica fra 300-1000 m s.l.m. Il tipo geo-litologico più rappresentativo dell'idoneità geologica regionale per qualità ed estensione si trova nelle province meridionali ed è la Formazione della Laga con 42.636 ettari (Figura 3.5.). La seconda per estensione è la Marnoso Arenacea Marchigiana con 38.323 ettari distribuita nel settore nord occidentale della regione. Con simile superficie si posizionano i Depositi Quaternari che, occupando i lunghi perimetri disegnati dai corpi idrografici, dai versanti ai fondovalle, influenzano l'analisi geologica occupando il 25% del territorio regionale idoneo alla castanicoltura. È ragionevole supporre che ad un'analisi più dettagliata sulla scala locale,

la nota plasticità del castagno possa esprimersi adattandosi dove i depositi presentino elementi di origine conglomeratica arenacea e prevalga la matrice sabbiosa costituente i sintemi compresi nell'analisi.

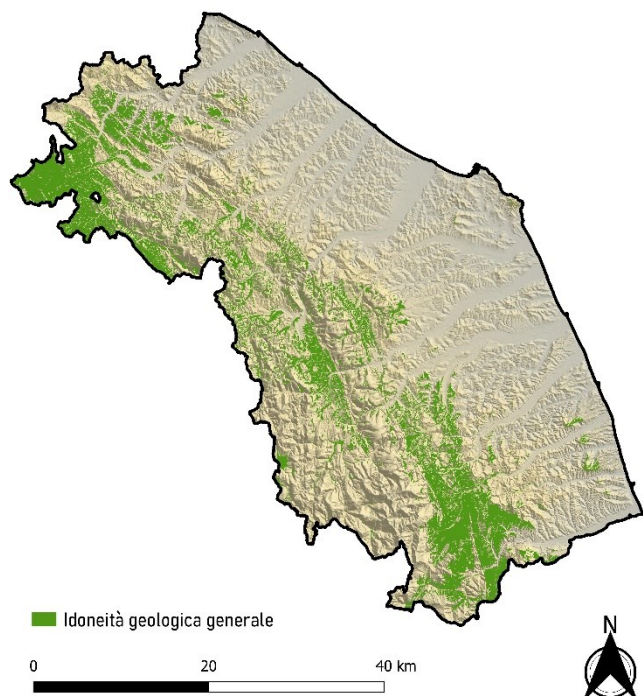


Figura 3.4. L'idoneità geologica per la castanicoltura ricopre il 14% del territorio della regione Marche.

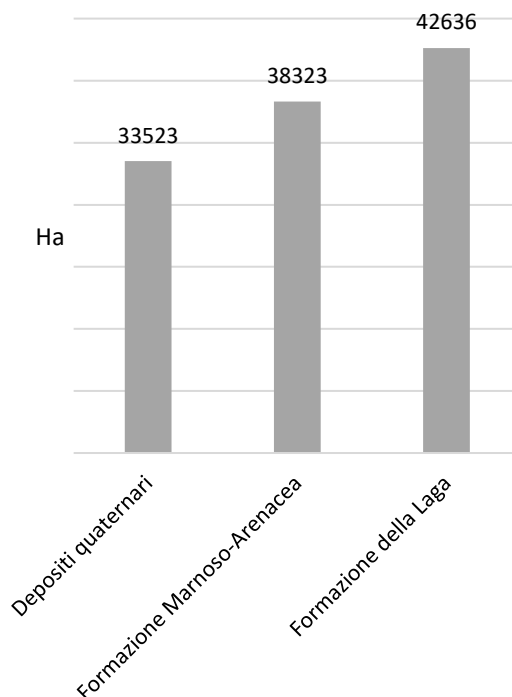


Figura 3.5 La formazione che prevale tra tutte quelle che compongono l'idoneità geologica delle Marche è quella della Laga con 42.636 ettari.

La classificazione interna all'idoneità geo-litologica dimostra che nel territorio marchigiano (Figura 3.6.) le formazioni ottimali si dimostrano maggioritarie ricoprendo il 34% della superficie, a queste seguono le formazioni che presentano limitazioni moderate (32%) e elevate (29%) (Figura 3.7). I territori con litologie su cui il castagno potrebbe adattarsi con lievi limitazioni aggiungono alle litologie ottimali 6.792 ettari (5%). La presenza di suoli con maggiore idoneità è principalmente nel settore centro-meridionale della regione, mentre la provincia di Pesaro-Urbino offre possibilità più limitate essendo caratterizzata da formazioni marnoso-arenacee meno favorevoli.

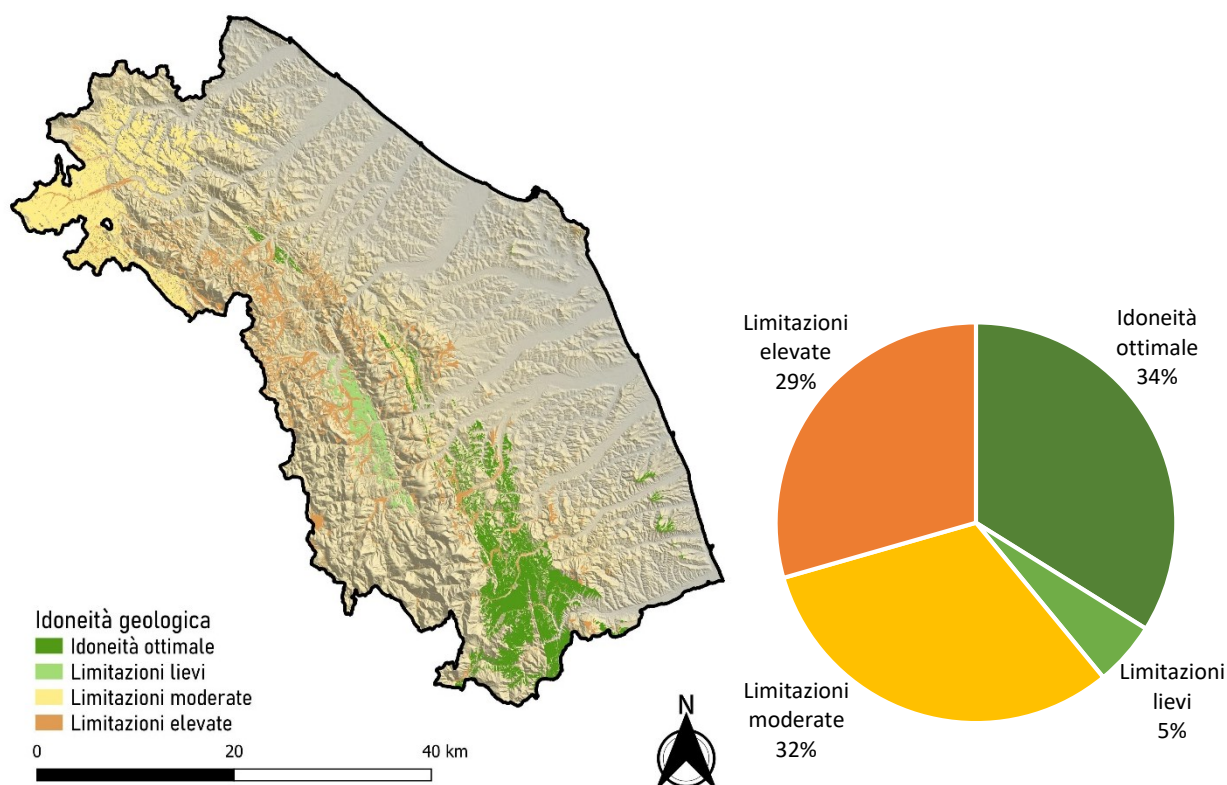


Figura 3.6. Idoneità geologica ripartita per classi. I territori in verde sono i migliori presenti per le Marche, rappresentati prevalentemente dalla Formazione della Laga.

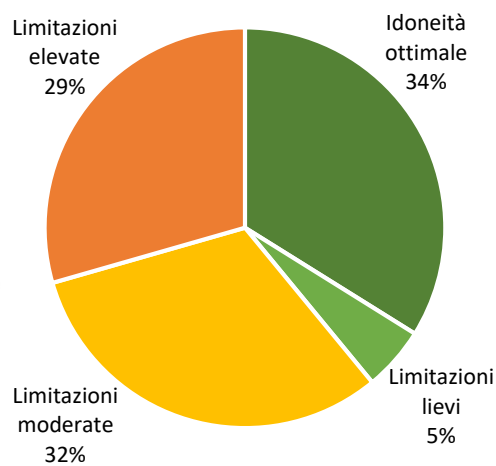


Figura 3.7. Partizione del territorio altimetrico adatto alla castanicoltura nelle classi di idoneità geologica proposte.

Idoneità morfologica - pendenza

I valori calcolati per le pendenze hanno riguardato il solo territorio compreso nell'intervallo altimetrico adatto al castagno contestualmente identificato idoneo anche sotto il profilo geologico. Circa 65.750 ettari hanno pendenza compresa tra 0° e 35° (Figura 3.8.). Il valore di pendenza media è di 27,3°; la pendenza massima è di 74,4°. In tabella 3.3. è riportata la ripartizione del dato in tre classi di valor: 0-20°, 20-30° e >30°.

Limitando il campo d'indagine al range altimetrico e geo-litologico più vocato, si ottiene un output delle pendenze in cui sono praticamente assenti quelle più acclivi, oltre i 35°, (solo 158 ettari circa). Il 76% del territorio regionale vocato per la castanicoltura giace su pendii poco acclivi, con pendenza tra 20-30° e a questi si possono sommare gli oltre 2000 ettari di terreno migliore compreso nei 20° di pendenza.

Tabella 3.3. Estensione delle classi di idoneità delle giaciture nelle Marche.

<i>Classi di pendenza</i>	<i>Ha</i>	<i>%</i>
<i>0°-20°</i>	2345	4
<i>20°-30°</i>	50025	76
<i>30°-35°</i>	13223,	20
<i>>35°</i>	158	0

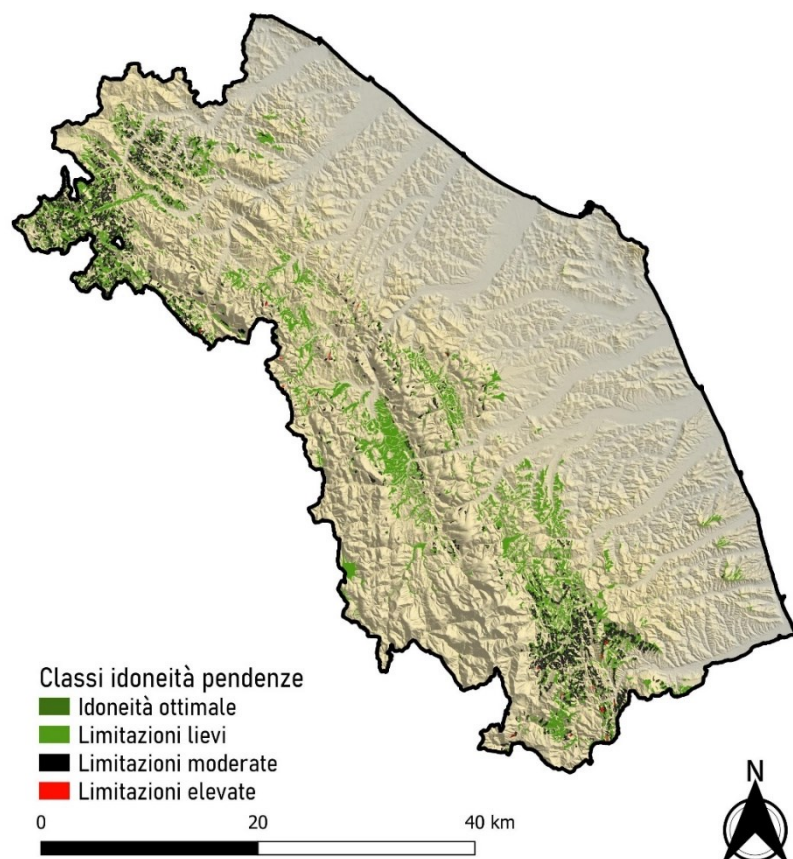


Figura 3.8. Classi di idoneità della pendenza

Idoneità geomorfologica – esposizione

Come per le pendenze, l'output dell'idoneità delle esposizioni è corrispondente ai territori sia con idonee proprietà geologiche ed altimetriche per il castagno (Figura 3.9). Le esposizioni a Nord Est e Nord Ovest occupano il 26% dei versanti idonei alla presenza del castagno nelle Marche con 34.498 ettari. Non sono state indagate altre esposizioni in quanto quelle utilizzate sono per il castagno un fattore ecologico determinante alle latitudini del

Centro Italia (Bounous et al., 2021), soprattutto nel contesto di innalzamento delle temperature sancito dal cambiamento climatico.

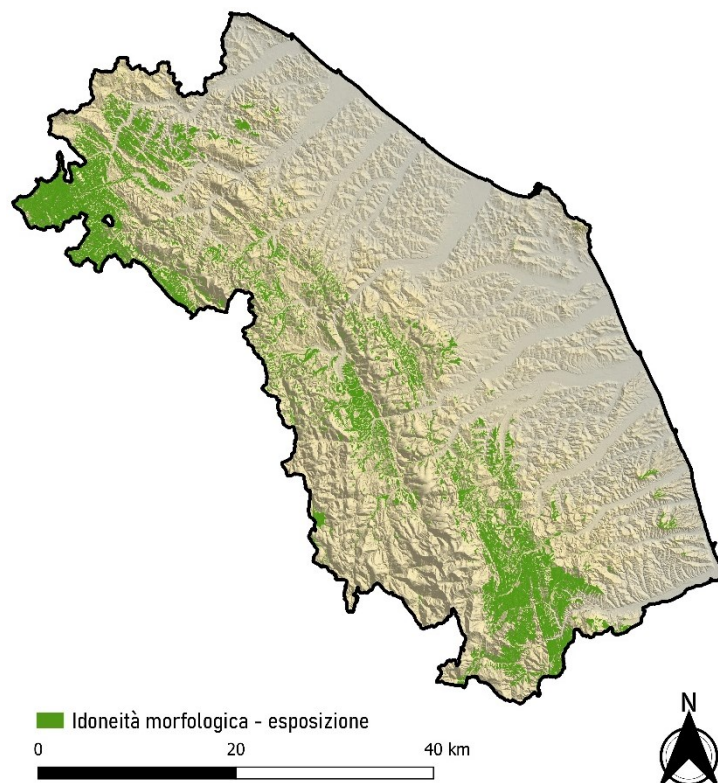


Figura 3.9. Indicatore di idoneità morfologica del territorio per l'esposizione a Nord-Ovest e Nord-Est. L'indicatore non include classi di idoneità interne.

Idoneità d'uso del suolo

L'indicatore d'uso del suolo è stato analizzato per tutta la superficie regionale compresa tra 300 e 1000 m s.l.m. (Figura 3.10.) soprattutto al fine di escludere l'urbanizzato e i corpi idrici delle Marche superfici indisponibili per la castanicoltura. Dei 411.612 ettari totali, l'89% rientra in categorie di uso del suolo idonee.

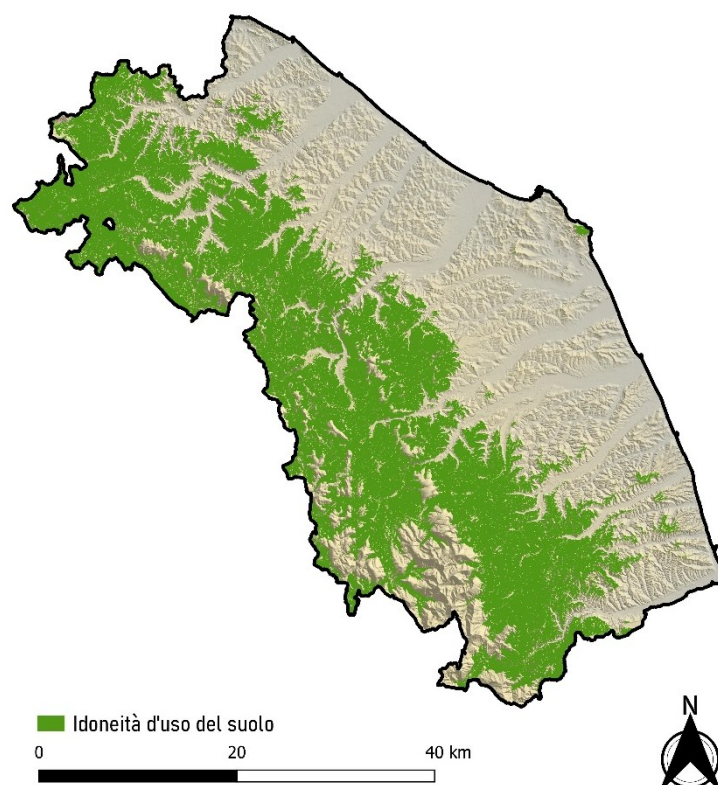


Figura 3.10. Indicatore di uso del suolo. Esclude le porzioni del territorio che alle quote adatte al castagno è occupato da urbano e corpi idrici.

3.2.2. Carta della vocazionalità per il castagno delle Marche

Dall'intersezione dei layer di idoneità analizzati, si ottiene la superficie con la migliore vocazionalità per la presenza del castagno e la migliore attitudine alla castanicoltura nelle Marche. Nella cartografia proposta in figura 3.11. tali superfici sono costituite da poligoni vettoriali superiori ai 2000 m²per in accordo con le definizioni di bosco, cui i castagneti si devono attenere, e da quelle proposte da alcune Regioni per perimetrare i castagneti da frutto e le dimensioni aziendali castanicole minime (Castellotti e Doria, 2016). Ciò consente anche di evitare di frammentare la visione della carta stessa tra poligoni di superficie insignificante, su cui una gestione attiva non sarebbe ipotizzabile.

La superficie complessiva riguarda 20.225 ettari. In tabella 3.5. è proposto il confronto con le diverse aree selezionate dai risultati degli output di idoneità per ogni indicatore geomorfologico. La collocazione delle aree ideali è principalmente nell'alto Piceno, dove influisce l'esclusione di pendenze maggiori ai 35 gradi che riduce la visualizzazione di altre possibilità di copertura a castagneto sul migliore substrato geologico regionale. Nelle province centrali, la maggior presenza di formazioni calcaree influisce sulle disponibilità

indicate dagli indicatori morfologici di pendenza e esposizione, mentre al Nord si potrebbe ritenere che le estensioni siano sovrastimate per quelle che sono le effettive possibilità per la castanicoltura, ciò dovuto all'attribuzione di idoneità alla formazione Marnoso Arenacea come substrato idoneo, seppur con limitazioni.

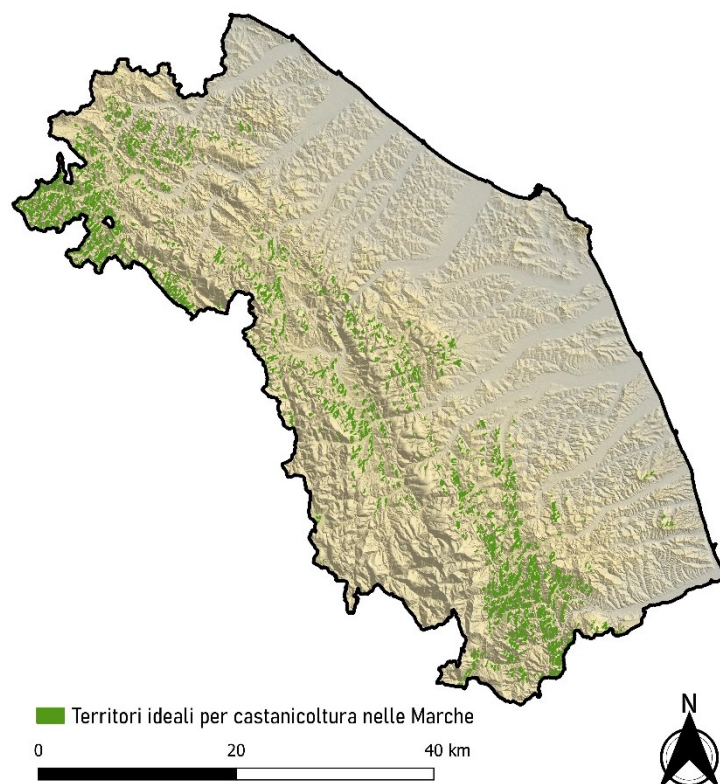


Figura 3.11. Carta della vocazionalità del castagno nelle Marche. I poligoni rappresentano superfici maggiori di 2000 m².

Tabella 3.5. Superficie con massima vocazionalità per il Castagno e sua % di riferimento rispetto a quella totale regionale e a quelle relative ai diversi fattori ecologico-territoriali analizzati.

Superficie con max vocazionalità Castagno		Ha	%
		20224,6	
Superfici di riferimento (ha)	Regione Marche	932561,6	2%
	Idoneità 300-1000 m	411612,6	5%
	Idoneità di uso del suolo	365709,6	6%
	Idoneità geologica	131609,9	15%
	Idoneità pendenze	65750,8	31%
	Idoneità esposizioni	34498,2	59%

I tre fattori geo-morfologici, substrato geologico, pendenza ed esposizione, sono quelli maggiormente limitanti la vocazionalità del castagno. L'interpretazione del confronto delle superfici idonee a livello territoriale per questi indicatori è coerente con quanto già discusso

in precedenza. Questo perché gli output intermedi del flusso di analisi che hanno riguardato i tre indicatori, sono stati concentrati sul DTM selezionato nell'intervallo delle quote mascherato dal layer delle formazioni geologiche ottimali e con limitazioni progressive.

L'unica interpretazione degna di nota è offerta dalla distribuzione delle superfici vocate nel dettaglio delle classi di idoneità geologica del territorio, come illustrato in figura 3.12. I territori complessivamente ritenuti ideali al castagno si distribuiscono sulle formazioni seguendo la stessa proporzione territoriale dell'indicatore tra formazioni geologiche ottimali, con limitazioni lievi, moderate e elevate.

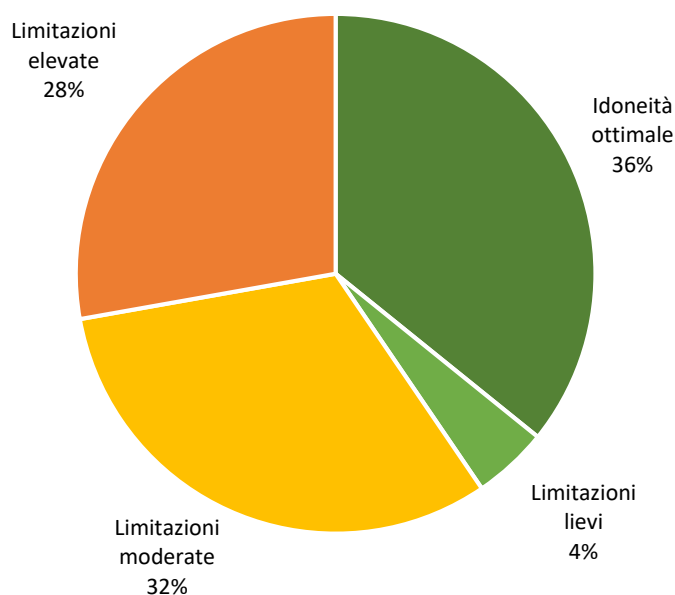


Figura 3.12. Ripartizione delle superfici ideali per il castagno nelle classi di idoneità geologica offerte dal territorio. Il 36%, (7.241 ha) ricade nelle formazioni ottimali.

Un confronto proposto in figura 3.2. delle superfici a castagno del 2001 con la carta della vocazionalità del castagno che verrà presentata successivamente, mostra una certa sovrapposizione tra le aree individuate dalle due carte. Si può apprezzare la coerenza di distribuzione regionale del castagno nel principale distretto castanicolo regionale ossia in provincia di Ascoli-Piceno. In verità anche piccole superfici del maceratese si sovrappongono parzialmente: questo perché, si vedrà in seguito, nell'indagine geologica sono state considerate litologie composite che potrebbero presentare qualche limitazione al castagno. Per lo stesso motivo la carta di vocazionalità sovrastima l'idoneità del castagno nel nord della regione.

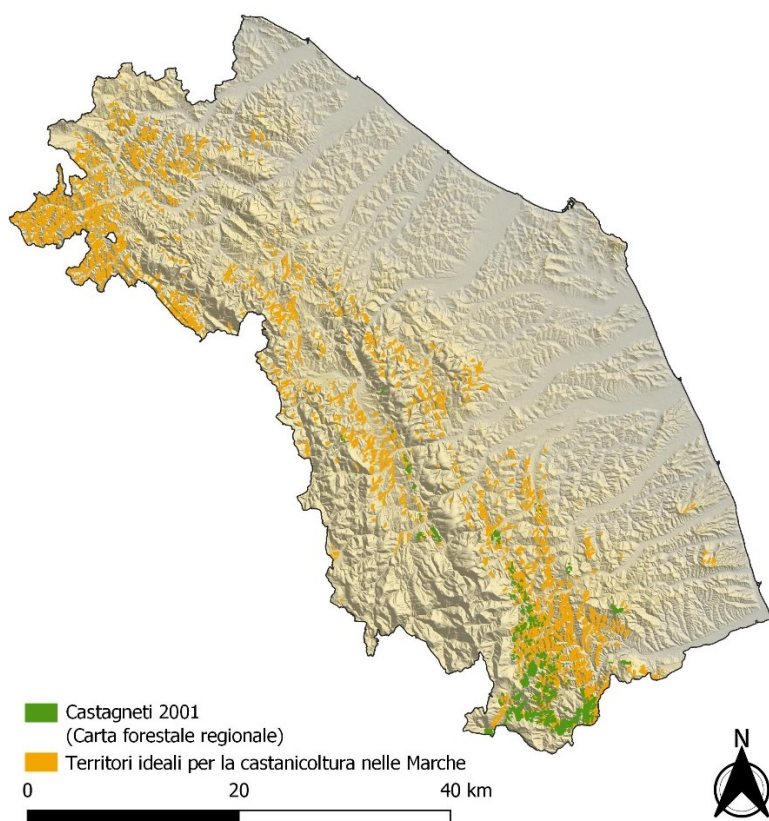


Figura 3.2. Sovrapposizione dei castagneti inventariati dalla Carta forestale regionale (2001) con i territori vocati alla specie secondo l'analisi di vocazionalità che segue.

3.3. I Castagneti in attualità di coltura delle Marche: stato vegetativo e fitosanitario

I risultati dell'analisi dei dati della Regione Marche relativi dal censimento del 2023, dimostrano che la superficie a castagneto da frutto in attualità di coltura ammonta a 823,3136 ettari, di cui 788,6758 (96%) ubicata nella sola Provincia di Ascoli Piceno (Figura 3.13.). Questi dati sono stati cartografati su base catastale, e i risultati dei confronti tra superfici illustrati di seguito riguardano le sole superfici effettivamente condotte a castagneto nelle particelle con relativa SAU - 819,2869 ettari - come rilevate dai professionisti che hanno redatto il censimento. Lo stato vegetativo a livello regionale può considerarsi nel complesso buono o sufficiente (Figura 3.14.). Solo in limitati territori e condizioni si sono rilevati ottime condizioni vegetative associate a presenza di fitopatie sporadica o assente. Analogamente condizioni vegetative degradate sono presenti in ben precisi ambiti territoriali, in stretta relazione con lo stato fitosanitario delle piante che va inevitabilmente a pregiudicare le loro condizioni vegetazionali. Le migliori condizioni vegetazionali sono state rilevate nel

territorio compreso tra i comuni di Montemonaco, Montegallo, Montefortino e Comunanza (risultati per comune in tabella 3.6.). In queste zone, a differenza della zona più a Sud relativa ai territori di Acquasanta Terme e Arquata del Tronto, l'incidenza delle fitopatie come il Cancro corticale e soprattutto Mal dell'inchiostro è molto meno evidente.

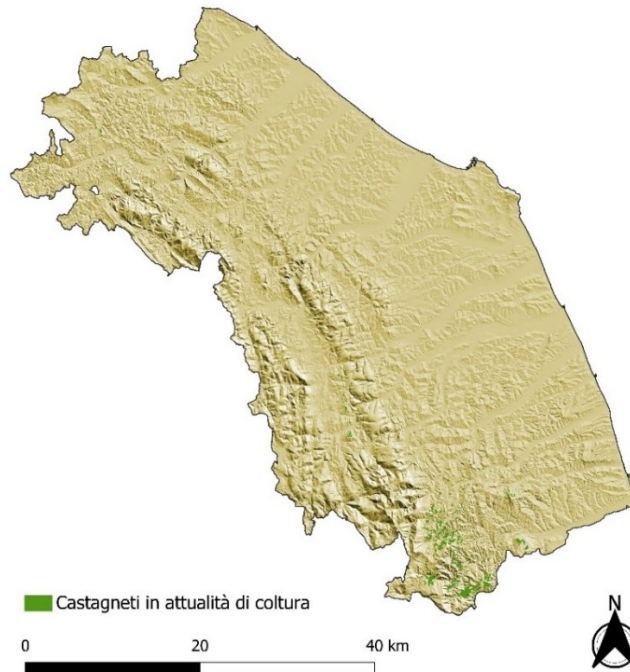


Figura 3.13 Distribuzione dei castagneti in attualità di coltura (dati Regione Marche, 2023)

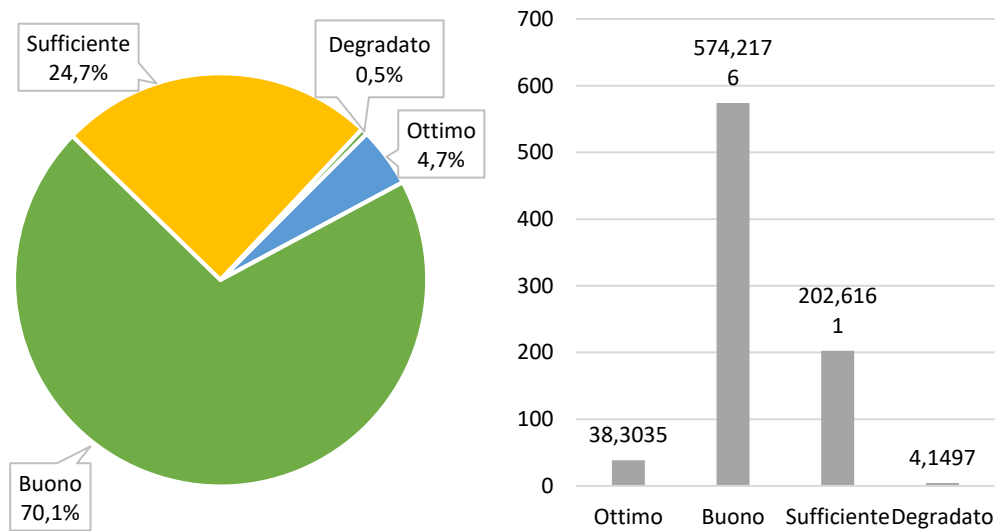


Figura 3.14 Ripartizione della superficie coltivata nelle classi di stato vegetativo.

Tabella 3.6. Superfici relative alle classi di stato vegetativo disaggregate per comuni rilevati.

Comune	Ha 2021	Ha 2015
Acquasanta Terme		
Ottimo	0,55	0,00
Buono	10,10	313,62
Sufficiente	1,11	48,91
Degradato	0,00	0,00
Amandola		
Ottimo	0,55	
Buono	0,89	
Sufficiente	0,00	
Degradato	0,00	
Arquata del Tronto		
Ottimo	0,96	0,00
Buono	2,40	47,88
Sufficiente	1,20	24,70
Degradato	0,00	0,00
Ascoli Piceno		
Ottimo	0,79	0,00
Buono	6,56	16,25
Sufficiente	0,00	43,23
Degradato	0,00	0,24
Camerino		
Ottimo	0,00	
Buono	1,35	
Sufficiente	1,23	
Degradato	0,15	
Castelraimondo		
Ottimo	0,00	
Buono	0,00	
Sufficiente	3,82	
Degradato	0,00	
Comunanza		
Ottimo	2,54	
Buono	19,36	
Sufficiente	5,73	
Degradato	0,00	
Fabriano		
Ottimo	0,00	
Buono	0,27	
Sufficiente	0,00	
Degradato	0,00	
Lunano		
Ottimo	0,00	
Buono	0,00	
Sufficiente	2,67	
Degradato	0,00	
Montefalcone		
Ottimo	0,00	
Buono	1,68	
Sufficiente	0,30	
Degradato	0,00	
Montefortino		
Ottimo	1,77	
Buono	4,71	
Sufficiente	0,60	
Degradato	0,00	
Montegallo		
Ottimo	11,18	
Buono	80,87	
Sufficiente	40,60	
Degradato	2,05	
Montemonaco		
Ottimo	18,73	
Buono	37,74	
Sufficiente	6,49	
Degradato	0,71	
Pievebovigliana		
Ottimo	0,00	
Buono	4,09	
Sufficiente	4,85	
Degradato	0,03	
Roccafluvione		
Ottimo	0,93	0,00
Buono	11,47	11,95
Sufficiente	3,25	5,98
Degradato	0,00	0,00
Rotella		
Ottimo	0,00	
Buono	2,27	
Sufficiente	3,82	
Degradato	0,47	
Serra Sant'Abbondio		
Ottimo	0,30	
Buono	0,00	
Sufficiente	0,00	
Degradato	0,50	
Urbino		
Ottimo	0,00	
Buono	0,76	
Sufficiente	4,12	
Degradato	0,00	

Tot	Ha
Ottimo	38,30
Buono	574,22
Sufficiente	202,62
Degradato	4,15

Per le patologie del Cancro corticale, Mal dell'inchiostro, Virosi e incidenza del cinipide, la diffusione a livello regionale è schematizzata nei grafici proposti nelle figure 3.15-18. Nei territori del fermano e ascolano l'incidenza del Cancro corticale e del Mal dell'inchiostro è

molto meno evidente che in altri contesti. Gli stati vegetativi degradati sono tutti pressoché riconducibili a castagneti da frutto fortemente attaccati da Cancro corticale che ne pregiudica la piena vigoria. L'incidenza del Mal dell'inchiostro risulta ridotta. La problematica legata al Cinipide può considerarsi superata, essendo censite solo alcune presenze nei territori tra i comuni di Montegallo e Roccafluvione. Le Virosi sono segnalate nel solo comune di Acquasanta Terme. Nella relazione generale viene indicata come minaccia anche la massiccia presenza di ungulati generalizzata su tutto il comprensorio regionale.

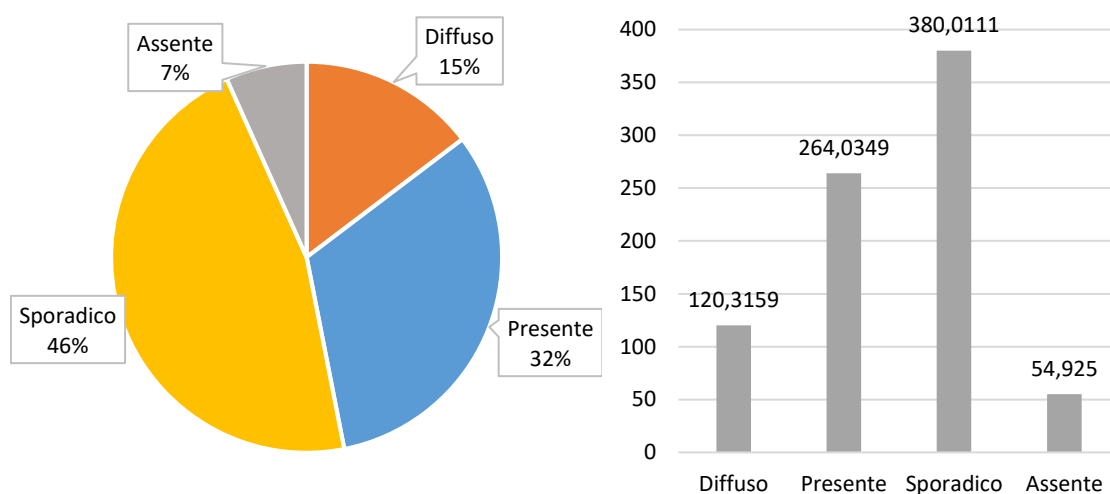


Figura 3.15. Ripartizione delle superfici coltivate nelle classi di incidenza del Cancro corticale.

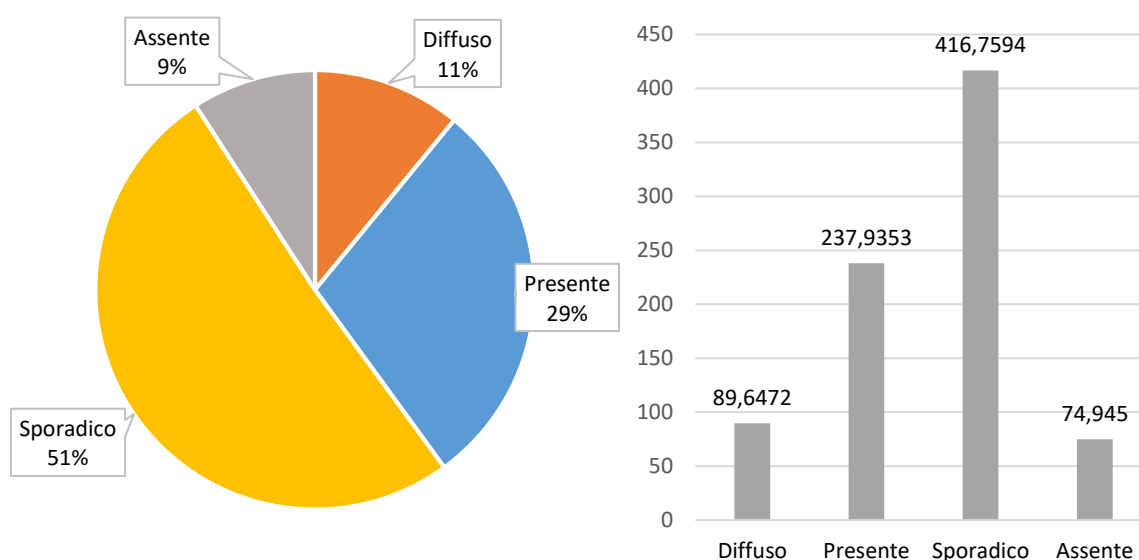


Figura 3.16. Ripartizione delle superfici coltivate nelle classi di incidenza del Mal dell'inchiostro.

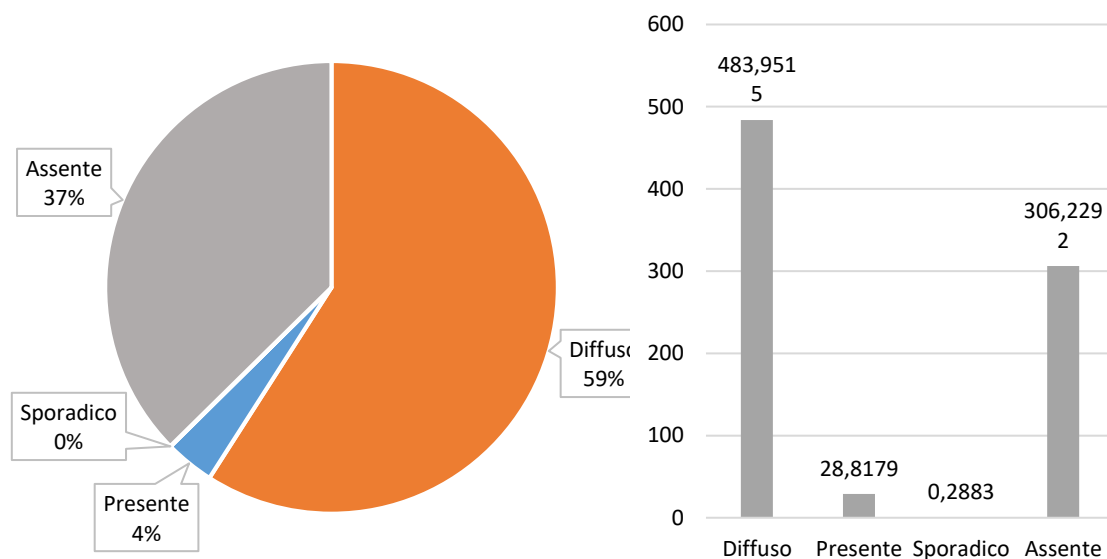


Figura 3.17. Ripartizione delle superfici coltivate nelle classi di incidenza del Cinipide galligeno.

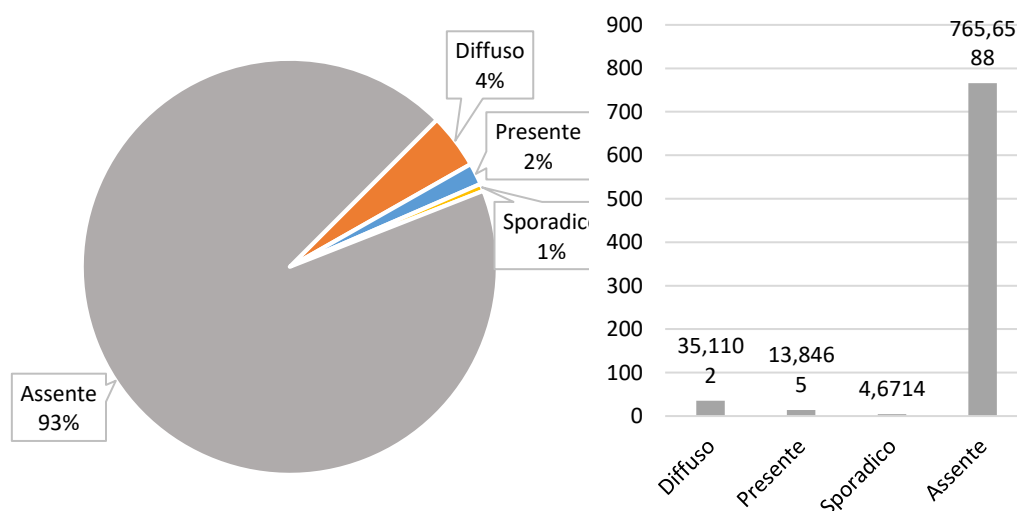


Figura 3.18. Ripartizione delle superfici coltivate nelle classi di incidenza delle Virosi.

Sovrapponendo le particelle oggetto del censimento come in figura 3.19, con i territori risultanti dall'analisi di vocazionalità del territorio regionale per il castagno, si può notare una certa corrispondenza. La distribuzione nelle aree più importanti della castanicoltura regionale riflette quella suggerita anche dalla carta, con la maggiore concentrazione in provincia di Ascoli-Piceno. Le sovrapposizioni che risultano parziali sono dovute all'esclusione dalla carta di territori con pendenze maggiori ai 35°, ma nella realtà non si può escludere da queste giaciture la presenza di castagneti tradizionali. Anche il vincolo delle esposizioni computate dalla carta - Nord-Est, Nord-Ovest - restringe il campo di effettiva adattabilità del castagno al territorio, soprattutto nelle aree a quote maggiori.

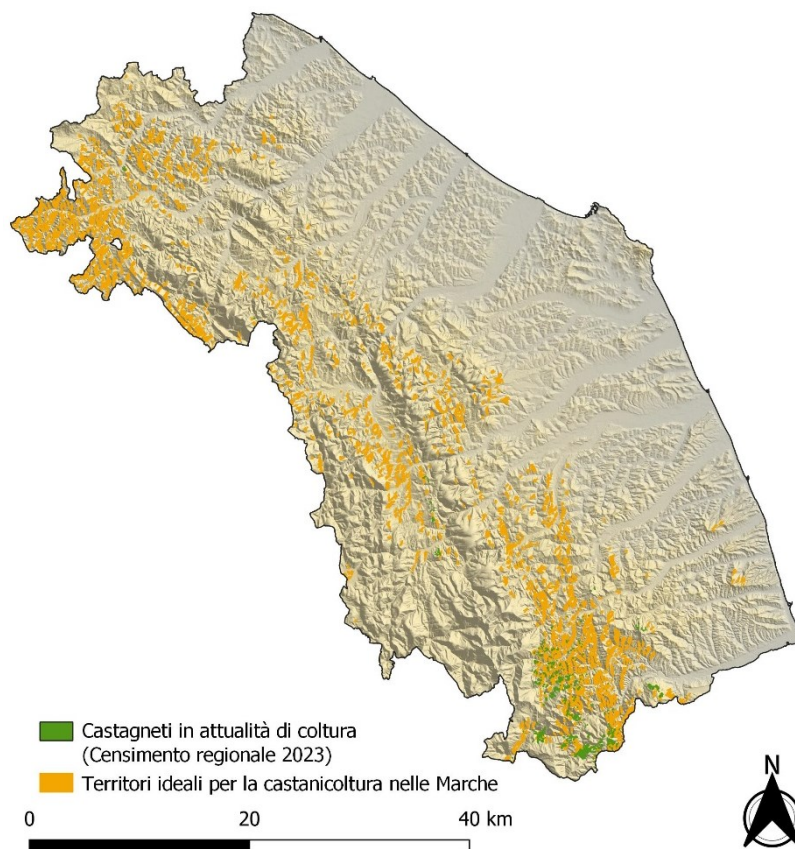


Figura 3.19. Sovrapposizione dei castagneti censiti in attualità di coltura, con i territori risultanti idonei dalla suitability analysis.

3.4. Caratteri dendrometrico-strutturali in castagneti

3.4.1. I castagneti di Mont'Ercole (RN), Val di Castro (AN) e Monte dell'Ascensione (AP)

I soprassuoli a castagneto campionati nelle Ads di Mont'Ercole (RN), Val di Castro (AN) Monte dell'Ascensione (AP) e Fonte Avellana sono localizzati in figura 3.20. I dati stazionali delle aree sono riportati in tabella 3.7 da cui si può sintetizzare che l'intervallo altimetrico occupato è compreso tra 760 e 900 m s.l.m., le esposizioni sono prevalentemente a Nord e le pendenze dei terreni sono comprese tra un minimo del 16% e un massimo del 54%.

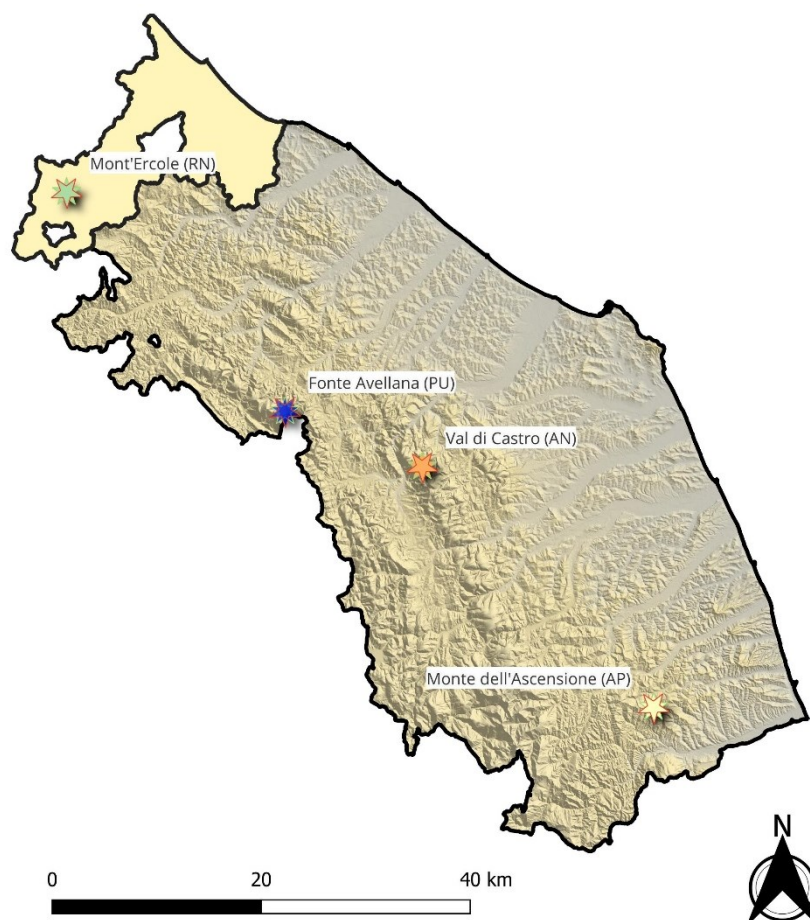


Figura 3.20. Localizzazione delle AdS dei castagneti.

Tabella 3.7. Dati stazionari delle Aree di saggio di Mont'Ercole (RN), Val di Castro (AN), Monte dell'Ascensione (AP) e Fonte Avellana (PU).

Area di saggio	Raggio	Quota	Esposizione	Pendenza
Ads1	15 m	736 m	Sud Ovest	15%
Mont'Ercole Ads2	20 m	816 m	Nord Ovest	4%
Ads3	15 m	916 m	Nord Ovest	7%
Ads1	20 m	750 m	Sud Est	60%
Val di Castro Ads2	20 m	820 m	Nord Ovest	50%
Ads3	15 m	770 m	Nord Ovest	55%
Ads1	15 m	911 m	Nord	15%
Monte dell'Ascensione Ads2	15 m	870 m	Nord Est	25%
Ads3	15 m	853 m	Est	35%
Fonte Avellana Ads1	5 m	735 m	Nord-Est	45%
Ads2	5 m	730 m	Nord-Est	45%

La densità delle piante di castagno nelle tre Ads, assume valori diversi come illustrato in figura 3.21., principalmente dovuti alla diversità di gestione. A Mont'Ercole i castagneti sono prevalentemente cedui, anche densamente matricinati e includono un relitto di selva castanile. In Val di Castro il castagno è prevalentemente partecipe di fustaie di faggio. A Monte dell'Ascensione si tratta di cedui invecchiati, oltre turno. Sui i valori di densità possono aver influito anche le condizioni di fertilità: nei siti più vocati di Monte dell'Ascensione, assume infatti valori maggiori, mentre i minori riguardano i soprassuoli calcarei di Val di Castro.

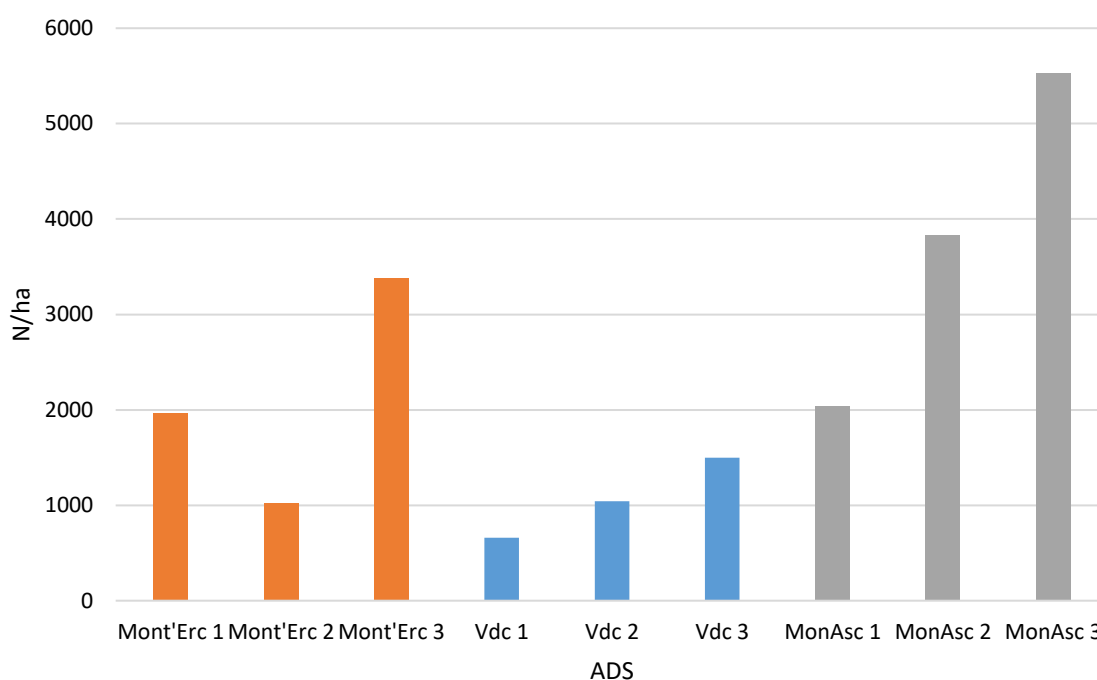


Figura 3.21 Sintesi della densità dei castagni nelle Ads di Mont'Ercole, Val di Castro e Monte dell'Ascensione

Dalla sintesi della composizione per le tre Ads, figura 3.22, emerge che la partecipazione della specie alla cenosi è eterogenea tra i siti. Sui rilievi di Mont'Ercole emerge in ogni area di saggio la netta dominanza del castagno, accompagnato da altre latifoglie tra cui il nocciolo che occupa una percentuale rilevante in due aree di saggio, mentre è il faggio in quella a quota più elevata (Figura 3.23; Fabbri, 2021). Il castagno ha una partecipazione minore come specie nei soprassuoli di Val di Castro in quanto prevalentemente sottoposta al piano dominato della fustaia di faggio (Figura 3.24; Braconi, 2021). I cedui oltre turno di Monte dell'Ascensione hanno lasciato entrare nei soprassuoli il maggior numero di specie come riportato in figura 3.25 (Spinelli, 2022).

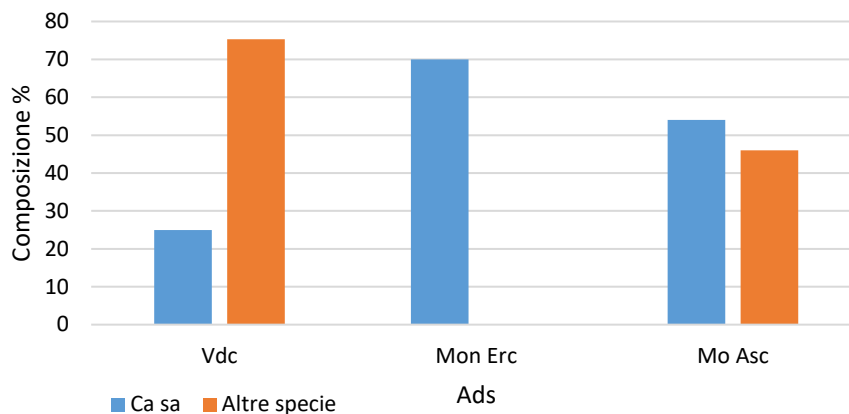


Figura 3.22. Figura 12. Sintesi della composizione floristica delle Ads di Val di Castro, Mont'Ercole e Monte dell'Ascensione

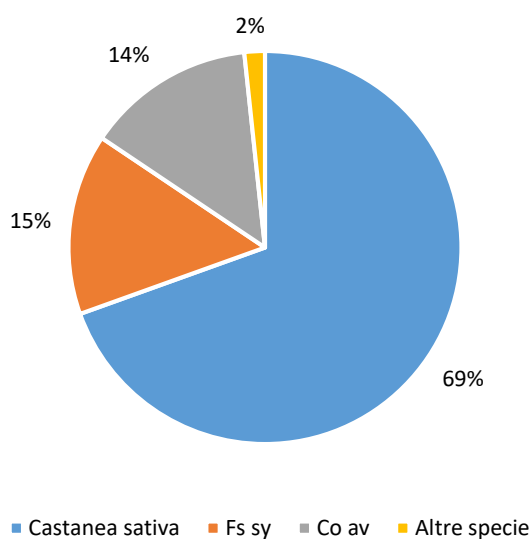


Figura 3.23. Sintesi della composizione floristica delle aree di saggio di Mont'Ercole. Fs sy: *Fagus sylvatica*; Co av: *Corylus avellana* (Fabbri,2021).

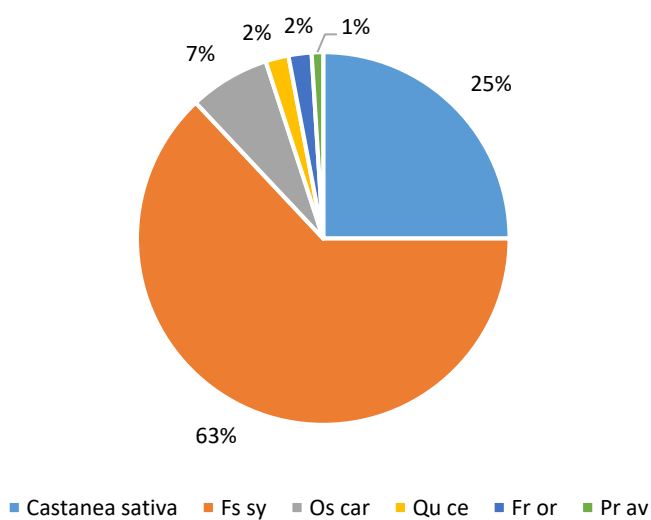


Figura 3.24. Sintesi della composizione floristica delle aree di saggio di Val di Castro. Fs sy: *Fagus sylvatica*; Os car: *Ostrya carpinifolia*; Qu ce: *Quercus cerris*; Fr or: *Fraxinus ornus*; Pr av: *Prunus avium* (Braconi,2021).

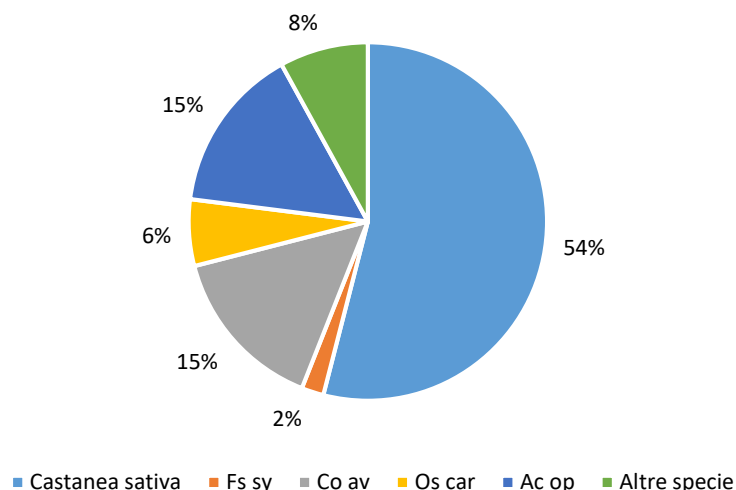


Figura 3.25. Sintesi della composizione floristica delle aree di saggio di Monte dell'Ascensione. Fs sy: *Fagus sylvatica*; Co av: *Corylus avellana*; Os car: *Ostrya carpinifolia*; Ac op: *Acer opalus*; Altre specie: orniello, ciliegio, acero opalo; roverella (Spinelli, 2022)

Tra i parametri dendrometrici analizzati per le sole piante di castagno, l'area basimetrica ad ettaro con valori maggiori riguarda i siti di Mont'Ercole e Monte dell'Ascensione, risulta strettamente collegata al maggior numero di piante della specie che derivano dalla gestione a ceduo. La terza area di Val di Castro offre risultati interessanti legati invece alla misura dei diametri (Figura3.26.).

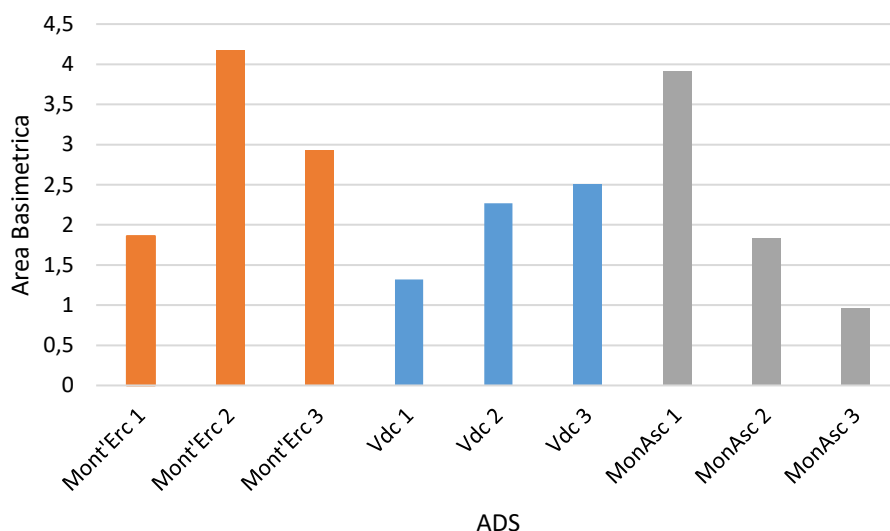


Figura 3.26. Sintesi delle misure di aree basimetrica dei castagni delle Ads.

Il diametro medio maggiore (Figura. 3.27) riguarda infatti le aree di Val di Castro. Sia per la prima che la terza area di saggio il diametro medio riguarda la classe diametrica dei 25 cm, mentre si assesta sulla classe dei 45 cm nella seconda. In questa area di saggio il castagno partecipa al piano dominante della fustaia transitoria di faggio, dimostrando di

avere un'origine gamica come le altre componenti secondarie del popolamento pluriplano, condizione che assieme ad altri fattori del sito gli ha permesso di raggiungere diametri maggiori. (Braconi, 2021). Diametri contenuti alla classe diametrica dei 10 cm riguardano invece i castagneti di Mont'Ercole. Si tratta infatti di cedui di castagno densi, alcuni fortemente matricinati che lasciano intravedere l'intenzione di conversione ad alto fusto, e cedui in vecchie selve castanili (Fabbri, 2021). Più eterogenea l'interpretazione per i cedui fuori turno di Monte dell'Ascensione in cui gli accrescimenti dipendono ormai dalla libera evoluzione (Spinelli, 2022).

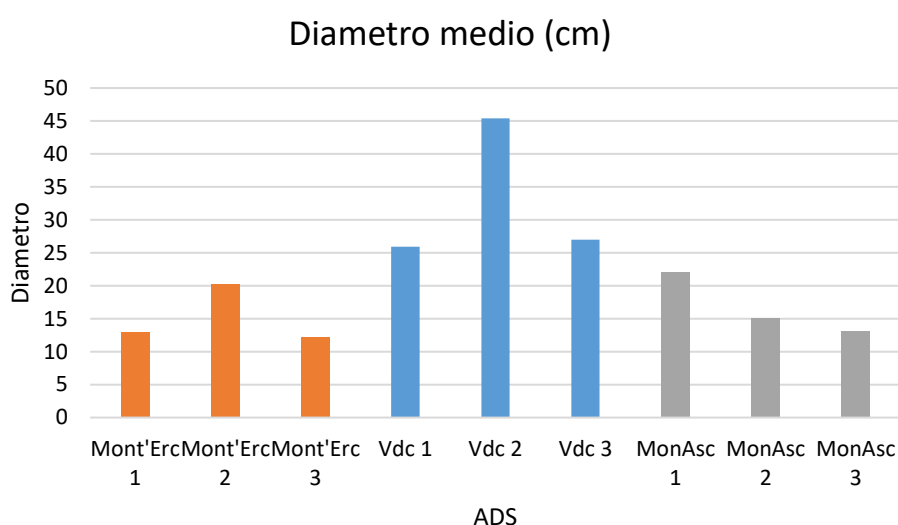


Figura 3.27. Sintesi delle misure di diametro medio dei castagni delle Ads.

Le misure delle altezze medie offrono un quadro più omogeneo, con quelle minime di 12,3 m misurate per i cedui delle aree di saggio di Mont'Ercole (Figura. 3.28). In quest'area la densità di gestione del ceduo in combinazione con la fertilità dei soprassuoli può aver limitato lo sviluppo in altezza dei polloni (Fabbri, 2021). Invece le altezze massime si registrano per la prima ads di Val di Castro con 20,3 m. In quest'area infatti la componente del castagno partecipa al piano dominante della fustaia di faggio come fustaia transitoria.

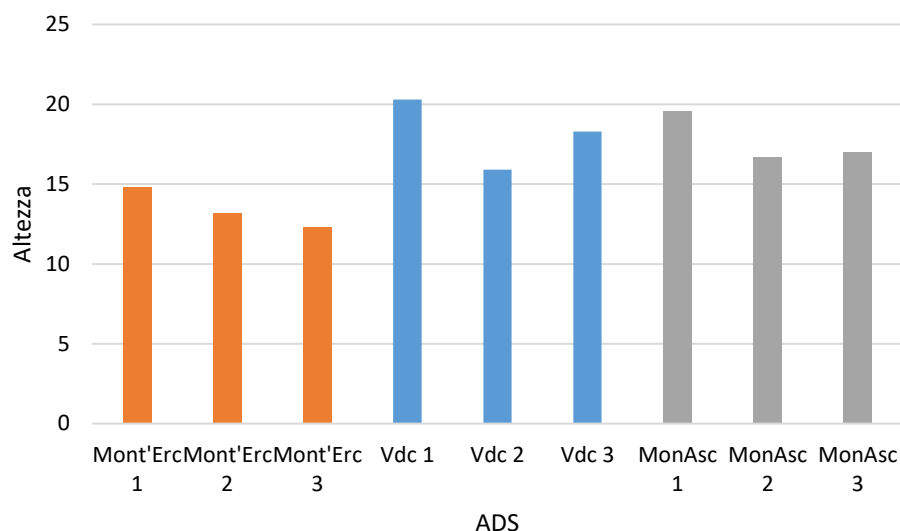


Figura 3.28. Sintesi delle misure di altezza media dei castagni delle Ads.

3.4.2. Il castagneto di Fonte Avellana (PU)

Il castagneto appartiene ai monaci dell'Eremo di Fonte Avellana nel comune di Serra Sant'Abbondio (Figura 3.29) ed ha una superficie molto ridotta (< 2 ha). L'area è ubicata ad una quota compresa fra 730 e 735 m s.l.m. esposta a Nord-Est su un versante con il 45% di pendenza media. Il castagneto è raggiungibile agevolmente tramite una via sterrata carreggiabile a poco più di 300 metri dall'ingresso del Monastero. L'accesso è possibile da un sentiero che circonda il castagneto delimitandolo da altre porzioni di bosco - ceduo matricinato da poco utilizzato - e inizia con due inviti sterrati visibili dalla strada principale sottostante. Lo stato del castagneto evidenzia segni di incuria a seguito di un ultimo intervento di ripulitura del sottobosco e potatura di branche degli individui dominanti. La possibilità di fruizione del piccolo castagneto oggi è ostacolata dalla rinnovazione agamica e nella chiarie dai rovi, ma la sua esplorazione interna è garantita sul 100% del soprassuolo. Segno di una precedente attenzione alla funzione ricreativa e magari all'interesse per la raccolta, è la presenza di uno steccato ormai instabile e pericolante attorno alla pianta di castagno di maggior diametro e di cui il carotaggio con succhiello di Pressler ha determinato un'età di 134 anni (Figura 3.30).

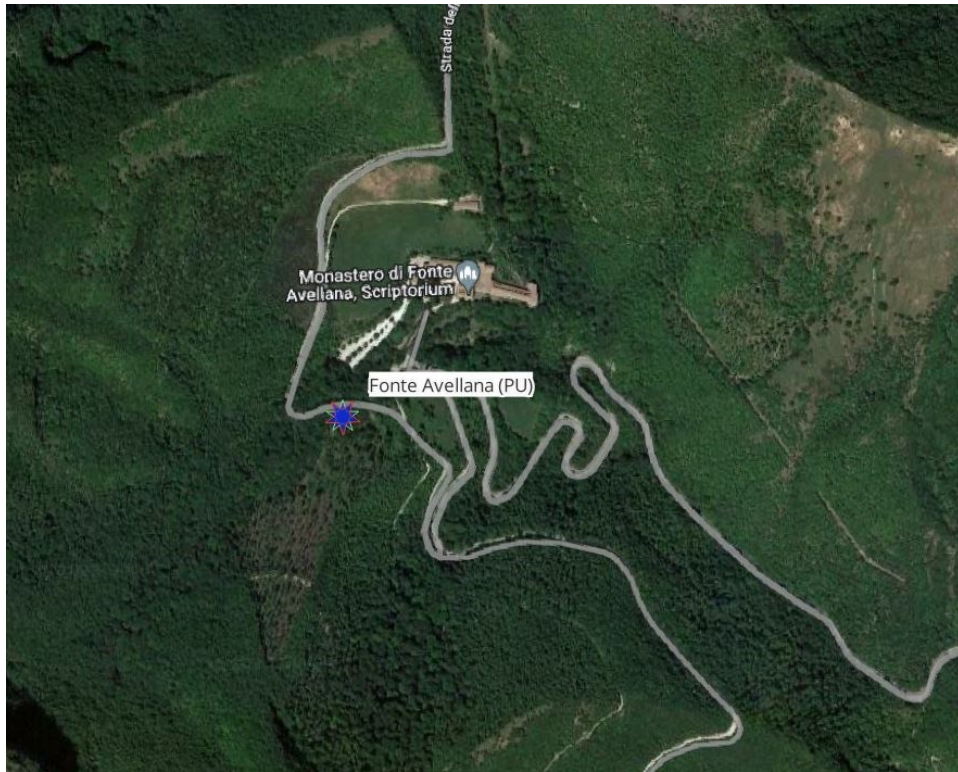


Figura 3.29. Località dell'Ads del castagneto di Fonte Avellana.



Figura 3.30 Il castagno di 134 anni.

I dati delle due aree di saggio, nonostante le loro piccole dimensioni dovute alla particolare forma allungata del castagneto, permettono sostanzialmente di apprezzare

l'assetto compositivo e strutturale delle specie legnose che costituiscono il piano intermedio/dominato (Figg. 3.31 e 3.32).

Si apprezza complessivamente una struttura irregolare (a tratti coetaniforme e a tratti disetaneiforme) caratterizzata dal castagno nel piano dominante e da altre specie (faggio, acero a foglie ottuse e carpino nero) nei piani sottoposti.

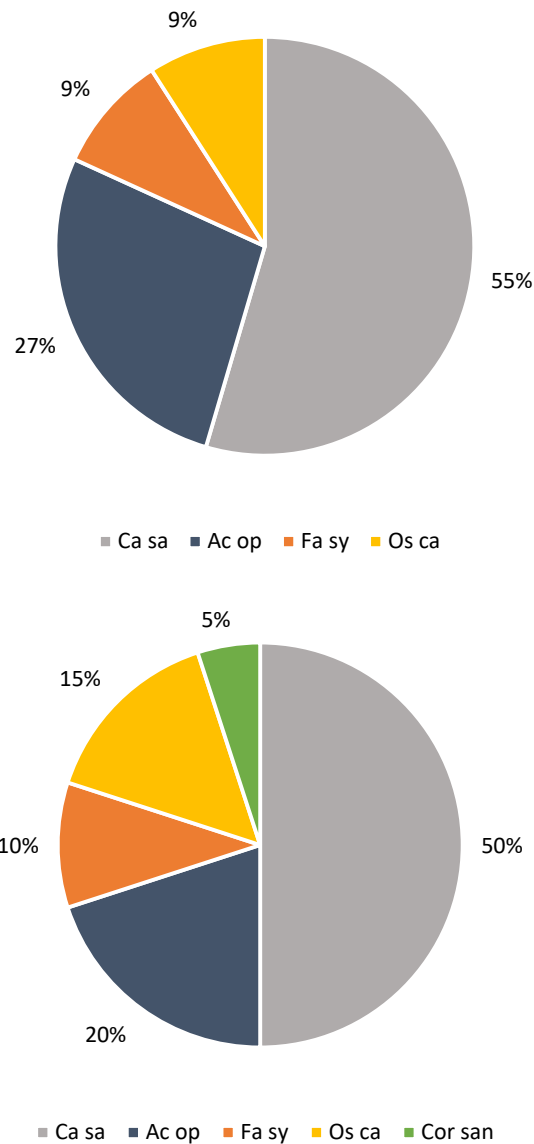


Figura 3.31 Composizione floristica delle due aree di saggio nel castagneto di Fonte Avellana. Ca sa: *Castanea sativa*; Ac op: *Acer opalus*; Fa sy: *Fagus sylvatica*; Os ca: *Ostrya carpinifolia*; Cor san: *Cornus sanguinea*

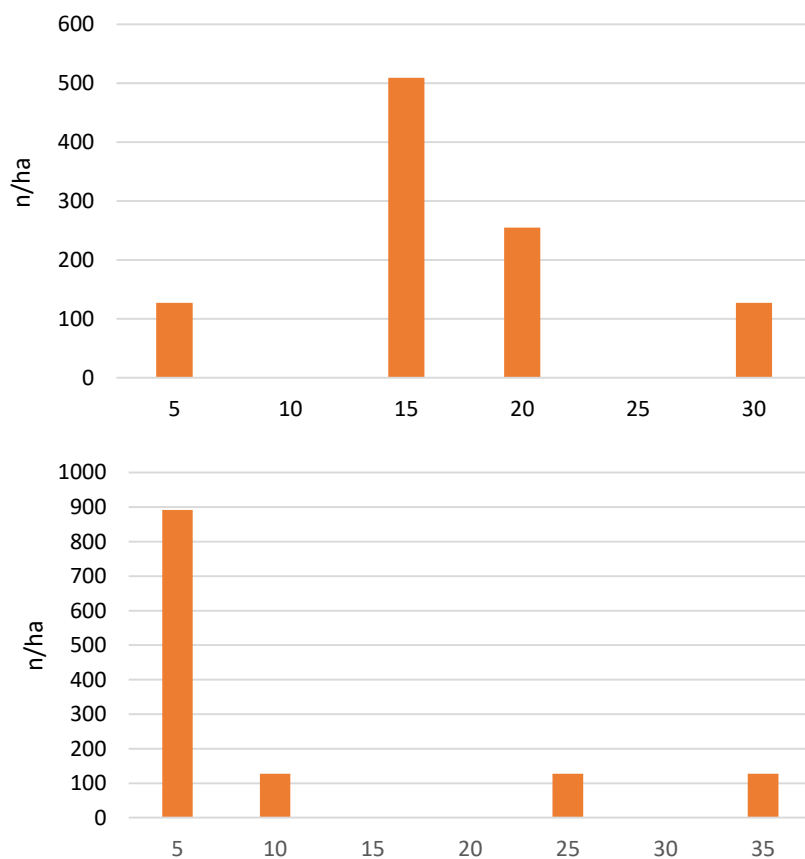


Figura 3.32 Distribuzione per classi diametrica dei soli individui di castagno nelle aree di saggio di Fonte Avellana.

I dati registrati per il censimento sono riportati in tabella 3.11. Il censimento ha riguardato 32 piante presenti con diametro maggiore di 15 cm, di cui si riporta la distribuzione diametrica (Figura 3.33.). Due di esse sono risultate morte in piedi (*snag*). Su quattro piante è evidente il cercine corrispondente al callo cicatriziale d'innesto all'altezza di circa 1,8 m da terra (Figura 3.34.). Solo due individui sono policormici evidenziando la propria origine agamica, mentre la maggioranza è costituita da piante di origine gamica, probabilmente selvatiche e non innestate, che conferiscono alla cenosi una struttura a fustaia che occupa il piano dominante. Solo in prossimità di quelle innestate è possibile ipotizzare l'esistenza di un sesto d'impianto originario.

Tabella 3.11. Dati inventariati per il censimento dei castagni con diametro maggiore di 15 cm. Il coefficiente di forma f utilizzato per il calcolo del volume è 0,8.

N censite	Note	Patologie	DBH	g unit	H	V unit
1		cancro fusto	44,00	0,15	11,1	1,35
2			60,51	0,29	15,8	3,63
3	snag		28,00	0,06	9,1	0,45
4	snag		30,00	0,07	9	0,51
5			72,93	0,42	14,6	4,88
6			62,10	0,30	15	3,63
7			44,59	0,16	14,6	1,82
8	agamica		21,50	0,04	12,1	0,35
9			46,00	0,17	14,1	1,87
10			37,00	0,11	13,8	1,19
11			46,82	0,17	12,8	1,76
12			51,91	0,21	9,7	1,64
13			54,46	0,23	9	1,68
14			52,55	0,22	11	1,91
15		cacro branche	68,47	0,37	11,4	3,36
16			60,51	0,29	12,3	2,83
17	agamica	cancro fusto	23,00	0,04	12	0,40
18		cancro branche	46,00	0,17	13,2	1,75
19			19,50	0,03	9,5	0,23
20			30,00	0,07	20,6	1,16
21		cancro fusto	24,00	0,05	13,5	0,49
22			39,00	0,12	13,5	1,29
23			28,00	0,06	11,4	0,56
24			35,00	0,10	6,2	0,48
25		cancro fusto	34,00	0,09	15	1,09
26	agamica	cancro branche	69,75	0,38	8,7	2,66
27	innestato	cancro branche	84,08	0,55	10,4	4,62
28	innestato	Phytophthora	75,48	0,45	11,8	4,22
29	innestato	Phytophthora	73,89	0,43	12	4,11
30	innestato	Phytophthora	64,65	0,33	15,3	4,02
31		Phytophthora	98,73	0,77	12,5	7,65
32		Phytophthora	107,32	0,90	15,6	11,28

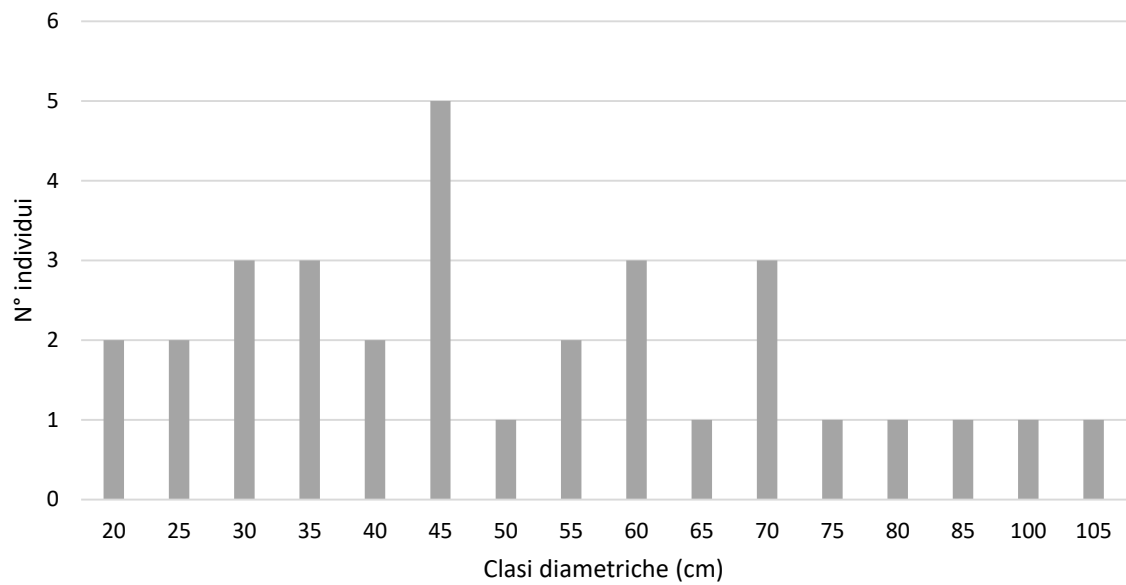


Figura 3.33 Distribuzione diametrica delle 32 piante di castagno censite a Fonte Avellana.



Figura 3.34. Callo d'innesto è evidenza di una passata coltivazione produttiva.

3.4.3. Stato fitosanitario dei quattro castagneti in abbandono culturale

In tutte e quattro le aree di studio è stata registrata la presenza di fitopatie tipiche del castagno (Tab 3.12). L'incidenza maggiore è dovuta al cancro corticale. In ogni area di saggio è stato monitorato su quante piante si presentasse e se a carico di fusto o branche. Sebbene molto diffuso, si manifesta ormai prevalente come ceppo ipovirulento rispetto a quello letale. A Fonte Avellana è stata registrata unicamente la presenza del ceppo ipovirulento, non su polloni o matricine selvatici, ma solo sui castagni più grandi (>15 cm diametro) oggetto del censimento. Non è stata registrata l'incidenza di mal dell'inchiostro per nessuna area di studio se non nel censimento di Fonte Avellana dove il patogeno ha attaccato 5 piante su 32 - incidenza del 16% - con sintomi evidenti soprattutto sui fusti delle piante più vecchie (Figura 3.35).

Tabella 3.12. Sintesi dei dati fitosanitari per le aree di Mon'Ercole (Fabbri, 2021) Val di Castro (Braconi, 2021) e Monte dell'Ascensione (Spinelli 2022) e Fonte Avellana¹.

	N° polloni con cancro ipovirulento	N° polloni con cancro letale	N° matricine con cancro ipovirulento	N° matricine con cancro letale
Mont'Ercole	22%	5%	67%	0%
Val di Castro	31%	20%	66%	6%
Monte dell'Ascensione	31%	0%	22%	10%
Fonte Avellana	/	/	25%	/

¹ l'incidenza ha riguardato fusti di origine gamica nel contesto di una fustaia e si riporta anche l'incidenza del 16% di mal dell'inchiostro.



Figura 3.35. Sintomi del mal dell'inchiostro registrati sul castagno di 134 anni.

4. CONSIDERAZIONI SUL RECUPERO DI CASTAGNETI IN ABBANDONO CULTURALE

4.1. Minacce dovute all'invasione di *Robinia pseudoacacia*

. La facilità con cui altre specie si inseriscono nei castagneti abbandonati, modificandone la composizione floristica, evidenzia alcuni aspetti del destino post-culturale orientato a condizioni di rinaturalizzazione del sistema ed alla sua trasformazione a specie secondaria o sporadica. (Mariotti et al., 2019).

L'impatto del subentro di altre specie può far presagire prospettive di difficile recupero qualora esse abbiano un carattere di forte invasività. È il caso dei boschi cedui di castagno invasi da *Robinia pseudoacacia* studiati in un recente studio nei colli Euganei, Montello e colli Berici (Campagnaro et al, 2023). sono stati messi a confronto 25 appezzamenti di 100 m² di boschi cedui di castagno gestiti e altrettanti di cedui di castagno fuori turno, abbandonati, invasi dalla robinia. Sono stati messi a confronto i dati strutturali dei popolamenti dei due tipi di gestione, la composizione floristica con specie secondarie, alcune proprietà fisiche del suolo - contenuto di umidità e resistenza al taglio e penetrazione - e la presenza di archeobatteri nel suolo responsabili dell'ossidazione dell'ammoniaca nel ciclo dell'azoto. I campioni sono stati presi equamente tra cedui a regime di castagno e di robinia e in quelli oltre turno per saggiare l'influenza indotta dalla specie dominante invece che dal tipo di gestione. La composizione è stata valutata tramite analisi fitosociologica, le proprietà fisiche del suolo e la conta microbica dall'analisi di tre campioni per ogni area. Il rilievo dendrometrico ha registrato le altezze e i diametri di tutte le piante maggiori di 5 cm, effettuato tre carotaggi per area, e misurati diametri e altezze delle piante morte presenti. I risultati evidenziano che non c'è differenza nelle proprietà fisiche del suolo, che si pensavano eventualmente inducibili dalla meccanizzazione degli interventi di taglio che non si verificano per i cedui abbandonati. La composizione specifica non ha riportato differenze significative tra le gestioni quanto tra i cedui di robinia che hanno dimostrato accoglierne di più. Tuttavia, alcune specie sono maggiormente legate al castagno che alla robinia anche nei cedui invecchiati, quindi il castagno è portatore di una biodiversità caratteristica. I risultati non sono molto in linea con altre ricerche, e si ritiene che possano aver influito fattori stazionali locali. La struttura dei popolamenti non ha riportato differenze tra cedui gestiti delle due specie, mentre nei cedui oltre turno di castagno il diametro e il numero di fusti del legno morto sono risultati maggiori. La presenza di batteri nei cedui di castagno è risultata minore che in quelli di robinia mentre la gestione attiva o abbandonata per questo parametro

non hanno rivelato differenze. Il risultato è in linea con le aspettative: in un bosco dominato da una leguminosa fissatrice di azoto era conseguenziale aspettarsi una variazione di questi batteri che influiscono sulle prime fasi della nitrificazione, dove l'azoto è proprio secreto dalle radici nella forma assimilabile da questi batteri. E infatti la loro presenza era superiore.

In conclusione, se l'abbandono colturale del castagno è minacciato dall'invasione di robinia, si mette a rischio la biodiversità vegetale peculiare del castagno; anche le sue caratteristiche di struttura forestale gestita hanno il potenziale per essere importanti per molte specie diverse, mentre la robinia che invade i castagneti modifica la diversità e la composizione delle piante così come i processi del suolo.

4.2. Miglioramento dell'attività microbica del suolo nel recupero colturale

Uno studio sul castagneto sperimentale del Granaglione in Emilia-Romagna, suggerisce che il recupero delle attività colturali anche dei castagneti da frutto non solo non inficia le proprietà chimiche del suolo, ma favorisce anche l'attività della biomassa microbica (De Feudis et al., 2020). Poiché il suolo è una componente fondamentale della foresta le sue proprietà dipendono dai sistemi di gestione forestale, che lo influenzano. Ad esempio, le utilizzazioni forestali riducono la quantità di macronutrienti al suolo come azoto, fosforo, potassio calcio e magnesio ma non influisce sul carbonio organico. Lo scopo dello studio è stato quello di dare un'idea degli effetti della conversione da castagneto non gestito a castagneto gestito sulle proprietà del suolo, cercando anche di identificare il miglior metodo di gestione dei castagneti per mantenere o migliorare la qualità del suolo durante il recupero colturale.

Sono state comprese quattro aree di studio, tre delle quali recuperate dall'abbandono nel 2004: la prima è un castagneto abbandonato disetaneo con individui fino a 200 anni di età, che presentava ormai una variegata composizione floristica e una densità di 270 piante/ha; un castagneto gestito per la produzione di legno con 151 piante/ha - la diversa gestione analizzata con quella da frutto mira a sondare eventuali condizioni di vantaggio che l'una o l'altra possono apportare al suolo; un castagneto da frutto a densità tradizionale di 98 piante/ha e un castagneto da frutto con alta densità di piante, 120 piante/ha.

Viene sottolineato un aspetto gestionale, ossia che nei tre castagneti recuperati, la biomassa intercalare oggetto del recupero è stata triturrata e lasciata sul terreno, così come avvenuto per le potature dei due castagneti da frutto a densità standard ed elevata. Le operazioni sono state possibili anche grazie alle condizioni di pendenza favorevoli: solo del

18% quelle massime. Per ogni area sono stati presi tre campioni di suolo e analizzati i parametri relativi alle sue proprietà tessiturali, strutturali, la capacità di scambio cationico, la reazione, il contenuto di macroelementi, carbonio organico, calcio, sodio, ferro, zolfo, manganese, e la biomassa microbica.

I risultati hanno mostrato che non c'erano differenze tra il castagneto abbandonato e quelli recuperati né per il contenuto totale di carbonio organico, né per quelli di fosforo e azoto totale ma solo per le frazioni disponibili. Tuttavia, anche per la concentrazione nei diversi orizzonti degli altri elementi, i suoli si sono dimostrati simili, a dimostrazione che la maggior biomassa fuori terra del castagneto abbandonato e di quello produttivo da legno, non hanno influito sul contenuto di carbonio organico rispetto a quanto riscontrato nei castagneti da frutto.

Per la massa microbica si è rivelata maggiore nell'orizzonte A del castagneto da frutto recuperato con densità tradizionale - doppia rispetto agli altri. La respirazione microbica è stata differente solo nell'orizzonte BC, dove era più alta sempre per il castagneto da frutto recuperato con densità tradizionale di piante.

Lo studio ha potuto fornire una visione dell'impatto che hanno le diverse gestioni sul recupero dei castagneti da frutto in condizioni stazionali e pedologiche molto simili e ravvicinate tra le quattro aree di saggio, di cui quelle recuperate avviate al ripristino contemporaneamente nel 2004, e quindi non fuorviate da altri fattori incidenti. Di tutti gli aspetti che coinvolgono il recupero dei castagneti è stato constatato che l'influenza maggiore, positiva, è sulle proprietà biologiche più che su quelle chimiche.

4.3. Resistenza dei cedui alla brucatura degli ungulati selvatici

La fauna selvatica rappresenta un termine sempre più presente nell'esercizio delle attività colturali nei sistemi agroforestali, e non solo. Per i castagneti sia nel sito di Val di Castro (Braconi, 2021) che in quello del Monte dell'Ascensione (Spinelli, 2022), come per diverse aree occupate da castagneti in attualità di coltura (Regione Marche, 2023), vengono rilevati danni al suolo ad opera di fauna selvatica, che possono facilitare la trasmissione di patogeni della specie mediante il suolo. Per i castagneti cedui si pone però anche il problema della brucatura dei germogli, e la questione diventa rilevante nei siti in cui la forma di recupero gestionale del castagneto sia proprio orientata alla ceduzione. Tuttavia uno studio condotto su undici anni di osservazione delle esplorazioni di ungulati in siti di rinnovamento di cedui,

lascia intuire che i castagneti possano resistere alla brucatura nel breve medio periodo (Bottero et al., 2022). I principali problemi causati dall'esplorazione della rinnovazione dei cedui da parte degli ungulati selvatici possono determinare una riduzione e un ritardo della crescita dei polloni, causare la morte di plantule, polloni e radici fini e alterare i rapporti intraspecifici all'interno dei popolamenti forestali. Se protratta nel tempo la brucatura può alterare la struttura della foresta fino a ridurne la sua stabilità ecologica.

Lo studio ha riguardato due aspetti principali: quanto la brucatura si concentrasse nei primi due anni dopo la ceduzione per le specie più appetite; quale effetto comportasse successivamente negli anni più distanti dalla ceduzione. Questo aspetto è stato valutato escludendo l'accesso alla fauna recintando le aree. L'area di studio si trova in Val Bormida dove la superficie forestale copre l'80% del territorio, ed è stato monitorato l'impatto di *Capreolus capreolus* su boschi composti prevalentemente da faggio, e frassino nei siti più freschi, roverella e orniello nelle condizioni più xeriche. La concentrazione di caprioli è di 25 animali per ettaro. Le due aree di studio scelte sono ampie un ettaro son costituite un ceduo di castagno e uno di roverella mista a orniello, con simili valori di altezza diametro e area basimetrica dei polloni. Nel 2002 sono state ceduate delimitandole ciascuna in due settori di 500 m². In ciascun trattamento di esplorazione sono stati raccolti ripetutamente dati relativi a danni ai germogli e esplorazioni durante e alla fine della stagione di crescita dal 2003 al 2013. È stato utilizzato un indice di intensità delle esplorazioni per valutare il danno da navigazione in ciascun appezzamento non recintato. L'indice identifica la classe di danno medio per ciascuna specie censita nell'area. Per confrontare la crescita e il numero di germogli da appezzamenti recintati e non recintati con diverse altezze iniziali, diametri e numero di germogli per pollone, è stato calcolato un indice di variazione relativa (RC). Per confrontare l'effetto della brucatura tra castagni e roverelle e ornielli, le specie sono state classificate come "preferite" e "secondarie" in base all'intensità di brucatura subita.

Dai risultati emerge che la roverella è più appetita, e che in entrambi i siti maggiori danni a carico dei polloni sono riscontrabili nei primi due anni successivi al taglio di ceduzione. Nel medio periodo, dopo 5 anni il danno sui germogli si è abbassato al 25% e dopo otto anni solo al 10%. La resistenza agli attacchi iniziali determina la sopravvivenza delle piante, ma anche altri fattori andrebbero considerati nella stima dell'intensità di brucatura da parte degli ungulati: oltre alla preferenza di specie, che pone il castagno in posizione sfortunata, il comportamento degli animali è dovuta alla loro densità per ettaro e dalla disponibilità di fonti alimentari alternative, oltre che dalla composizione delle tessere del paesaggio che

sarebbe meglio alternassero spazi aperti a spazi coperti da selve nei cui margini la fauna selvatica e i caprioli sviluppano parte delle proprie funzioni sociali (Maltoni et al., 2022).

4.4. Interventi culturali consentiti dalle PMPF regionali. Indirizzi di recupero dei quattro casi studio

I riferimenti offerti dalla letteratura suggeriscono quali accortezze adoperare per condurre un ripristino con effetti favorevoli e sfavorevoli anche su altri aspetti dell'ecosistema del castagno. All'atto pratico, il recupero dei castagneti deve innanzitutto confrontarsi con la normativa regionale che disciplina gli interventi forestali. Gli interventi culturali esercitabili sui castagneti da legno e da frutto sono regolamentati secondo una codifica normativa che lega il castagneto alla legislazione forestale. Il capo V delle Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale regionali inquadra gli interventi culturali ammessi sui castagneti riportandoli in tre classi diverse: castagneti da frutto in attualità di coltura, castagneti da frutto coltivati ma non in attualità di coltura e castagneti abbandonati. Gli interventi culturali consentiti discendono nelle tre tipologie escludendo alcune pratiche ammesse per i castagneti da frutto in attualità di coltura per le ultime tipologie assoggettate all'ambito dei sistemi forestali. Dei quattro casi studio, per orientarsi ad una gestione di recupero, può essere utile combinare le possibilità offerte dalle PMPF e la destinazione che può assumere il soprassuolo recuperato, ossia produttiva - legno o frutto -, ricreativa, di protezione o di conservazione della biodiversità. In tabella 4.1. viene proposta una sintesi degli indirizzi di recupero adottabili, escludendo la conversione da ceduo a castagneto da frutto, in quanto andrebbero valutate oggettivamente anche le condizioni di possibilità sociali a garanzia del successo a lungo termine della conversione.

Tabella 4.1 Sintesi sulla destinazione e gli interventi per il recupero dei castagneti dei casi studio delle Marche.

Caso studio	Mont'Ercole	Val di Castro	Monte dell'Ascensione	Fonte Avellana
Stato attuale castagneto	Castagneto abbandonato ceduo, con relitti di castagneto da frutto	Ceduo sotto fustaia, con piantoni da salvaguardare	Ceduo abbandonato, lasciato a libera evoluzione	Castagneto da frutto non gestito
Destinazione post recupero	Produttiva legno Conservativa/Ricreativa castagni monumentali	Produttiva legno Conservativa	Protettiva Conservativa biodiversità	Produttiva da frutto Ricreativa
Interventi PMPF Marche	Capo V art.32 comma 8	Capo V art.32 comma 8	Capo V art.32 comma 8	Capo V art.32 comma 2,3,4

Il castagneto di Fonte Avellana risulta essere censito come castagneto da frutto in attualità di coltura. La sua posizione vicina al Monastero e il suo passato produttivo suggeriscono un recupero volto a ripristinare la funzione produttiva e forse di più quella ricreativa. Dalle PMPF sono quindi liberamente esercitabili i seguenti interventi:

- la potatura di allevamento, formazione, produzione e ringiovanimento, compresa la
- capitozzatura e la preparazione dei portainnesti;
- l'esecuzione di innesti;
- il taglio della vegetazione invadente e la ripulitura della superficie allo scopo di facilitare la
- raccolta delle castagne;
- la formazione ed il ripristino di ripiani sostenuti da muri a secco e da ciglioni inerbiti.

Previa presentazione della Denuncia di Inizio Lavori, 30 giorni prima dell'esecuzione, sono consentiti i seguenti interventi:

- la sostituzione di piante di castagno morte o non più produttive fino ad un massimo di n. 5 all'anno;
- il taglio dei polloni di castagno e di altre specie;
- il concentramento e la bruciatura del materiale di risulta, in spazi idonei, lontani dalle chiome e nel pieno rispetto della normativa e pianificazione regionale concernente la prevenzione, il contrasto e la lotta agli incendi boschivi e della vegetazione.

Sono soggetti invece a richiesta di autorizzazione i seguenti interventi:

- il taglio delle piante arboree da seme di altre specie, sparse o presenti in piccoli gruppi, presenti all'interno di castagneti da frutto;
- l'esercizio della coltura agraria all'interno dei castagneti;
- il diradamento dei castagni da frutto finalizzato ad una migliore distribuzione spaziale dei soggetti;
- il taglio dei castagni da frutto per altri scopi, consentito in ogni caso fino a n. 2 piante/anno a condizione che gli stessi vengano sostituiti;
- la conversione dei castagneti da frutto a fustaia da legno.
- l'estirpazione delle ceppaie, con l'obbligo di colmare le buche.

I castagneti da frutto in attualità di coltura non possono essere ridotti di superficie né convertiti a bosco ceduo se non con autorizzazione richiesta all'Ente, che viene rilasciata in casi di eccezionale necessità o gravità di natura idrogeologica. Nei castagneti da frutto

coltivati, ma non in attualità di coltura, come potrebbero essere alcune limitate porzioni relitte di selve castanili inserite tra i cedui nei soprassuoli di Mont'Ercole (Fabbri, 2021), la funzione produttiva da frutto non giustificherebbe le operazioni di ripristino. Tuttavia anche secondo un approccio di valorizzazione delle piante monumentali descritte nelle linee guida della regione Toscana (Bianchi et al., 2009), il recupero può valere per una valenza ambientale, di conservazione della specie e della biodiversità connessa, ai suoi habitat, e quindi di fruizione turistica dei soprassuoli occupati da queste piante.

Le PMPF delle Marche, per questa classe di castagneti, prevedono gli stessi interventi cui sono destinati i castagneti in attualità di coltura, pur tenendo presente, ampliando gli orizzonti del perimetro giuridico alle possibilità e criticità che può far conseguire, che questi castagneti ricadono nella definizione di bosco.

Nei castagneti definiti abbandonati, gli unici interventi prescritti dalle PMPF sono quelli di recupero del soprassuolo in coerenza con l'evoluzione fisionomica e strutturale che ha assunto. In questa classe possono essere ricondotti i casi studio di Val di Castro (Braconi, 2021) e Monte dell'Ascensione (Spinelli, 2022), dove ormai anche la composizione specifica dei soprassuoli mostra un contesto più orientato alla libera evoluzione in cui il castagno partecipa non sempre in ruolo dominante. Gli interventi consentiti in questi casi sono quelli riferiti al recupero con forme di governo a ceduo o a fustaia, con attenzione alla salvaguardia delle piante da frutto superstiti, che viene prescritto debbano essere rilasciate. L'eventuale conversione a castagneto da frutto dei cedui a prevalenza di castagno è soggetta a preventiva autorizzazione e può essere eseguita mediante il taglio a raso con rilascio dei soli tirasucchi, solo per i cedui di età inferiore ai 60 anni e per una superficie fino a un ettaro continuo ed accorpato.

5. CONCLUSIONI

Con l'analisi diacronica condotta in questo lavoro, riferita alle superfici inventariate dalla Carta forestale regionale del 2001, si è constatato che quasi un secolo dopo, le superfici a castagneto delle Marche hanno cambiato la propria destinazione produttiva, prima quasi totalmente orientata al frutto, oggi in maggioranza governata a bosco ceduo. Mediante una *suitability analysis* del castagno nella regione è possibile vedere che il territorio della Regione Marche potrebbe ospitare il castagno su circa il 2% della propria superficie. La distribuzione indicata dalla carta è coerente con il territorio occupato dai castagni secondo la carta forestale del 2001 e anche secondo l'ultimo censimento regionale dei castagneti in attualità di coltura del 2023. La carta della vocazionalità è stata realizzata computando i valori ecologici e morfologici di idoneità per il castagno, ma la reale distribuzione della specie nelle estensioni considerate dall'inventario forestale e dal censimento, si sovrappone parzialmente ai territori rappresentati andando ad occupare anche quei margini di territorio con valori morfologici che la carta di vocazionalità esclude. L'effettiva adattabilità della specie alle diverse combinazioni dei valori ecologici infatti prescinde dalle restrizioni computate in carta quali quelle di esposizioni esclusivamente a Nord, e di pendenze entro i 35° e ciò è evidente nei pressi del più importante distretto castanicolo della regione quale il Piceno che ospita principalmente impianti tradizionali. La valorizzazione di qualsiasi superficie ai castagneto, nuovo o recuperato, dovrà comunque essere supportata da specifici sopralluoghi e dalla disponibilità di coltivatori che si faranno carico della coltivazione.

Con questo lavoro si è inoltre cercato di raccogliere le attuali conoscenze sulla distribuzione, estensione e sulle condizioni vegetative dei castagneti della Marche. La sintesi dei dati patologici e fitosanitari dei castagneti in attualità di coltura rivela che sebbene si possano ritenere i castagneti da frutto delle Marche in discrete condizioni generali di salute, occorre mantenere curati gli impianti per evitare che condizioni di stress e attacchi dei patogeni mettano a rischio la stessa convenienza a proseguire le attività colturali.

Nei castagneti oggetto dei casi studio di Mont'Ercole, Val di Castro, Monte dell'Ascensione e Fonte Avellana infatti, laddove le condizioni di abbandono sono più avanzate, è cambiata la composizione specifica dei soprassuoli nonché la struttura delle cenosi caratterizzate da maggiore irregolarità fisionomico-strutturale, che non prospettano semplici interventi di recupero produttivo dei castagneti. I risultati relativi alle caratteristiche fisionomico-strutturali di Mont'Ercole, Val di Castro e Monte dell'Ascensione evidenziano come gli assetti diversificati a seconda della tipologia gestionale attuale e pregressa,

richiedano di assecondare e valorizzare un cambio di destinazione, oppure la conservazione delle piante monumentali relitte di una gestione passata, o ancora valorizzare la biodiversità instauratasi nel castagneto lasciato a libera evoluzione. Nel castagneto non in attività di coltura dell'Eremo di Fonte Avellana (PU), le caratteristiche e le condizioni vegetative dei castagni da frutto presenti, di dimensioni anche notevoli, suggeriscono di valutare la possibilità di richiederne l'inserimento nel Repertorio regionale.

Come per altri sistemi agroforestali tradizionali, anche per quello dei castagneti possiamo ricordare una vecchia lezione della storia. Scriveva Sereni: “quando la società umana è ricca di energie e di creatività, i paesaggi che risultano dalla sua opera sono ordinati”. L'interesse sempre più frequente per il recupero dei castagneti che emerge oggi, al tempo di una società della finanza globalizzata, forse testimonia gli ultimi sentimenti di nostalgia verso una civiltà che fu, quella rurale: probabilmente più limitata alle proprie sorti materiali, sicuramente più ordinata. Anche nei castagneti delle Marche sarebbe opportuno che il sogno si tramutasse in segno.

BIBLIOGRAFIA

- Alessandri, S., Ramos Cabrer, A., Martìn, M.A., Mattioni, C., Pereira-Lorenzo, S., Dondini, L., (2022). Genetic characterization of Italian and Spanish wild and domesticated chestnut trees, *Scientia Horticulturae*, 295.
- Bianchi, L., Maltoni, A., Mariotti, B., Paci, M., (2009). La selvicoltura dei castagneti da frutto abbandonati della Toscana. Arsia Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale. Firenze.
- Bottero, A., Meloni, F., Garbarino, M., Motta, R., (2022). Temperate coppice forests in north-western Italy are resilient to wild ungulate browsing in the short to medium term. *Forest Ecology and Management*. 523. 120484.
- Bounous G., (2021). Il castagno. Edagricole - Edizioni Agricole di New Business Media srl. Milano.
- Braconi G., (2021). Tesi.
- Bussotti, F., Papitto, G., Di Martino, D., Cocciufa, C., Cindolo, C., Cenni, E., Bettini, D., Iacopetti, G., Pollastrini, M., (2021). Defoliation, Recovery and Increasing Mortality in Italian Forests: Levels, Patterns and Possible Consequences for Forest Multifunctionality. *Forests*. 12, 1476.
- Campagnaro T., Trentanovi, G., Iacopino, S., Squartini, A., Simonelli, F.G., Alterio, E., Bertoldo, G., Concheri, G., Grigolato, S., Portaccio, A., Rizzi, A., Rizzieri Masin, R., Stevanato, P., Tasinazzo, S., Sitzia, T., (2023). Sweet chestnut forests under black locust invasion threat and different management: An assessment of stand structure and biodiversity. *Forest Ecology and Management*. 537. 120907.
- Caudullo, G., Welk, E., San-Miguel-Ayanz, J., (2017). Chorological maps for the main European woody species. *EUFORGEN*. 12, 662-666.
- Capuano, N., (2009). Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 279 - Urbino. Roma. Servizio Geologico d'Italia.
- Castelotti, T., Doria, P., (2016). La castanicoltura da frutto in Italia. Caratteristiche strutturali, risultati economici e politiche pubbliche. Roma. Crea.

- Cello, G., (2009). Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 303 - Macerata. Roma. Servizio Geologico d'Italia.
- Conedera, M., Krebs, P., Tinner, W., Pradella, M., Torriani, D., (2004). The cultivation of *Castanea sativa* (Mill.) in Europe, from its origin to its diffusion on a continental scale. *Veget Hist Archaeobot.* 13. 161-179.
- Conedera, M., Barthold, F., Torriani, D., Pezzatti, G.B., (2010). Drought sensitivity of *Castanea sativa*: case study of summer 2003 in the southern Alps. *Acta Horticulturae* 866, 297.
- Conedera, M., Tinner, W., Krebs, P., de Rigo, D., Caudullo, G., (2016). *Castanea sativa* 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.
- Cornamusini, G., Conti, P., Bonciani, F., Callegari, I., Carmignani, L., Martelli, L., et al. (2009). Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 267 - San Marino. Roma. Servizio Geologico d'Italia.
- De Feudis, M., Falson, G., Vianello, G., Vittori Antisari, L., (2020). The conversion of abandoned chestnut forests to managed ones does not affect the soil chemical properties and improves the soil microbial biomass activity. *Forests.* 11(8), 786.
- Deiana, G., (2009). Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 302 - Tolentino. Roma. Servizio Geologico d'Italia.
- Fabbri, S., (2021). Tesi.
- Ferretti, F., Sboarina, C., Tattoni, C., Vitti, A., Zatelli, P., Geri, F., Pompei, E., Ciolli, M. (2018). The 1936 Italian Kingdom Forest Map reviewed: a dataset for landscape and ecological research, *Annals of Silvicultural Research* 42(1), 3-19.
- Giovannantonio, C., Cristofori, V., Vannini, A., (2022). Recupero dei castagneti da frutto: tra regimi di tutela, politiche settoriali e questione sociale, il difficile contrasto dell'abbandono produttivo. ARSIAL Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio. Roma.
- Guerrera. F., Tramontana, M., (2009). Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 292 - Jesi. Roma. Servizio Geologico d'Italia.

- IPLA, Regione Marche, (2001). Inventario e carta forestale della Regione Marche. Relazione generale. Torino.
- Krebs, P., Pezzatti, G.B., Beffa, G., Tinner, W., Conedera, M., (2019). Revising the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) refugia history of the last glacial period with extended pollen and macrofossil evidence. *Quaternary Science Reviews*. 206, 111-128.
- Maltoni, A.; Paci, M.; Tani, A., (2022). *Ecologia forestale e selvicoltura. Gestione forestale su basi ecologiche. Edagricole - Edizioni Agricole di New Business Media srl. Milano.*
- Mariotti, B., Castellotti, T., Conedera, M., Corona, P., Manetti, M.C., Romano, R., Tani, A., Maltoni, A., (2019). Linee guida per la gestione selvicolturale dei castagneti da frutto. Rete Rurale Nazionale 2014-2020, Scheda n. 22.2. Foreste, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Roma.
- Moricca, S., Bracalini, M., Panzavolta, T.,(2022). Il castagno da frutto. Ecologia, avversità parassitarie, meccanizzazione innovativa. Progetto INGECA.
- Murolo, S., Bertoldi, D., Pedrazzoli, F., Mancini, M., Romanazzi, G., Maresi, G., (2022). New symptoms in *Castanea sativa* stands in Italy: Chestnut Mosaic Virus and nutrient deficiency. *Forests* 13, 1894.
- Regione Marche, Citerini Stefano, (2023). Censimento regionale castagneti da frutto Relazione generale.
- Regione Marche, Santini, Emidia, (2015). Censimento dei castagneti da frutto. Relazione generale.
- Rossi, M.; De Feudis, M.; Trenti, W.; Gherardi, M.; Vianello, G.; Vittori Antisari, L. (2023). GIS-Based Geopedological Approach for Assessing Land Suitability for Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Groves for Fruit Production. *Forests*, 14, 224.
- Spinelli, M., (2022). Tesi.
- Tarquini S., I. Isola, M. Favalli, A. Battistini, G. Dotta, (2023). TINITALY, un modello digitale di elevazione dell'Italia con una cella di 10 metri (Versione 1.1). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). https://tinality.pi.ingv.it/Download_Area1_1.html

SITOGRAFIA

Shapefile vettoriale dei confini provinciali e regionali della regione Marche. Istat (2023).
<https://www.istat.it/it/archivio/222527>

Shapefile vettoriale di proprietà della Regione Marche: Carta geologica regionale 1:10000.
Regione Marche (2017). <https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartageologicaregionale10000>

Shapefile vettoriale di proprietà della Regione Marche: Database della carta dell'uso del
suolo regionale 1:10000 (2007). Regione Marche (2007).
https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartausosuolo10000_2007

Immagini mal dell'inchiostro: www.labregaglia.ch

Immagini cancro corticale www.waldwissen.net