

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA DI VITERBO

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE PER L'AGRICOLTURA, LE FORESTE,
LA NATURA E L'ENERGIA (DAFNE)**

CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA

Scienze e Tecnologie per la gestione ambientale e forestale - XXIII CICLO

Struttura e sex-ratio in *Taxus baccata*

Settore Scientifico Disciplinare AGR/05

Coordinatore: Prof.ssa Rosanna Bellarosa

Tutor: Prof. Bartolomeo Schirone

Dottorando: Antonello Salis

“...giallo il sole la forza mi dà...”

Indice generale

Abstract.....	6
Premessa.....	7
Introduzione.....	9
Cenni sull'espressione sessuale delle piante.....	9
Importanza del sex-ratio	10
Una possibile applicazione della teoria delle catastrofi alla maturità sessuale.....	11
La bimodalità nella distribuzione delle caratteristiche strutturali delle piante forestali..	13
Inquadramento di T. baccata.....	14
Inquadramento sistematico.....	14
Caratteristiche ecologiche, strutturali, dimensionali.....	16
Caratteristiche riproduttive.....	17
Corologia essenziale.....	18
Materiali e metodi.....	19
Scelta dei siti di studio	19
Foresta Umbra (Gargano, FG)	20
Tolmezzo (UD).....	22
Carpineto Romano (RM).....	23
Valle dell'inferno, Morino (AQ).....	23
Pescopennataro(IS).....	24
Ortachis, Bolotana (NU).....	25
Badde Salighes, Bolotana (NU).....	25
Sos Nibberos, Bono (SS).....	26
Indagini dendrometriche.....	27
Risultati.....	29
Analisi delle distribuzioni delle variabili dendrometriche in funzione del sesso.....	29
Analisi delle variazioni nella Sex-Ratio intra e inter popolamento.....	36
Discussioni e conclusione.....	57
Considerazioni conclusive.....	60
Bibliografia.....	63
Bibliografia non citata.....	66

Allegati.....	67
Siti di studio con localizzazione delle piante.....	68
Tabelle riassuntive delle aree di saggio.....	71
Curve ipsometriche per specie e per popolamento.....	73
Split delle aree di saggio.....	79
Classi di frequenza di altezza e diametro.....	80
Curve ipsometriche dei tassi per popolamento.....	87
Curve di densità diametriche per sesso.....	91
Test di normalità.....	101
Fotografie.....	107

Indice delle illustrazioni

Schematizzazione di una catastrofe a cuspide.....	13
Popolamenti presi in esame: (1) Foresta Umbra; (2) Tolmezzo; (3) Pescopennataro; (4) Morino, Valle dell'Inferno; (5) Carpineto Romano; (6) Badde Salighes, Sos Nibberos, Ortachis.....	20
Diagramma Bagnouls-Gaussen, Foresta Umbra.....	22
Diagramma Bagnouls-Gaussen, Tolmezzo.....	23
Diagramma Bagnouls-Gaussen, Valle dell'Inferno.....	24
Diagramma Bagnouls-Gaussen, Pescopennataro.....	24
Esempio di andamento delle distribuzioni dendrometriche per classi.....	32
Curva ipsometrica dei tassi di Valle dell'Inferno divise per sesso.....	35
Piante ad ettaro e SR, screeplot della spiegazione delle componenti principali.....	40
PCA relative al numero di piante ad ettaro. (a) Q.ilex, (b) Q.pubescens, (c) I.aquifolium, (d) C.sativa, (SR) Sex ratio.....	41
PCA relative alle altezze specifiche per ettaro. (g) Q.ilex, (h) Q.pubescens, (i) I.aquifolium, (l) C.sativa, (m) Altre, (SR) Sex ratio.....	43
PCA relative alle altezze specifiche per ettaro. (g) Q. ilex, (h) Q. pubescens, (i) I. aquifolium, (l) C. sativa, (SR) Sex ratio.....	45
PCA relative alle altezze specifiche per ettaro. (o) Q. ilex, (p) Q. pubescens, (q) I. aquifolium, (r) C. sativa, (SR) Sex ratio.....	47

Foresta Umbra: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche.....	50
Valle dell'inferno, Morino: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche	51
Tolmezzo: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche.....	52
Badde Salighes: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche.....	53
Ortachis: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche.....	54
Sos Nibberos: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche.....	55
Andamento del SR in funzione del diametro nei diversi popolamenti.....	56
Ortachis.....	69
Sos Nibberos.....	70
Ortachis.....	99
Sos Nibberos: tasseta quasi pura.....	107

Abstract

Nelle ultime due decadi, *Taxus baccata* è stato oggetto di numerosi studi, che hanno riguardato soprattutto gli aspetti biochimici e chimici, complice anche la notorietà dell'antitumorale paclitaxel.

Quest'improvviso interesse su una pianta che per lungo tempo è stata scientificamente trascurata, ha permesso di richiamare l'attenzione verso un settore di ricerca sul quale ancora c'è molto da scoprire.

Tra i molti studi sul tasso, appare solo accennato lo studio degli aspetti fondamentali quali quelli dendrologici e dendrometrici.

Ancora meno interessante, appare essere lo studio della sua espressione sessuale.

È stato ritenuto opportuno iniziare con queste premesse, allo scopo di spiegare il perché di come un approccio metodologico semplice, quale quello che di seguito verrà esposto, rappresenta in realtà una novità nello studio di *Taxus baccata*.

In questo studio si è posta attenzione sulle differenze strutturali esistenti tra i sessi in *T. baccata*, sull'influenza dell'ambiente nell'espressione sessuale e sul cambiamento di sesso.

La scelta dei siti di studio è stata fondamentale per evidenziare le differenze tra popolamenti, in particolare quelli peninsulari italiani e quelli sardi.

Lo studio termina con la proposta di un modello di espressione sessuale finora inedito per il tasso.

Parole chiave: *Taxus baccata*, espressione sessuale, struttura, sex ratio.

In the last two decades, Taxus baccata was the subject of numerous studies that have focused on chemical and biochemical aspects, also because of the notoriety paclitaxel (a breast-cancer antitumoral).

This sudden interest in a plant that has long been scientifically neglected, allowed to focus attention to a research area on which there is still much to discover. Among the many studies on the yew, is only mentioned the study of fundamental aspects such as dendrological and dendrometric.

Even less interesting, appears to be the study of his sexual expression. Was necessary to make these premises, in order to explain why such a simple methodological approach as what follows will be exposed, is in fact new in the study of Taxus baccata. In this study, we pay attention to the structural differences between the sexes, sexual expression and the influence of the environment on the sex change in T. Baccata.

The choice of the study sites has been essential to highlight the differences between populations, in particular those ones ecological (the stands are located in several places of Italian peninsula and in Sardinia island).

The study concludes with a proposed of a original model to explain the sexual expression in yew .

Keywords: *Taxus baccata*, sex expression, population structure, sex ratio.

Premessa

Lo studio di seguito presentato, nasce da una ricerca che da oltre dieci anni il dipartimento DAFNE (ex-DAF) conduce su *Taxus baccata*. La ricerca è stata condotta in diverse direzioni possibile coinvolgendo aspetti ecologici, genetici, fisiologici, biochimici.

Lo studio del popolamento di Carpineto Romano (Vessella, 2010) e del susseguente monitoraggio annuale, ha rivelato un aspetto fino ad allora considerato come un'eccezione riguardante al massimo l'1% delle piante (Iszkulo, 2009) ,il *sex-reversal* o più precisamente *sex-shifting*, ovvero la capacità di poter cambiare sesso da un anno all'altro.

Tale fenomenologia, ha indotto una serie di interrogativi che sono alla base di questa ricerca, in particolare si è cercato di rispondere ai quesiti:

Il *sex-shifting* in *Taxus baccata* è veramente sporadico come viene riportato in bibliografia?

Esistono delle caratteristiche ambientali capaci di indurre il *sex-shifting*?

Entrambi i sessi della pianta sono coinvolti nel fenomeno?

Esiste predeterminazione genetica alla nascita nell'espressione sessuale?

Esistono differenze morfologiche tra maschi e femmine?

Per ovvi motivi lo studio della fenologia, dell'espressione sessuale e di come queste influenzano la struttura della pianta presenta non poche difficoltà per diverse ragioni.

Il motivo più evidente sono i tempi. Nelle piante forestali soprattutto quelle più longeve i tempi di reazione agli stress ambientali non sono immediati come quelli che si possono osservare nelle piante erbacee. La risposta agli stimoli esterni può spesso essere molto lenta. Il tema del tempo di risposta è stato affrontato anche in questo lavoro.

Il secondo aspetto, è il monitoraggio. Lo studio su *Taxus baccata* al momento è ancora vincolata all'analisi *in loco* dei popolamenti, con tutti i limiti che è facile immaginare (impossibilità di condurre esperimenti controllati su ampia scala, impossibilità di monitorare costantemente e contemporaneamente più popolamenti). A questo proposito si è cercato di ottenere le potenzialità di questo aspetto come spesso si fa nel caso di popolamenti forestali, ovvero cercare nel laboratorio naturale a cielo aperto, il bosco, quali possono essere fattori scatenanti o limitanti del fenomeno.

Senza voler anticipare nulla del lavoro qui descritto, si vuole solo porre l'accento sul fatto che se per molti interrogativi si è sviluppata una adeguata strategia di risposta, è la stessa risposta che apre a nuovi interrogativi.

Introduzione

CENNI SULL'ESPRESSIONE SESSUALE DELLE PIANTE

Dal punto di vista genetico, gran parte degli animali e piante producono solo due tipi di gameti (Charnov, 1982) , i quali sono obbligatoriamente distinti negli esseri gonocorici, mentre sono portati entrambi negli esseri ermafroditi.

La distinzione dei sessi dunque è strettamente separata negli esseri gonocorici, che in assenza di anomalia garantisce persistenza di espressione sessuale per tutta la vita dell'individuo.

L'ermafroditismo si può manifestare in due diverse forme:

(1)-simultaneo, con l'espressione di entrambi i sessi (nel caso delle piante l'espressione avviene nello stesso periodo ma non necessariamente contemporaneamente);

(2)- sequenziale, quando l'espressione di un sesso non resta tale, ma può variare nel corso degli anni. In questo caso si parla di proteroginia se l'essere esprime prima il sesso femminile ($\text{♀} - \text{♂}$) , proterandria in caso contrario ($\text{♂} - \text{♀}$).

I meccanismi alla base del processo sono essenzialmente due uno di tipo genetico, GSD (*genotypic sex determination*) ed uno di tipo ambientale, ESD (*environmental sex determination*). L'ESD è stato dimostrato per diverse specie erbacee. Tale fenomeno è conosciuto nelle piante fin dall'inizio del secolo scorso, (Pickett, 1915 in Freeman, 1997).

Dal punto di vista evolutivo sono proprio le piante che permettono di tracciare la storia dell'evoluzione nei meccanismi riproduttivi. Da quasi un secolo si è concordi nell'idea che l'ermafroditismo sia comparso molto prima della gonocoria (Goldschmidt, 1927; Vendrovsky, 1933 in Freeman, 1997) , con una serie di passaggi sequenziali, evidenze dettate dall'analisi delle strutture fiorali (Hutchinson, 1959; Heinz, 1927, in Freeman, 1997).

Tra gonocoria e ermafroditismo, la separazione è un problema di non facile soluzione. L'ermafroditismo sequenziale ha causato problemi di classificazione ad esempio in *Fraxinus excelsior* identificato negli anni come specie trioica, sub-dioica, ermafrodita, poligama. In un interessante lavoro proprio sul frassino di Binggeli (1991), si è evinto come l'infiorescenza passi con una certa continuità da maschile a femminile (mantenendo comunque la componente ermafrodita), continuità dovuta con molta probabilità all'età stessa della pianta che con l'età manifesta in percentuale inferiore i fiori maschili.

IMPORTANZA DEL SEX-RATIO

Il sex ratio è il rapporto esistente tra sesso femminile e maschile. L'importanza del sex-ratio è quella che sta alla base della sopravvivenza della specie, in assenza di uno dei sessi (o anche solo dell'espressione) la specie si estinguerebbe¹.

Tale rapporto assume differenti significati secondo la tipologia di individuo presa in esame, in particolare tra individui gonocorici ed ermafroditi.

1. Per le specie dioiche qual'è il sex ratio equilibrato, mantenuto dalla selezione naturale?
2. Per gli ermafroditi sequenziali, qual'è l'equilibrio numerico tra i sessi e quando avviene?
3. Per gli ermafroditi simultanei qual'è l'equilibrio nell'allocazione del sesso maschile e femminile nelle stagioni riproduttive?
4. Sotto quali condizioni i vari stadi di ermafroditismo o di dioecia sono evolutivamente stabili? Qual'è il rapporto evolutivamente stabile tra i sessi?
5. Quando la selezione tra maschi e femmine favorirà l'uno o l'altro, in risposta a quale fattore esterno o evolutivo?

Nel 1980 si è dimostrato come la proporzionalità tra individui di sesso maschile e femminile in cinque specie monoiche, potesse variare al variare dell'ambiente (Freeman *et*

1 Un esempio dell'importanza del sex ratio è presente nel sito della C.I.A. (Central Intelligence Agency) dove il rapporto tra maschi e femmine è riportato per ogni nazione del mondo riconosciuta dalle UN. (<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2018.html>) consultato l'ultima volta il 18/05/2012

al., 1980). Questa ricerca, a sua volta, trae origine da uno studio sulla proporzionalità tra i due sessi in piante dioiche, sempre a partire da condizioni ambientali differenti (Freeman et al., 1976).

Per modellizzare adeguatamente il fenomeno *sex-ratio* sono necessari secondo Karlin S. (1986), tre elementi indispensabili:

1. I fattori biologici determinanti devono essere espressi da una semplice espressione matematica;
2. Il fenomeno dev'essere osservato nell'ambiente naturale;
3. Il modello dev'essere predittivo.

UNA POSSIBILE APPLICAZIONE DELLA TEORIA DELLE CATASTROFI ALLA MATURITÀ SESSUALE

La teoria delle catastrofi è stata elaborata da René Thom negli anni cinquanta e sessanta. La teoria è utile per esporre qualitativamente l'andamento dei fenomeni che possono essere descritti attraverso la deformazione dinamica di linee e piani.

René Thom era un topologo, che attraverso il libro *Stabilità strutturale e morfogenesi* (1980), tentò di racchiudere tutti i passaggi di stato in un'unica teoria (Thom, 1980).

La teoria è stata usata con successo per descrivere i passaggi di stato fisici, i comportamenti territoriali degli animali, l'aggressività canina, le evoluzioni morfologiche degli embrioni (Woodcock, 1982), ed è stata anche osteggiata in maniera molto accesa.

L'approccio delle catastrofi, serve alla rappresentazione di tutti quei fenomeni (naturali e non) per i quali il passaggio da uno stato stazionario A ad uno stato stazionario alternativo B, non passano attraverso un *continuum*, bensì attraverso un punto di rottura.

Si pensi ad esempio ad un bicchiere sul bordo di un tavolo, e si consideri tale stato come A; l'inclinazione del tavolo indurrà la caduta del bicchiere e la successiva rottura, con conseguente passaggio allo stato B.

La teoria delle catastrofi, benché il nome stesso sembri avere un'accezione negativa, si spoglia di tale significato se si considera ad esempio come catastrofe, la maturità sessuale.

L'espressione sessuale avviene negli esseri viventi solo ad un certo stadio di sviluppo, negli alberi in particolare, la maturità può avvenire anche in età molto avanzata.

Taxus baccata non fa eccezione, raggiungendo la maturità sessuale, solitamente, molto più tardi rispetto alla maggior parte delle altre specie forestali (cfr Caratteristiche riproduttive, pag.17).

Va da sé che il passaggio esistente tra la non-espressione sessuale e l'espressione sessuale, sia un evento di grande importanza per la pianta, che con grazie alle sollecitazioni ormonali, non convoglia più le energie verso il solo crescere in dimensioni, ma anche verso il riprodursi, si può quindi anche in questo esempio parlare di transizione discontinua.

Essendomi in questi anni imbattuto nelle ricerche di Thom, si vuole in questa sede porre l'accento su quanto fisiologicamente sia importante il passaggio tra i due stati.

Tale passaggio, è modellizzabile dal punto di vista qualitativo, attraverso la catastrofe a cuspidale.

Si è scelta tale catastrofe elementare, tra le sette proposte da Thom, in quanto dipendente da due soli fattori di controllo.

Senza addentrarmi troppo nelle diverse sfaccettature della teoria, vorrei solo esporre il grafico seguente per esporre quella che potrebbe essere una rappresentazione qualitativa della maturità sessuale nelle piante, in particolare nel tasso, poiché rafforza concettualmente quanto descritto nei capitoli successivi.

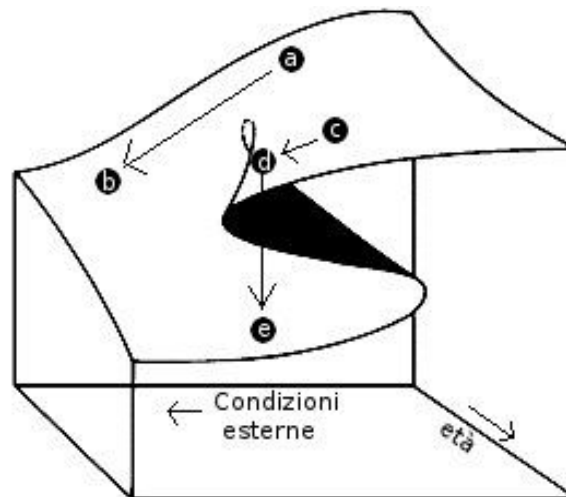


Illustrazione 1: Schematizzazione di una catastrofe a cuspidi

I due fattori di controllo identificati, sono le condizioni esterne, quindi l'ambiente, e l'età. Se le condizioni esterne cambiassero, nel caso in cui la pianta si trovi nel punto “a”, quindi ad una certa età, permetterebbero il passaggio dal punto “a” al punto “b”, con continuità, permettendo anche il percorso inverso, se consideriamo cicliche le condizioni esterne (es. meteo e/o altre specie dominanti presenti).

Nel caso in cui la pianta si trovi in “c” quindi ad un'età maggiore rispetto a “a”, il raggiungimento del punto “e” può passare solo attraverso “d”, punto di catastrofe, in cui il percorso inverso è precluso dal tempo.

In *T. baccata*, si ha un esempio lampante di come questo possa perfettamente corrispondere alla realtà: White (1998) descrive come i popolamenti al di sotto di una densa copertura possano arrivare alla maturità sessuale solo dopo i 70-120 anni di età.

LA BIMODALITÀ NELLA DISTRIBUZIONE DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI DELLE PIANTE FORESTALI

La distribuzione delle dimensioni su curve bimodali nelle piante forestali, così come in tanti esseri viventi è un evento noto e attribuito a cause biotiche e abiotiche (Huston and Deangelis, 1987).

La conseguenza più immediata nei popolamenti con andamento bimodale è una sproporzione nella competitività tra gli individui con conseguenze negative verso le piante

di taglia inferiore. Tale competizione per alcune specie avrebbe un effetto retroattivo positivo sulla bimodalità accentuandola (Eichhorn, 2010). A completamento di questa teoria, un ulteriore studio (Franc, 2001) introduce la possibilità, modellizzandola, che nella competizione sia in particolare l'accesso ai nutrienti il fattore scatenante, suggerendo anche pratiche selvicolturali matematicamente efficaci.

Pur essendo una sorta di anomalia, la distribuzione strutturale della bimodalità è vista anche come maggiormente descrittiva ed informativa della situazione ecologica (Turley, 2011).

L'andamento bimodale su *Fagus sylvatica* è osservato in popolamenti definiti vetusti (Kucbel et al., 2012) in cui la bimodalità è più correttamente esplicitata attraverso la modellizzazione di un descrittore (la sigmoide rotata) (Alessandrini et al., 2011). Tale fenomeno di solito diventa dominante con l'aumentare della scala in esame (Janowiak et al., 2008).

In *Taxus* l'andamento bimodale delle distribuzioni dendrometriche non era stato ancora osservato.

INQUADRAMENTO DI T. BACCATA

Inquadramento sistematico

L'inquadramento sistematico, attualmente riconosciuto, di *Taxus baccata* Linnaeus lo individua come appartenente alla famiglia delle *Taxaceae*, sottodivisione delle *Coniferophytina*, classe *Pinatae* dell'ordine *Pinales*.

In passato le *Taxaceae* si collocavano in un ordine distinto, le *Taxales* (Florin, 1948), sistemazione venuta meno grazie alle evidenze genetiche che hanno appurato come queste siano in effetti monofiletiche con altre conifere (Cheng et al. 2000).

Caratteristica della famiglia è la presenza di microsporofilli peltati che presentano 2-8 androsporangii e ovuli solitari portati all'apice dei rami fertili, rispetto ai coni multiovulati delle *Pinaceae*; il seme è coperto da un involucri carnoso derivato da un

cercine posto alla base dell'ovulo stesso.

Il carattere morfologico maggiormente discostantesi dal resto delle specie del genere è l'assenza di strobilo femminile.

La semplicità dell'apparato riproduttore rispetto alle altre *Pinales* viene identificato non come un carattere ancestrale conservatosi, quanto piuttosto ad una semplificazione morfologica (Gellini, 1996); il cono uniovulato indicherebbe infatti un carattere di maggiore evoluzione rispetto a quello delle *Pinaceae*.

Le foglie sono tipicamente aciculate con picciolo decorrente sul ramo.

Altro macroscopico carattere di distinzione è l'assenza di resina e, conseguentemente, di canali resiniferi. Della famiglia delle *Taxaceae* fanno parte quattro generi secondo alcuni autori (Gellini, 1996) o cinque generi secondo Cope (The botanical review, 1998) quasi tutti situati nell'emisfero boreale: *Austrotaxus compton* endemico della Nuova Caledonia, *Pseudotaxus* W.C.Cheng (= *Nothotaxus* Florin) in Cina, *Torreya* Di origine asiatica e, appunto, *Taxus* Linnaeus; la collocazione di *Amentotaxus* Pilg. è controversa a causa di importanti differenze riproduttive riguardanti la presenza di due ovuli nell'archesporio, pertanto collocata da Gellini nelle *Cephalotaxaceae*.

Il genere *Taxus*, è anch'esso al centro di discussioni poiché secondo alcuni l'intera diffusione boreale della pianta sarebbe riconducibile ad un'unica specie con differenze troppo ridotte per poterle evidenziare; secondo la maggior parte degli autori, tuttavia, comprende 8 specie: *Taxus baccata* con areale distribuito in Europa, Nord Africa e Asia Minore; *Taxus wallichiana* Zucc. nelle montagne dell'Asia centrale (Himalaya, Sikkim e Cina); *Taxus floridana* Chapm. in Florida; *Taxus globosa* Schlechtd. in Messico; *Taxus canadiensis* Marsh. nel versante orientale del Nord America; *Taxus brevifolia* Nutt. nelle coste nordamericane che si affacciano sul Pacifico e *Taxus cuspidata* Sieb. & Zucc. in Giappone. Quest'ultimo è l'unico rappresentante che si differenzia in modo palese per la morfologia fogliare, tipicamente falcata e mucronata all'apice.

A tal proposito, studi relativi alla composizione chimica del durame di *T. baccata*, *T. brevifolia*, *T. cuspidata* e *T. floridana*, ne hanno messo in evidenza la totale indistinguibilità (Erdman, 1969).

Quest'apparente omogeneità a livello fenotipico ha indotto a ritenere il tasso come

discendente da un'unica entità filogeneticamente molto antica che abbia esaurito le sue possibilità di differenziazione, da cui la sua collocazione tra le “specie relitte” .

Caratteristiche ecologiche, strutturali, dimensionali

Taxus baccata L. è considerata specie tollerante d'ombra, per la sua appartenenza, nelle cenosi attuali, nello strato dominato da faggio, spesso (in Europa) accompagnato da agrifoglio.

Tuttavia, considerando nella complessità la sua distribuzione europea, appare chiaro quanto la necessità di affrancamento in zone d'ombra sia piuttosto legata a esigenze idriche e termiche dovute al suo carattere marcatamente atlantico, piuttosto che al solo fototropismo, soprattutto se si considera che il tasso in condizioni di piena luce e condizioni idriche favorevoli è capace di accrescimenti repentini in altezza di 20-30 cm/aa e 3 mm/aa in diametro.

Per contro la sua intrinseca adattabilità (evidenziata dalla sua infedeltà cenologica), lo vede spesso vegetare in situazioni estreme, con le radici affondate in esigue sacche di terreno nel calcare (Salis, 2006)

Le esigenze idriche ottimali del tasso sono in almeno 1000 mm di pioggia annua. Tuttavia risulta essere molto resistente a stress da siccità: in una scala da 1 a 5 in cui 1 rappresenta la massima e 5 la minima resistenza, il tasso occupa posizione 2, grazie anche allo xeromorfismo fogliare. In virtù di questa sua capacità infatti, *Taxus baccata* riesce a reagire con una strategia adattativo-difensiva in condizioni di siccità, non da poco, pur essendo abbastanza comune, emettendo nuovi aghi, caratterizzati da ispessimento della cuticola diminuzione del numero di stomi per unità di superficie e riduzione dell'area fogliare stessa.

Pur essendo un albero sempreverde, dalle dimensioni variabili a seconda dei caratteri stazionali, il tasso, o “Albero della Morte”, è comunque considerato di media statura, raggiungendo in genere i 15-20 m d'altezza .

La stima dell'età non è agevole, sono stati segnalati individui plurimillenni in Inghilterra. Tuttavia va considerato che il tasso, raggiunti i 30 cm di diametro è spesso soggetto ad attacchi di carie bruna che ne rendono impossibile il carotaggio. Tali attacchi di carie vengono inoltre prontamente compartimentati, sia dai tessuti circostanti come si

osserva in tutte le specie, sia con cordoni di risalita (Schirone, 2003) sia con cordoni discendenti (oss.pers).

L'attitudine all'anastomosi dei cormi rappresenta un ulteriore ostacolo alla stima dell'età.

La chioma è di colore verde scuro di una tonalità caratteristica ben distinguibile anche da una certa distanza, con forma conica ampia alla base e cima marcatamente appuntita soprattutto negli stadi giovanili.

Le gemme laterali sono disposte a intervalli regolari e rimangono in stato di dormienza.

I rami principali sono distesi mentre quelli secondari sono alterni, corti e penduli. I rametti dell'anno sono verdi.

I rami, in special modo quelli giovani contengono la nota *tassina*, alcaloide tossico selettivo in particolar modo verso gli equini, ma che in dosi elevate risulta mortale per tutti i mammiferi.

Le gemme sono ovoidi di piccole dimensioni con squame ottuse e sovrapposte.

Le gemme fiorali si formano nella seconda metà dell'estate per schiudersi solo nella primavera successiva dopo 100 giorni circa dal periodo autunnale in cui la temperatura media scende sotto i 10°C.

Normalmente la fioritura inizia a febbraio e termina ad aprile, l'infiorescenza, pur se secca è spesso visibile anche nei mesi successivi sia sui rami che al suolo .

Caratteristiche riproduttive

L'impollinazione nel tasso è in prevalenza anemofila, ciononostante non mancano casi di entomofilia col prevalente intervento delle api.

La produzione di organi riproduttivi da parte del tasso è legata al diametro della pianta (Svenning e Magård,1999) e alla volta arborea.

In Danimarca le percentuali di individui adulti che presentano strutture riproduttive in piena luce, sono femminili per il 62% e maschili per il 29%; per contro le piante sottoposte ad ombreggiamento sono il 19% femmine e il 10% maschi.

In Caucaso inoltre si sono osservate un 1% di piante monoiche.

L'età in cui inizia la produzione di seme è estremamente variabile: inizia normalmente intorno ai 30-35 anni per piante isolate (White,1998).

Normalmente la produzione è annuale.

Corologia essenziale

L'areale di *Taxus baccata* è molto vasto, pur se fortemente frammentato. Abbraccia l'intera Europa fino al 62° 30'del parallelo nord sulle coste occidentali della Norvegia (Spada, 2003) e il 30° del meridiano est.

Dato il suo sviluppo latitudinale dalla Norvegia fino all'Atlante algerino, si può tranquillamente affermare che l'areale di *Taxus baccata* sia superato in estensione solo da quello della *Betula alba s.l.* e da quello di *Populus tremula*.

Lo si ritrova inoltre in Marocco, Algeria, Iran settentrionale, Caucaso e Asia Minore, evidenza che lo colloca tra le specie eurasiatiche *sensu lato*. Ad un areale così vasto non può che corrispondere un carattere di estrema adattabilità.

Materiali e metodi

SCELTA DEI SITI DI STUDIO

La scelta dei siti di studio è stata effettuata in modo da avere un ampio spettro campionario. La scelta è stata effettuata dunque tra siti italiani molto differenti e distanti in senso latitudinale e longitudinale, allo scopo di amplificare le eventuali differenze ambientali.

Vista la peculiarità del tipo di studio, sono stati inoltre applicati altri parametri nella scelta dei siti.

La numerosità del campione: considerando che l'evidenziazione di alcune caratteristiche, ma soprattutto di alcune differenze sia possibile solo in presenza di un adeguato numero di campioni che garantiscano la rappresentatività delle caratteristiche, si è scelto di circoscrivere la scelta a popolamenti che avessero per lo meno 30 individui. Tale numero seppur apparentemente ridotto è stato individuato anche alla luce della frammentarietà dei popolamenti di tasso italiani. L'unica eccezione a questa scelta è stata fatta per il popolamento di Carpineto, per motivi che verranno descritti in seguito.

Accesso non limitante: le caratteristiche ecologiche e la storia dei popolamenti di *Taxus baccata* lo ha spesso relegato in posizioni che non permettono un agevole rilievo. L'accidentalità del sito rappresenta inoltre spesso una variabile di difficile caratterizzazione (es. piante in parete, piante in forra). Per questo motivo si è circoscritta la scelta a siti che garantissero inoltre la possibilità di accesso nelle diverse stagioni dell'anno.

Omogeneità nel soprassuolo: i popolamenti, visto il numero non sempre importante degli individui, sono stati selezionati anche in base ad una certa omogeneità, che non frammentasse eccessivamente il popolamento in ulteriori sub-popolamenti.

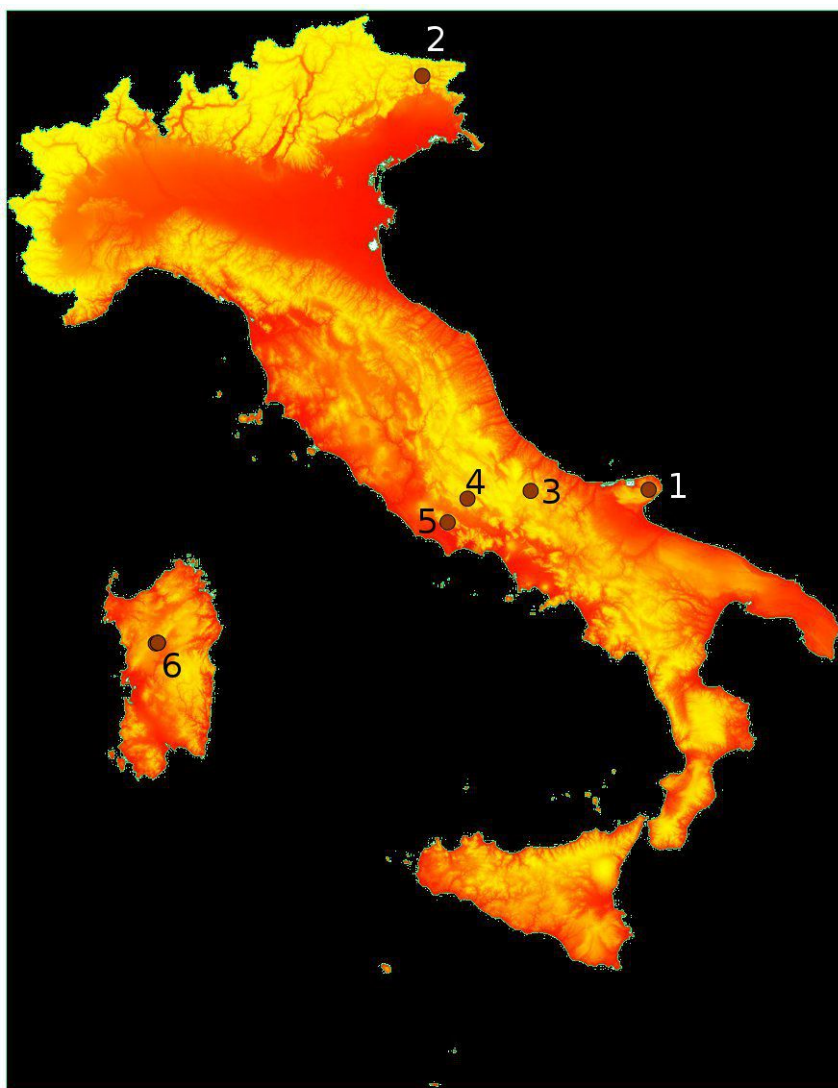


Illustrazione 2: Popolamenti presi in esame: (1) Foresta Umbra; (2) Tolmezzo; (3) Pescopennataro; (4) Morino, Valle dell'Inferno; (5) Carpineto Romano; (6) Badde Salighes, Sos Nibberos, Ortachis

Differenze ecologiche: una maggiore importanza è stata infine rivolta per i popolamenti che avessero qualche differenza ecologica più o meno importante allo scopo di evidenziare il fattore ecologico come fonte di differenze nei popolamenti. Con queste premesse, sono stati dunque scelti i seguenti siti di studio.

Foresta Umbra (Gargano, FG)

La foresta umbra è situata nel promontorio carbonatico del Gargano, per un estensione

di circa 5000 ha che ricadono per intero nelle tenute di Umbra-Iacotene, di Sfilzi e della Ginestra (Sciré, 2004), amministrativamente compreso tra i comuni di Vico del Gargano e Monte S. Angelo. Il substrato è calcareo e varia per conformazione tra le dolomie e i calcari organogeni del Cretacico inferiore (Martinis, 1967). L'orografia è caratterizzata da accidentalità, accentuata da fenomeni di carsismo quali piccole doline e affioramenti rocciosi.

Il clima è di solito di tipo mediterraneo, con precipitazioni annue attorno ai 1000 mm di pioggia e una temperatura media di 11.8°C. In realtà la situazione è estremamente variabile proprio per la peculiarità del luogo per cui sia le precipitazioni che le temperature possono variare nello spazio, specialmente da nord a sud e nel tempo (Macchia, 2000). Notevole è inoltre la presenza invernale di precipitazioni occulte dovute a banchi di nebbia che spesso stazionano sull'Umbra.

Fatte queste doverose considerazioni un range pluviometrico è stato stimato essere tra gli 800 e i 1300 mm.

Le temperature, possono anch'esse variare notevolmente, grazie ai venti provenienti da nord-est. Vista la posizione adriatica del promontorio e quindi la semplicità con cui le masse d'aria fredda possono soggiungere, le temperature specialmente nel periodo autunnale e invernale possono ridursi in brevissimo tempo. Nel periodo estivo, prevalentemente tra maggio e giugno le temperature arrivano al loro massimo annuale.

Vista la peculiarità dell'orografia e della posizione, la vegetazione non sono infrequenti le eccezioni nella composizione. Un quadro del resto piuttosto insolito costituito prevalentemente da *Fagus sylvatica*, *Quercus cerris* e *Quercus ilex*, con reciproche introgressioni irregolari. A queste si aggiungono rimboschimenti di conifere, ma non nelle aree interessate dallo studio.

Generalmente allo strato dominante di faggio si consociano *Carpinus betulus*, *Acer obtusatum*, *A. campestre*, e *Ilex aquifolium*. Le aree a pietrosità affiorante e rocciosità diffusa vedono la partecipazione di *Ostrya carpinifolia* e talvolta *Fraxinus ornus*.

I versanti a sud degradano vedono una degradazione della faggeta in favore della lecceta sempre con *Carpinus betulus*, *Ostrya carpinifolia*, *Ilex aquifolium*,

L'intera area non è più sottoposta al taglio dal 1971, e comunque, il tasso, è sempre

stato evitato durante le utilizzazioni a causa del legname troppo duro da tagliare. Il tasso occupa l'area dominata dal faggio, non estendendosi oltre, in piccoli gruppi e in quasi continuità (Sciré,2004).

É presente il pascolamento selvatico e domestico, con presenza massiccia di cinghiali, probabilmente incentivata nella presenza dai cedui di leccio (La Marca, 2008) anche se i maggiori danni vengono attribuiti a bovini e caprini.

Il territorio della Foresta Umbra attraverso varie vicissitudini storiche (*cfr.* Sciré, 2004) è passato per intero al demanio nel 2001.

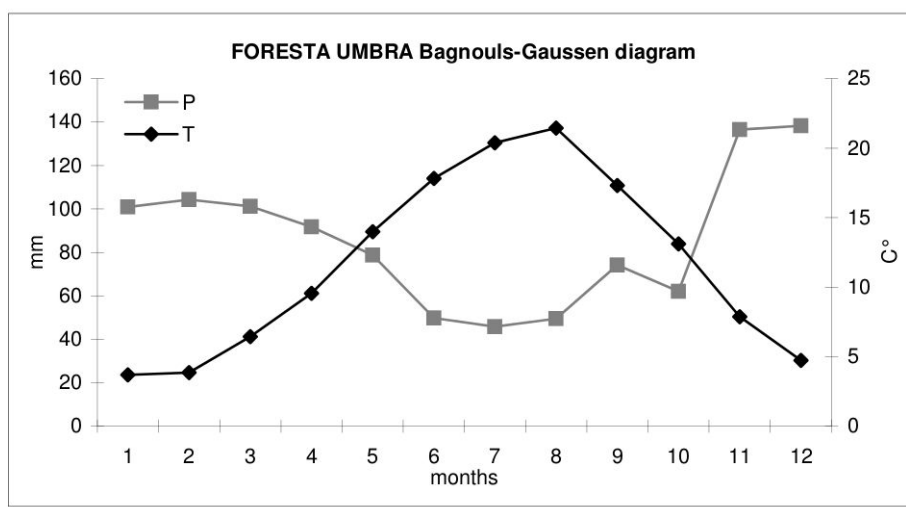


Illustrazione 3: Diagramma Bagnouls-Gaussen, Foresta Umbra

Tolmezzo (UD)

Il sito di Tolmezzo (46°23'35.95"N; 12°59'27.35"E) si trova nella parte esterna dell'arco alpino est, in una vallata esposta a est sul fiume Tagliamento. Il substrato è di natura calcareo-dolomitica. Il costone su cui vegeta *Taxus baccata* è situato ad una altitudine compresa tra i 360 e 260 metri sul livello del mare. La classificazione climatica vede Tolmezzo come appartenente al regime continentale prealpino con precipitazioni attorno ai 1600 mm annui e temperature medie intorno ai 10-11°C.

La vegetazione è composta da *Picea abies*, *Acer pseudoplatanus*, *Ostrya carpinifolia*, *carpinus betulus* e *Fraxinus excelsior*.

Tolmezzo è caratterizzato dall'essere l'unico popolamento in cui *Taxus baccata* viene

sottoposto a periodici tagli, dietro prescrizioni specifiche e puntuali delle guardie forestali. Tale utilizzazione riguarda singole piante identificate, marcate e utilizzate per ottenerne legname di pregio.

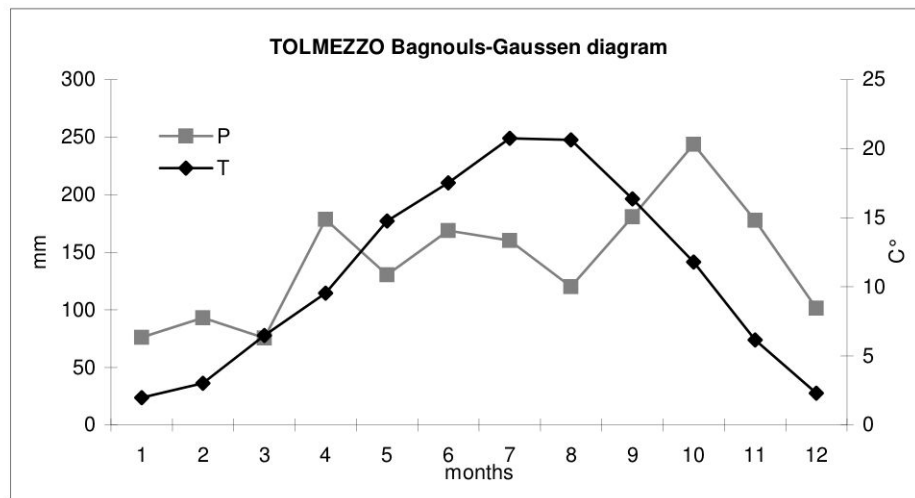


Illustrazione 4: Diagramma Bagnouls-Gaussen, Tolmezzo

Carpineto Romano (RM)

Il popolamento di Carpineto Romano è situato in un canale del monte Semprevisa facente parte della catena dei Monti Lepini. L'intero massiccio è calcareo. Il canale che ospita il popolamento ha un orientamento N-NE, ad una quota di circa 850 m s.l.m. Con un orientamento in direzione N-E.

Il popolamento di tasso segue un compluvio e risulta in parte in forra.

La vegetazione presente è costituita da faggio, agrifoglio e tasso.

Valle dell'inferno, Morino (AQ)

Valle dell'inferno è sita in comune di Morino, pur facendo amministrativamente parte della regione Lazio. Fa parte della riserva naturale di “Zompo Lo Schioppo”, in un vallone esposto a NE. L'intero massiccio è calcareo. Le specie arboree maggiormente presenti nei pressi del popolamento sono faggio, agrifoglio e tasso, sporadico acero di monte.

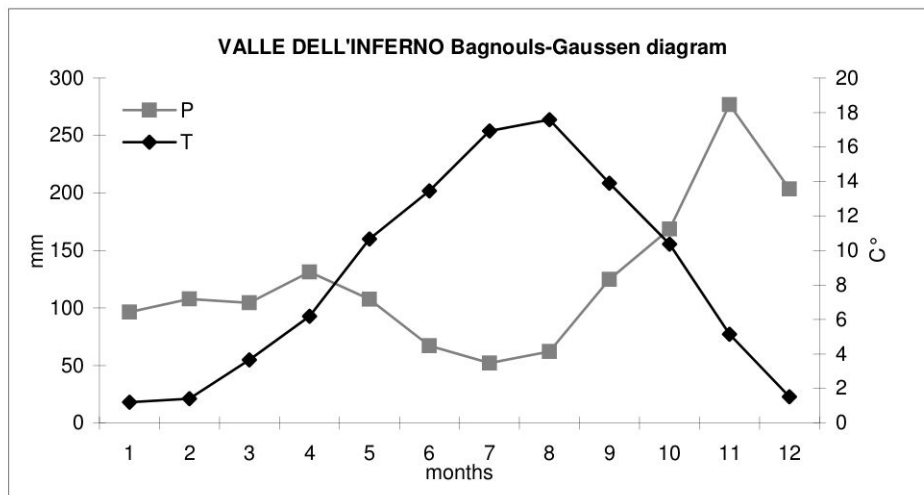


Illustrazione 5: Diagramma Bagnouls-Gaussen, Valle dell'Inferno

Pescopennataro(IS)

Il sito di Pescopennataro si trova nella parte nord est del Monte San Luca tra i 1280 e i 1300 m. di quota. Il substrato è molto simile a quello di Morino, costituito da calcare e fliish.

Anche la vegetazione è quella tipicamente appenninica con faggio, abete bianco, acero montano, frassino e occasionalmente cerro.

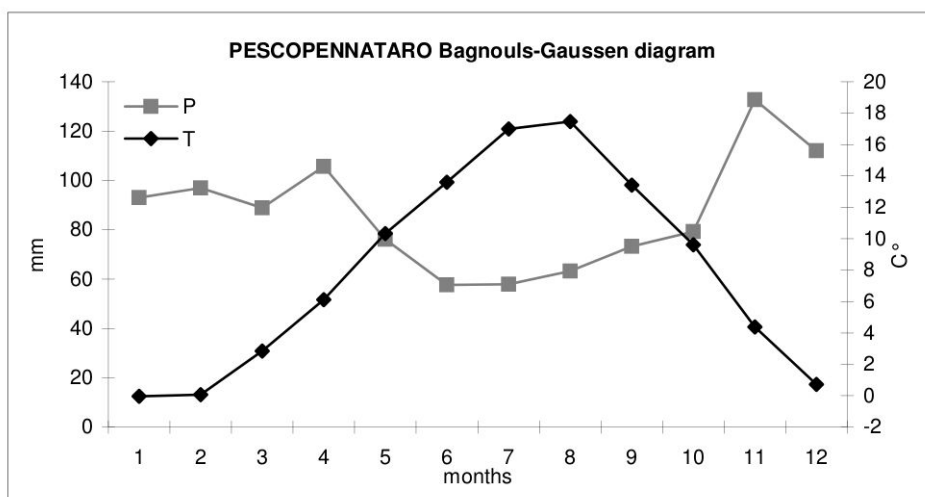


Illustrazione 6: Diagramma Bagnouls-Gaussen, Pescopennataro

Ortachis, Bolotana (NU)

Ortachis (identificata anche come *Ortakis*) è una piana in piena area del Marghine, posta ad una quota di circa 1000 metri s.l.m ricca di sorgenti. Le specie presenti sono lecci, roverelle, agrifogli, perastri, aceri.

I pascoli sono la maggiore evidenza del territorio posto a pochi chilometri dal popolamento di Badde Salighes. La pendenza del luogo è quasi nulla per cui parlare di una vera e propria esposizione risulterebbe fuorviante, la linea di maggior pendenza è comunque in direzione.

Per quanto riguarda l'inquadramento climatico, i tre siti isolani rientrano nella stessa cella, essendo distanti meno di trenta chilometri, viene quindi riportato a titolo esemplificativo il diagramma di Sos Nibberos, poiché in cima a Monte Rasu è presente la stazione meteorologica.

Badde Salighes, Bolotana (NU)

Badde Salighes è una vallata distante circa due chilometri da Ortachis. La vallata ha una storia recente molto interessante che ha influito sulle sorti del lavoro qui esposto. Tra il 1879 e il 1883 infatti, a titolo di parte del compenso per la progettazione e costruzione di una parte della ferrovia della Sardegna, l'ingegnere ferroviario Benjamin Piercy, ottenne la prelazione dell'acquisto parte della suddetta tenuta, per un totale di oltre 2000 ha, “*dove impiantò una fra le aziende agricole più estese e più razionali della Sardegna di fine Ottocento*”(Carta, 1987).

Dai documenti dell'epoca si evince che tra le intenzioni di Piercy vi fosse quella di utilizzare le tenute acquisite (oltre che Badde Salighes anche quella di *Padrumannu*) per ottenere legname da destinare alla produzione di traversine ferroviarie e alla costruzione della ferrovia più in generale.

In alcune aree vennero effettuati rimboschimenti a scopo produttivo con *Pinus domestica* e *Larix decidua*.

Sempre dai documenti si evince come il Piercy, cercò di far convivere le essenze naturali come agrifoglio e tasso con essenze importate come nella parte di bosco dove successivamente costruì la sua villa, che venne modificata profondamente con la costituzione di un arboreto ricco di specie quali *Abies alba*, *Abies pinsapo*, *Abies cephalonica* e *Abies nordmanniana*, *Calocedrus decurrens*, *Cedrus atlanticus* e *Cedrus deodara*.

La famiglia Piercy ebbe varie vicissitudini con alterne fortune, soprattutto alla morte dell'ingegnere avvenuta nel 1888.

A questo punto le documentazioni cessano di avere l'importanza che avevano all'epoca del fiorire dell'azienda. Si rincorrono realtà e leggende che arrivano fino all'ultima discendente, donna Vera che venne costretta dalle circostanze economiche a cedere la proprietà ai privati.

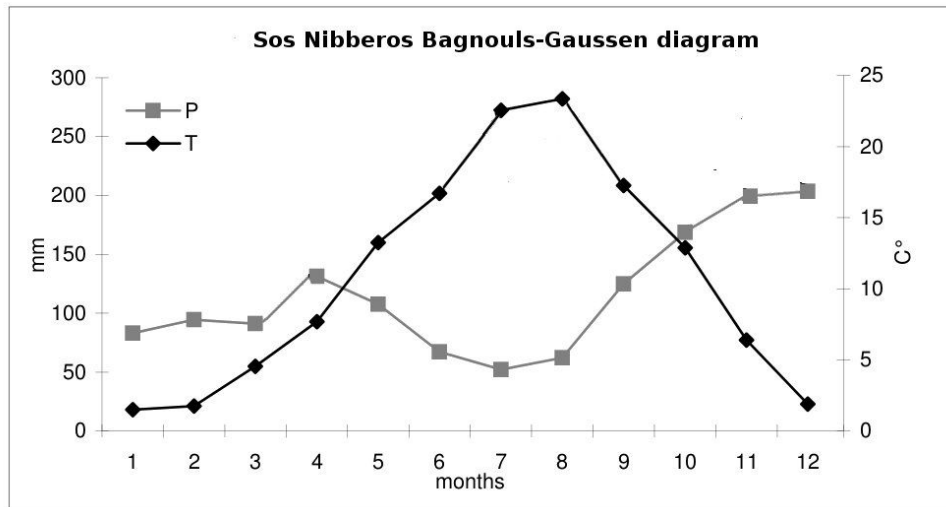
Parte della proprietà venne riacquisita da un consorzio pubblico volto a cercare di limitare la decadenza in cui versavano il territorio e la villa intorno ai primi anni 90.

Le altre porzioni di bosco non vennero sottoposte ad altrettanti sconvolgimenti, specialmente quelli in prossimità del popolamento in esame, dove comunque (dettaglio molto importante nell'evoluzione successiva) venne impiantato a scopo produttivo il castagno.

Sos Nibberos, Bono (SS)

Sos Nibberos è una valle esposta a nord del Monte Rasu in cui la concentrazione di tassi è elevatissima. Il substrato è calcareo, la quota del popolamento di tasso è intorno ai 1020 m. s.l.m. Con orientamento N/N-O. Anche il Monte Rasu ha vissuto periodi di rimboschimento che hanno visto l'apporto di castagno, il pino nero, il pino domestico, il pino d'Aleppo, il pino marittimo, il cipresso sempreverde, cipresso dell'Arizona e, più sporadicamente cedro atlantico, cedro deodara in special modo nel lato meridionale.

L'area della tassetta è stata preservata da questi interventi ed oggi è monumento naturale². L'intero popolamento è compreso in oltre 7 ettari.



INDAGINI DENDROMETRICHE

Identificati i siti di studio, è stata effettuata un'indagine ecologica al fine di evidenziarne le caratteristiche ecologiche di base. Tutte le piante di tasso circoscritte nell'area di studio sono state analizzate, col rilievo del diametro, altezza, cormia, stato fitosanitario e sesso.

La soglia minima misurabile è stata scelta in almeno 4 cm di diametro a petto d'uomo³.

Il diametro è stato rilevato con cordella diametrica allo scopo di ridurre gli errori, l'altezza e le distanze sono state misurate con il vertex.

Il sesso è stato identificato attraverso analisi visiva dell'infiorescenza.

La classificazione dei sessi è stata così stabilita:

m=maschi;

2 <http://www.sardegnaambiente.it/j/v/152?s=8479&v=2&c=7191&t=1> consultato l'ultima volta il 18/05/2012

3 Com'è noto per diametro a petto d'uomo (internazionalmente DBH, “Diameter at Breast Height”) si intende il diametro misurato a 130 cm di altezza.

f=femmine;

mf=espressione di entrambi i sessi;

n=sexo inespresso (individuo neutro);

si è inoltre ritenuto di differenziare:

k=individuo morto.

A queste caratteristiche si è aggiunta la posizione tramite GPS di ogni singola pianta, dato che non è stato possibile acquisire per ogni popolamento, a causa dell'impossibilità nell'acquisizione dei satelliti in ogni popolamento.

Per ogni popolamento l'indagine ecologica è stata completata con delle aree di saggio di raggio variabile tra i 12 e i 15 metri, in dipendenza della situazione stazionale.

In ogni area di saggio è stato misurato la specie, il diametro e lo stato di ogni pianta inclusa. Le altezze sono state misurate per un numero congruo di individui. Le aree di saggio sono state restituite successivamente in superficie equivalente in considerazione della pendenza.

Il trattamento dei dati è stato effettuato per la parte statistica e matematica con il software open-source R-cran (R Development Core Team, 2005); Grass-Gis (Team, 2009) e Q-Gis (Team, 2011) sono stati invece impiegati per la trattazione dell'informazione spaziale.

Risultati

ANALISI DELLE DISTRIBUZIONI DELLE VARIABILI DENDROMETRICHE IN FUNZIONE DEL SESSO.

La distribuzione dei popolamenti ha ricoperto come già visto un'ampia porzione latitudinale dell'Italia. Sono state oggetto di studio un totale di 2100 piante.

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le statistiche descrittive sintetiche dei popolamenti⁴.

Foresta Umbra (1033 piante)			
Sesso	Cormia	Diametro	Altezza
f :324	m:417	Min. : 3.00	Min. : 1.70
m :418	p:616	1st Qu.: 9.00	1st Qu.: 4.20
mf: 1	NA	Median : 64.00	Median :10.20
n :290	NA	Mean : 55.18	Mean :10.19
NA	NA	3rd Qu.: 93.00	3rd Qu.:15.20
NA	NA	Max. :163.00	Max. :26.80

Tolmezzo (212 piante)			
Sesso	Cormia	Diametro	Altezza
f:83	m:196	Min. : 7.00	Min. : 4.50
m:93	p: 15	1st Qu.:13.00	1st Qu.: 8.80
n:35	NA	Median :19.00	Median :10.90
NA	NA	Mean :19.87	Mean :11.24
NA	NA	3rd Qu.:25.00	3rd Qu.:13.45
NA	NA	Max. :44.50	Max. :24.00

4 L'intero record dei dati è presente nel capitolo degli allegati.

Valle dell'Inferno (201 piante)			
Sesso	Cormia	Diametro	Altezza
f: 73	m:149	Min. : 3.0	Min. : 2.000
m:104	p: 52	1st Qu.: 12.0	1st Qu.: 5.800
n: 24	NA	Median : 37.0	Median : 8.300
NA	NA	Mean : 36.9	Mean : 8.873
NA	NA	3rd Qu.: 58.0	3rd Qu.:11.300
NA	NA	Max. :121.0	Max. :21.400

Pescopennataro (38 piante)			
Sesso	Cormia	Diametro	Altezza
f :12	NA	Min. : 4.800	Min. :1.90
m :22	NA	1st Qu.: 6.775	1st Qu.:3.30
mf: 3	NA	Median : 8.000	Median :4.30
n : 1	NA	Mean : 8.791	Mean :4.27
NA	NA	3rd Qu.: 9.750	3rd Qu.:5.20
NA	NA	Max. :26.000	Max. :7.50

Ortachis (80 piante)			
Sesso	Cormia	Diametro	Altezza
f:21	m:79	Min. : 4.80	Min. : 3.700
m:54	p: 1	1st Qu.: 11.47	1st Qu.: 8.875
n: 5	NA	Median : 63.95	Median :10.250
NA	NA	Mean : 58.91	Mean :10.211
NA	NA	3rd Qu.: 88.30	3rd Qu.:11.600
NA	NA	Max. :158.50	Max. :16.500

Badde Salighes (286 piante)			
Sesso	Cormia	Diametro	Altezza
f : 50	b: 23	Min. : 4.50	Min. : 0.500
k : 95	m:253	1st Qu.: 19.40	1st Qu.: 6.000
m :130	p: 10	Median : 47.60	Median : 7.650
mf: 1	NA	Mean : 52.13	Mean : 7.887
n : 10	NA	3rd Qu.: 83.33	3rd Qu.: 9.900
NA	NA	Max. :238.70	Max. :16.200

Sos Nibberos (250 piante)			
Sesso	Cormia	Diametro	Altezza
f: 67	b: 63	Min. : 8.912	Min. : 2.000
k: 11	m:153	1st Qu.: 21.364	1st Qu.: 7.525
m:163	p: 34	Median : 28.326	Median :10.200
n: 9	NA	Mean : 33.163	Mean :10.046
NA	NA	3rd Qu.: 38.113	3rd Qu.:12.575
NA	NA	Max. :120.942	Max. :17.800

L'applicazione dei classici test statistici all'intero popolamento non hanno permesso apprezzabili differenze strutturali ne peculiarità particolari in dipendenza del sesso.

Si è quindi proceduto nello studio e nella determinazione dell'andamento delle curve scaturite dalla distribuzione delle variabili dendrometriche, sia per il diametro che per l'altezza.

I dati relativi a diametro ed altezza sono stati dapprima classificati e quindi ordinati per classi.

La classificazione è stata effettuata ottenendo il numero delle classi come l'intero più vicino alla radice quadrata del numero dei *record* per tutti i popolamenti per permettere un agevole confronto dall'andamento delle curve di distribuzione.

Il risultato di questa prima classificazione è visibile in alcuni esempi nell'illustrazione 8 gli altri istogrammi , maggiormente dettagliati e suddivisi per sesso sono stati riportati in appendice (pag .79-85)

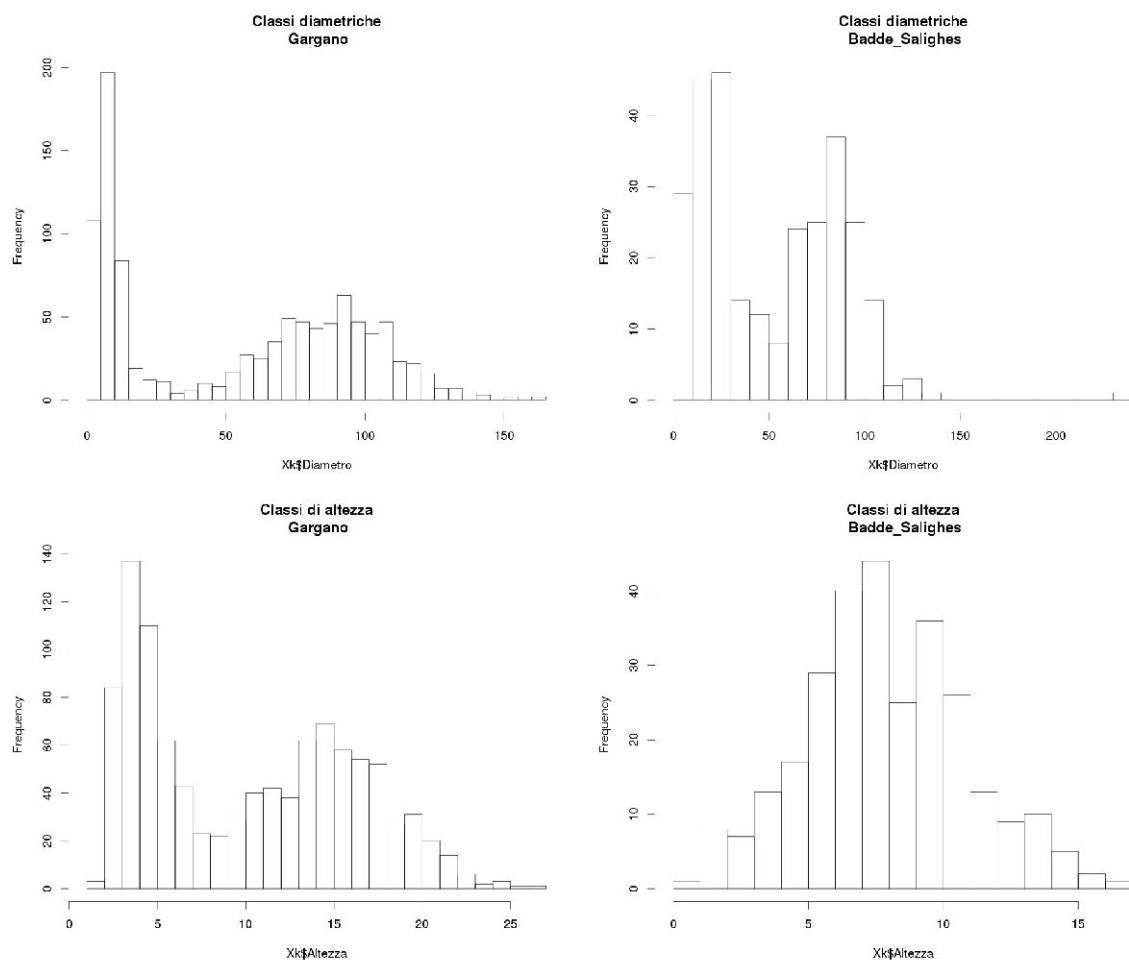


Illustrazione 7: Esempio di andamento delle distribuzioni dendrometriche per classi

L'andamento degli istogrammi così ottenuti è stato enfatizzato attraverso l'uso dello *kernel density estimator*. Il *kernel density estimator* è un metodo non parametrico per rappresentare una distribuzione non continua come se lo fosse. La stima della densità in un punto x è quindi una media dalle funzioni K centrate tra due valori, mentre h rappresenta la dispersione tra i punti ed è definito come valore di ampiezza di banda.

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x - x_i) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right),$$

Tali modalità di rappresentazione degli andamenti sono apprezzabili in appendice (pag.91-96)

Tali rappresentazioni sono state applicate alle distribuzioni sia per ogni pianta del popolamento indistintamente, sia separando i sessi osservati.

Dalle immagini si può notare la differenza d'andamento delle curve secondo il sesso.

Prendendo in considerazione i soli individui neutri (pag 94-95), si può notare come facciano (quasi per intero) parte di quella che viene qui identificata come “prima campana” ovvero la parte della curva in cui la funzione esprime il primo massimo locale che prosegue fino al minimo locale. Questo tipo di comportamento è logico in quanto gli individui definiti “neutri” sono per lo più individui che non hanno ancora espresso il sesso, per cui si trovano nelle classi diametriche inferiori.

Le uniche incertezze sul campo nell'attribuzione del sesso sono infatti dovute alle sole condizioni del momento (inserzione troppo alta della chioma, condizioni climatiche che abbiano dilavato per intero le infiorescenze, etc.). Le piante non aventi ancora la maturità sessuale lasciano poco spazio a incertezze a causa dell'esiguo diametro.

Da un'analisi visiva delle curve si nota immediatamente come le differenze strutturali siano differenti per sesso nella seconda campana rispetto alla prima, in ogni popolamento che presenta la separazione.

A questo proposito si è operata una divisione delle campane. Per attuare l'operazione è stato identificato il minimo locale della curva che separa idealmente le due campane. In questo modo il popolamento originario viene suddiviso in due sub-popolamenti in base alle dimensioni. La soglia di separazione non è stata quindi scelta in maniera totalmente arbitraria, ma dettata dall'andamento naturale della distribuzione.

Si può inoltre vedere chiaramente come due popolamenti non presentino la bimodalità tipica degli altri popolamenti.

Nel caso di Sos Nibberos, la spiegazione è decisamente semplice, in quanto osservando i dati si evince subito come solo poche unità siano presenti oltre i 60 cm di diametro. A differenza dunque degli altri popolamenti, benché questo sia un popolamento con una densità elevatissima di piante di tasso, l'età complessiva è decisamente inferiore a tutti gli altri popolamenti, per cui pur non potendo affermarlo con certezza si può supporre, vista l'eccellenza, che la bimodalità in questo caso non sia ancora presente (la trattazione di questo argomento è esplicitata nelle conclusioni).

Un comportamento simile a Sos Nibberos si è osservato per Tolmezzo. Il popolamento di Tolmezzo ha però una storia differente rispetto al popolamento sardo. L'utilizzazione

periodica infatti, è stata a carico delle piante di tasso con una tecnica assimilabile a quella “per piede d'albero”, ovvero con una scelta ragionata sull'eventualità del taglio.

Se da una parte questo non ha particolarmente danneggiato il popolamento (che vegeta in condizioni ecologiche favorevoli) dall'altro non può non averne modificato negli anni la struttura che oggi ha un andamento quasi completamente normale o gaussiano.

Per tutti gli altri popolamenti dunque si è operata una cesura in corrispondenza del minimo locale.

A questo punto sono state esaminate le curve così ottenute.

Il primo esame ha riguardato la normalità. Per poter effettuare correttamente i test statistici di seguito descritti è necessario operare con curve normali o normalizzate.

Tra i tanti test di normalità disponibili si è optato per i test di *Kolmogorov-Smirnov* e di *Pearson chi-square*.

In tabella 1 vengono riportate le soglie di separazione delle curve e il risultato dei test.

Popolamento	Variabile	Soglia (m)	Records	p.value (Pearson)	p.value (KS.test)
Foresta Umbra	Diametro	0.35	598	0.11	0.81
	Altezza	7.00	594	0.34	0.76
Valle dell'Inferno	Diametro	0.20	125	0.13	0.96
	Altezza	7.00	126	0.12	0.41
Tolmezzo	Diametro	0.00	211	3.38e-05	0.13
	Altezza	0.00	211	0.33	0.50
Badde Salighes	Diametro	0.35	157	0.06	0.12
	Altezza	0.00	286	0.05	0.88
Ortachis	Diametro	0.40	53	0.11	0.88
	Altezza	5.00	78	0.95	0.80
Sos Nibberos	Diametro	0.00	216	0.11	0.37
	Altezza	0.00	250	0.81	0.75

Tabella 1: Soglie di separazione dei sub-popolamenti

Per quanto riguarda Sos Nibberos il taglio della distribuzione ha riguardato invece i soli record diametrici superiori ai 50 centimetri (34 record in tutto). Il risultato visuale di tali grafici è riportato in appendice (pag. 101-106)

Si è quindi proceduto a cercare se vi fossero differenze tra le distribuzioni di altezza e diametro tra i maschi e le femmine. In particolare si è cercato di capire se oltre una certa

soglia di diametro e di altezza ci fossero significative differenze tra maschi e femmine.

Alcune differenze erano già di per se apprezzabili quando si sono sviluppate le curve ipsometriche, di cui l'esempio di Badde Salighes è di seguito riportato (le altre sono visionabili in appendice (pag 86-89)).

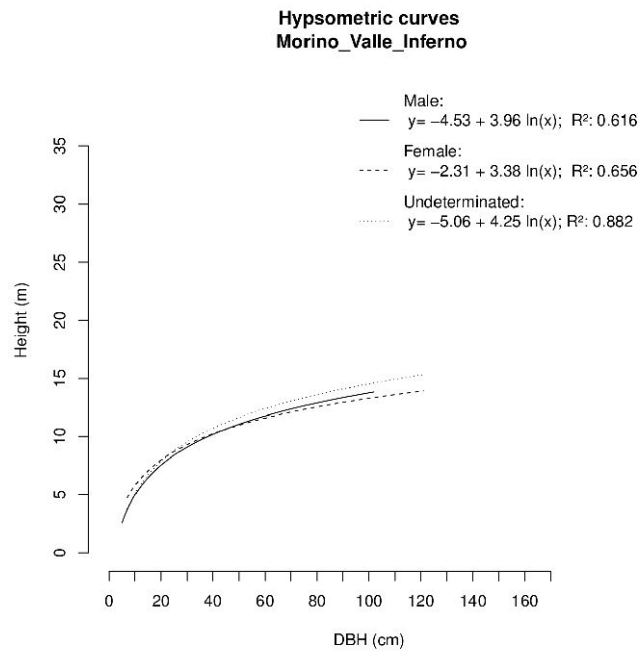


Illustrazione 8: Curva ipsometrica dei tassi di Valle dell'Inferno divise per sesso

Per fare questo si è proceduto con un t test per comparare le due varianze per popolamento (distribuzione dei maschi e delle femmine)

Tale test ha avuto i risultati evidenziati in tabella 2. Per cui in tutti i popolamenti fatta eccezione per quello di Tolmezzo e Sos Nibberos, ci sono evidenze di significative differenze strutturali tra maschi e femmine.

Popolamento	Variabile	t.test
Foresta Umbra	Diametro	0.000000
	Altezza	0.000000
Valle dell'Inferno	Diametro	0.000000
	Altezza	0.018100
Tolmezzo	Diametro	0.890100
	Altezza	0.709600
Badde Salighes	Diametro	0.049700
	Altezza	0.033200
Ortachis	Diametro	0.000087
	Altezza	0.037000
Sos Nibberos	Diametro	0.690000
	Altezza	0.695400

Tabella 2: Esito dei t-test applicati

Le premesse fatte inducono a pensare che in riferimento a Tolmezzo il popolamento sia stato oggetto di importanti modificazioni strutturali antropogeniche che ne abbiano modificato il naturale andamento in maniera importante. Se infatti da un lato le modificazioni non sono state rivolte consciamente di preferenza verso un sesso, d'altra parte una modificazione distributiva strutturale può aver agevolmente appiattito qualsiasi differenza naturalmente apprezzabile.

Per quanto riguarda Sos Nibberos invece la situazione è differente, come già accennato tale popolamento è notevolmente più giovane (la media dei diametri è di 33 cm), fatto che si evince visivamente dalle distribuzioni di densità. Se le differenze tra i sessi dunque sono evidenti nella sola seconda parte della distribuzione, tale evidenza potrebbe non essersi ancora manifestata. Tali ipotesi verranno riprese nel capitolo dedicato alle conclusioni.

ANALISI DELLE VARIAZIONI NELLA SEX-RATIO INTRA E INTER POPOLAMENTO

La seconda parte dell'indagine ha riguardato la *sex-ratio*.

In prima istanza si può significativamente apprezzare la differenza tra *sex-ratio* nei popolamenti peninsulari e in quelli sardi:

Popolamento	Sex-ratio
Tolmezzo	1,12
Foresta Umbra	1,29
Morino	1,42
Pescopennataro	1,83
Sos Nibberos	2,43
Ortachis	2,57
Badde Salighes	2,6

Tabella 3: Andamento del Sex-ratio nei popolamenti

Come si può notare da questa semplice tabella (3) il rapporto tra i sessi è fortemente sbilanciato in favore dei maschi nei popolamenti insulari

Per procedere con l'analisi del rapporto tra i sessi si è valutato il rapporto di quest'ultimo con la copertura esercitata dalle piante che costituiscono

Quest'analisi è stata effettuata nei soli popolamenti sardi.

Si è operato con una spazializzazione delle aree di saggio in tutta la superficie rappresentata.

Attraverso i rilievi effettuati sul posto si è proceduto tramite GPS a circoscrivere le aree rappresentate dalle aree di saggio effettuate.

All'operazione di spazializzazione della copertura è seguita un operazione di ricampionamento.

Avendo a disposizione infatti tre popolamenti per effettuare quest'analisi, si è suddiviso ogni popolamento in tanti sub-popolamenti. Quest'operazione è stata necessaria per poter aumentare il campionamento e quindi valutare con maggiore precisione e minore accuratezza le variazioni nella *sex-ratio* nello spazio.

Le nuove sub-aree sono state identificate applicando una griglia di estensione variabile a seconda della densità delle piante di tasso nel popolamento (Subsampled Area(ha)=(p/ha)*2.4)

Tale operazione si è resa necessaria poiché il numero di piante ad ettaro è estremamente variabile tra i tre popolamenti.

Privilegiando la superficie come elemento di suddivisione dei popolamenti si sarebbero ottenute delle particelle in cui il tasso sarebbe stato pressoché assente nei popolamenti meno densi, falsando così il rapporto esistente tra i sessi.

La dimensione della superficie di ogni maglia della griglia è stata quindi dimensionata in base alla densità ad ettaro del numero di piante di tasso. Le griglie, di forma rettangolare, hanno un rapporto moltiplicativo tra base e altezza di 1.4.

A seguito dell'operazione, è stato ricalcolato il *sex-ratio* per ogni sub popolazione ottenuto, con l'esclusione dei popolamenti costituiti da un unico individuo. Il rapporto così ottenuto è stato quindi confrontato con i dati ricavati dalle aree di saggio.

Per ogni area di saggio sono stati ricavati i seguenti parametri:

- Pianta ad ettaro per il numero di piante complessive;
- Pianta ad ettaro per specie;
- Altezza media complessiva;
- Altezza media per specie;
- Area basimetrica complessiva;
- Area basimetrica per specie.

Le variabili identificate sono un totale di 17.

I dettagli delle aree di saggio sono riportati in appendice (pag. 71-79)

In prima istanza si è dunque proceduto con un'analisi delle componenti principali per verificare quali fossero le variabili che maggiormente potevano influire sul rapporto tra i sessi. I dati sono stati standardizzati ed è stata usata una matrice di correlazione

Sono state effettuate le Analisi delle Componenti Principali (PCA) relativamente a tre gruppi di variabili identificati in:

- Numero di piante ad ettaro (per specie e complessivo)
- Altezza media (per specie e media complessiva)

- Area basimetrica (per specie e complessiva)

In matrice sono stati disposti i sub-popolamenti e nelle colonne le variabili considerate.

I sub popolamenti sono identificati da una sigla univoca composta dalle iniziali del toponimo più un numero progressivo: BS (Badde Salighes), SN (Sos Nibberos), OR (Ortachis).

Dalla prima analisi, estratti i valori di varianza si evince quanto segue:

PCA Piante ad Ettaro	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6
Standard deviation	417.2637	277.0706	71.0350	38.3400	4.434770e+00	3.293587e+00
Proportion of Variance	0.6764	0.2982	0.0196	0.0057	7.640011e-05	4.213956e-05
Cumulative Proportion	0.6764	0.9746	0.9942	0.9999	9.999579e-01	1.000000e+00

le prime due componenti spiegano ben il 97% della varianza, con un 67% di varianza relativa alla prima componente.

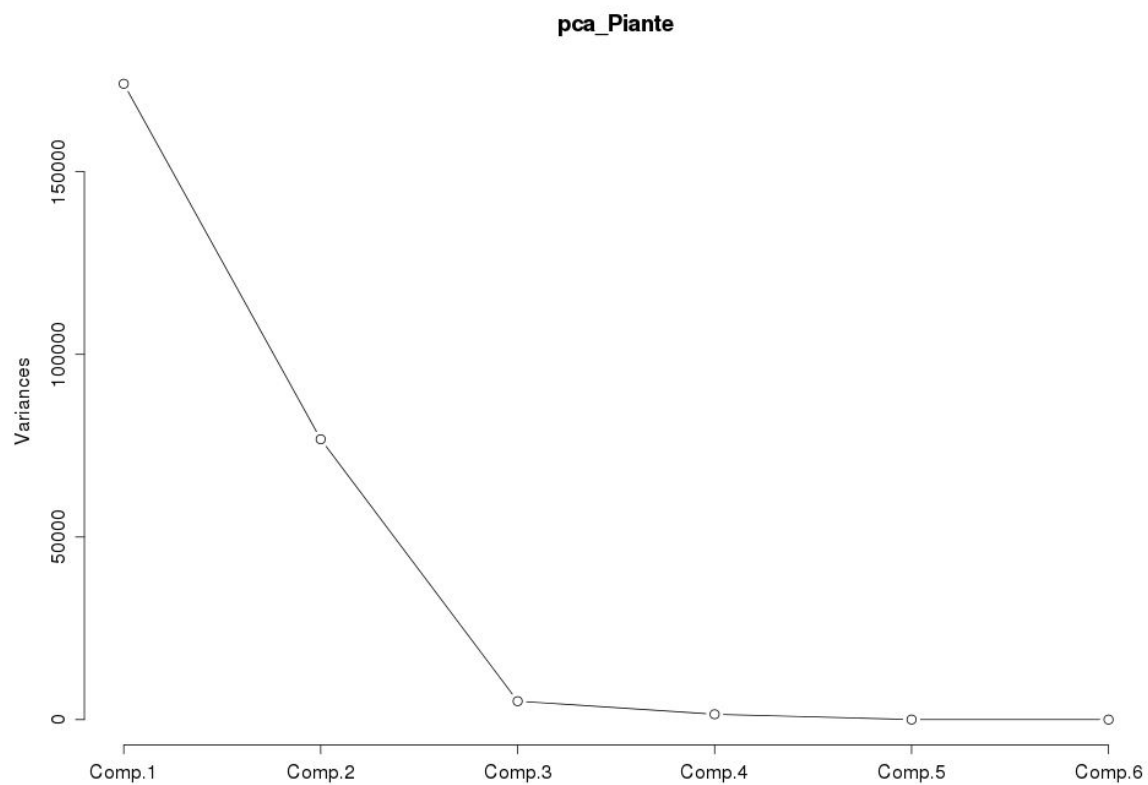


Illustrazione 9: Piante ad ettaro e SR, screeplot della spiegazione delle componenti principali.

maggiore densità, di pari passo con *I. aquifolium*.

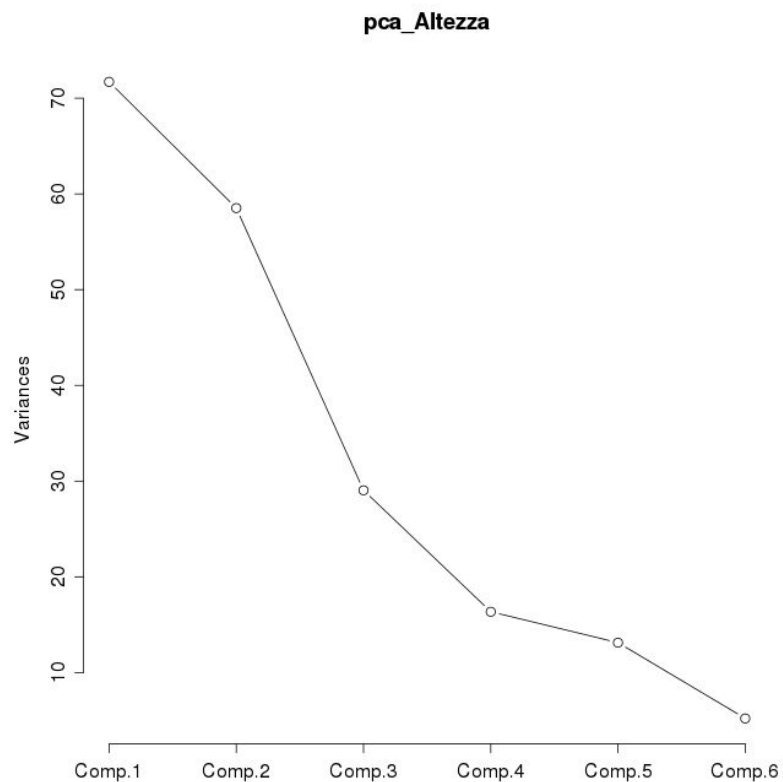
La componente principale due appare fortemente influenzata dalla variabilità di *Q. ilex*.

La seconda PCA è stata effettuata considerando il gruppo di variabili relative alle altezze.

La tabella riassuntiva delle varianze mostra quanto segue:

PCA Altezze	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6
Standard deviation	8.4681	7.6501	5.3891	4.0441	3.6229	2.2825
Proportion of Variance	0.3697	0.3017	0.1497	0.0843	0.0677	0.0269
Cumulative proportion	0.3697	0.6714	0.8212	0.9055	0.9731	1.0000

La varianza spiegata, rispetto alle PC sarebbe del 67% in totale.



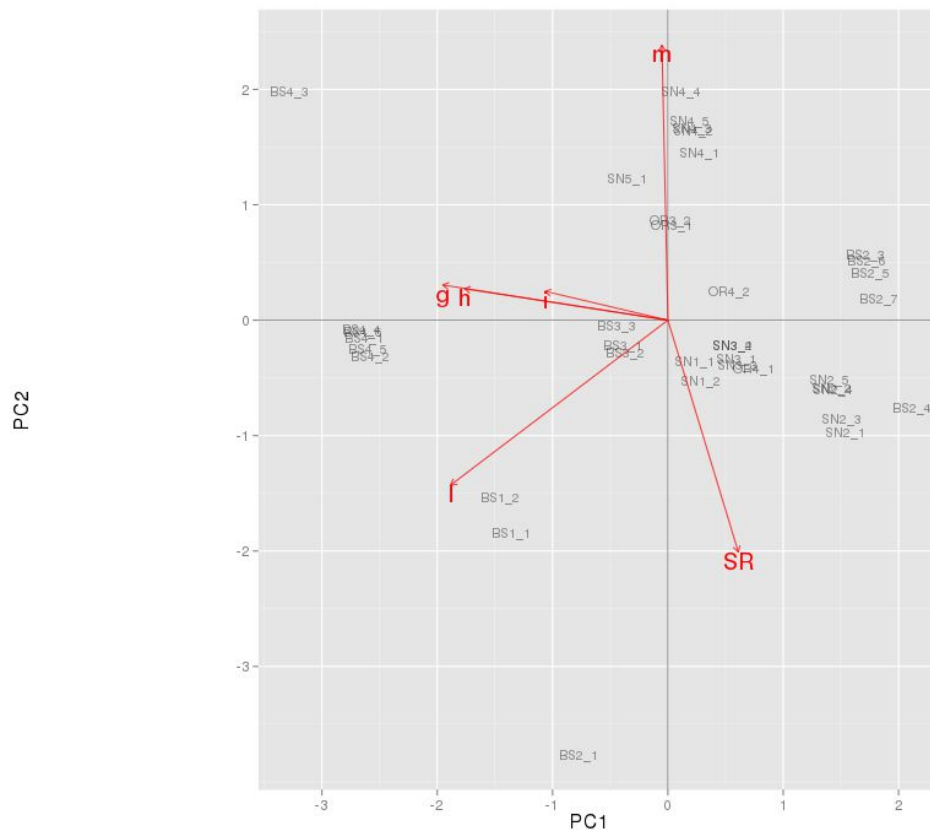


Illustrazione 11: PCA relative alle altezze specifiche per ettaro. (g) *Q.ilex*, (h) *Q.pubescens*, (i) *I.aquifolium*, (l) *C.sativa*, (m) Altre, (SR) Sex ratio

Si è operata quindi una rotazione delle prime due PC ottenendo quanto segue:

Rotazione attorno alle due PC		
Loadings:	Comp.1	Comp.2
g	-0.2960	
h	-0.6020	0.3710
i	-0.2640	
l	-0.6690	-0.1260
m	0.1780	0.9120

Con un valore di SR nullo.

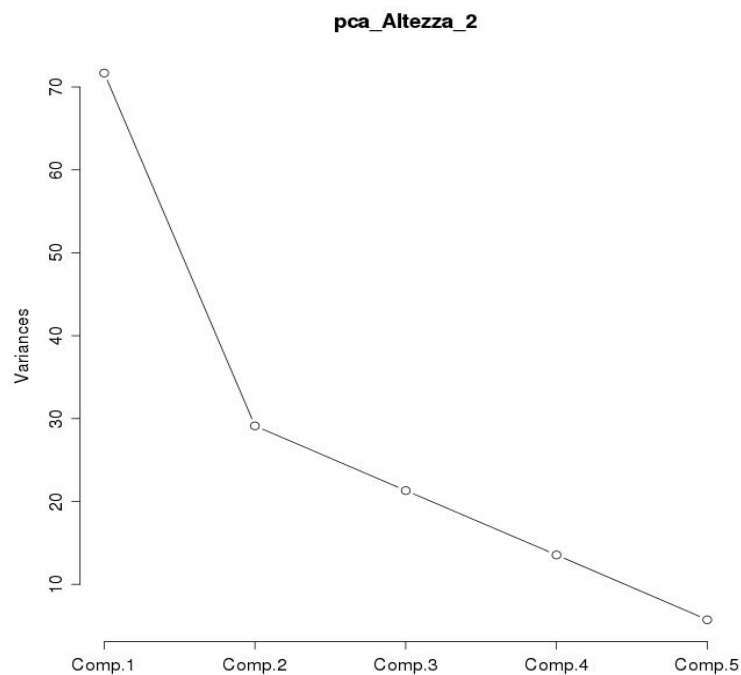
Il peso sulla seconda componente principale è fortemente determinato in senso positivo dalle sole specie minori, questo non deve essere motivo di sorpresa, è evidente come la variabilità delle specie minori possa essere notevole, soprattutto in assenza di motivi

numerici tali da determinarne una discriminazione.

Si è quindi operata una cesura con eliminazione delle altezze medie delle specie accessorie. La nova PCA ha permesso di spiegare meglio la varianza in questo modo:

PCA Altezze	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5
Standard deviation	8.4666	5.3967	4.6169	3.6809	2.3949
Proportion of Variance	0.5069	0.2060	0.1507	0.0958	0.0406
Cumulativeprop ortion	0.5069	0.7129	0.8636	0.9594	1.0000

Con oltre il 70% della varianza presente nelle prime due componenti, così come evidenziato nella seguente illustrazione:



E quindi:

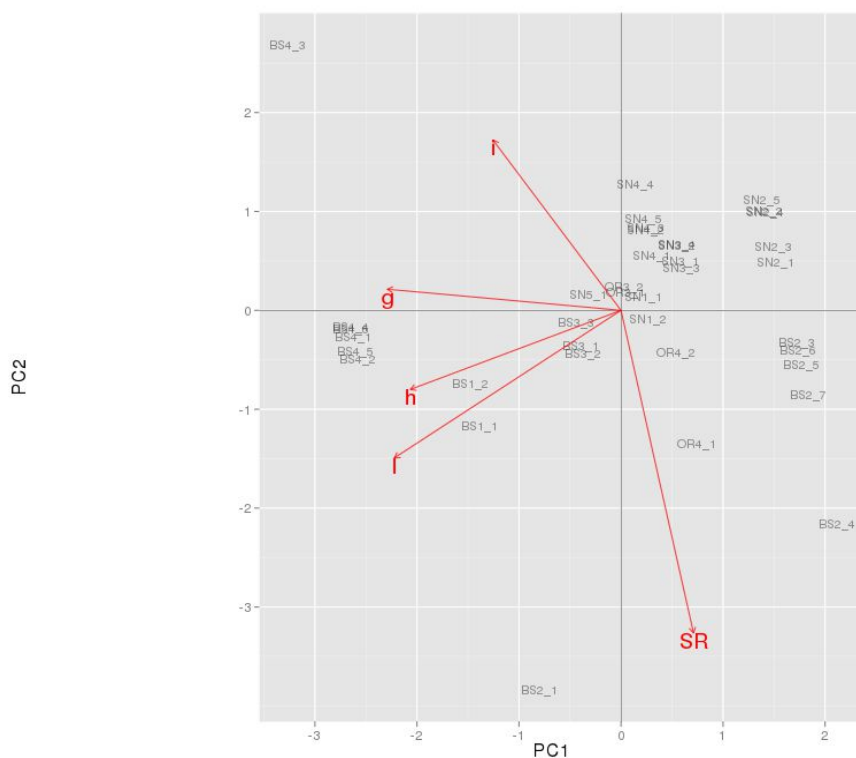


Illustrazione 12: PCA relative alle altezze specifiche per ettaro. (g) *Q. ilex*, (h) *Q. pubescens*, (i) *I. aquifolium*, (l) *C. sativa*, (SR) Sex ratio

Il grafico mostra una separazione pressoché netta dei popolamenti SN e BS nei quadranti uno e tre con una tendenza alla linearizzazione nel quarto in cui sembra esserci una continuità lineare tra SN e BS. La componente due è fortemente spiegata da SR come è possibile vedere osservando l'angolo acuto formato dalla PC2 e SR.

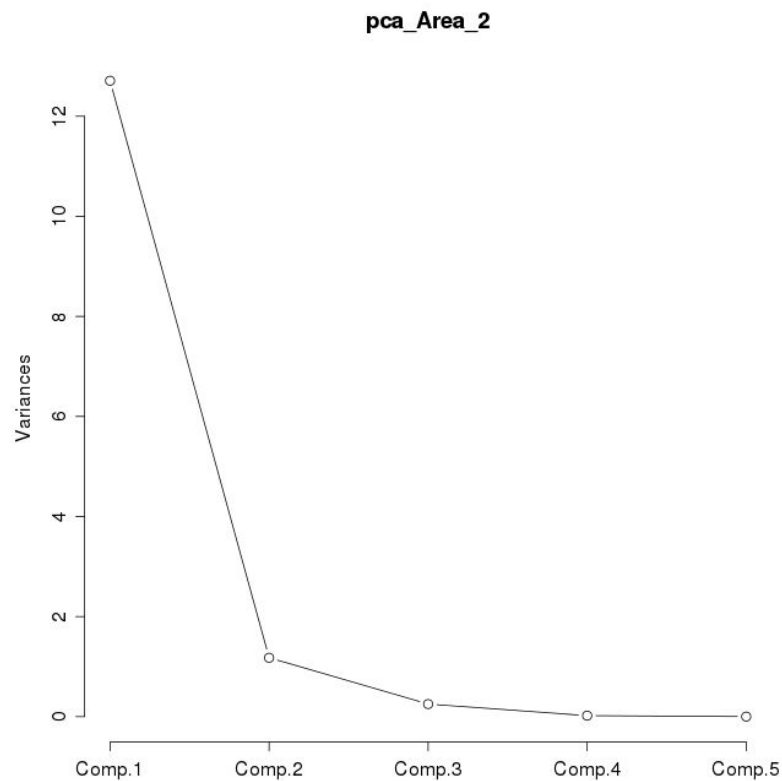
La SR che in realtà è la variabile che maggiormente ci interessa si discosta diametralmente da *I. aquifolium*, mentre proprio quest'ultimo assieme a *C. sativa* sembrano essere proprio le variabili che influenzano la dispersione dei dati nelle due PC.

L'ultima PCA ha infine riguardato l'area basimetrica.

La variabilità cumulata nelle prime due PC è in questo caso molto interessante

PCA G	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5
Standard deviation	3.5652	1.0850	0.5012	0.1403	3.314925e-02
Proportion of Variance	0.8977	0.0831	0.0177	0.0014	7.760421e-05
Cumulative proportion	0.8977	0.9808	0.9985	0.9999	1.000000e+00

arrivando al 98%.



La rappresentazione grafica della PCA mostra una migliore dispersione dei dati rispetto alle precedenti analisi.

I punti relativi a BS sono quasi interamente assenti nel quarto quadrante..

Le PC e la relativa distribuzione dei punti sul piano sono spiegate da *Q. ilex* per quanto riguarda la PC2, e SR la PC1.

La disposizione dei punti è influenzata in maniera simile anche se in versi differenti da *I. aquifolium* e *C. sativa*. La variabilità nei sub-popolamenti appare (in rapporto al SR) essere disposta in direzione lineare verso i popolamenti BS, con un “allontanamento” dai popolamenti SN.

Le analisi effettuate con la tecnica della PCA sono servite come passaggio per rafforzare ulteriormente le decisioni implementate nella successiva parte dei risultati.

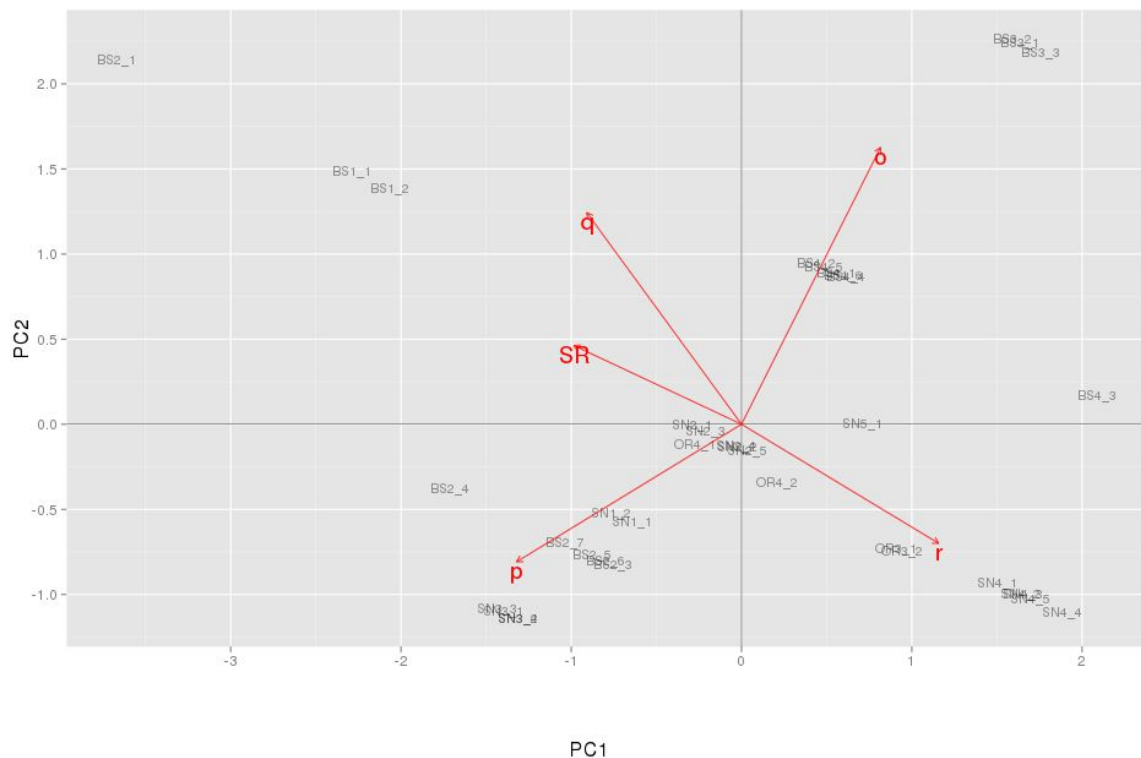


Illustrazione 13: PCA relative alle altezze specifiche per ettaro. (o) *Q. ilex*, (p) *Q. pubescens*, (q) *I. aquifolium*, (r) *C. sativa*, (SR) Sex ratio

In seguito alla discussione dell'andamento nella variabilità del SR in relazione ai parametri presi in considerazione, si è ritenuto utile capire se ci fosse una tendenza alla linearità nella correlazione tra SR stesso e gli altri parametri.

Si è dunque proceduto a quantificare se ci fosse una tendenza alla linearità con le variabili già prese in considerazione.

Per questo tipo di analisi si è operata una regressione lineare.

In prima istanza si sono prese, per gruppi, le stesse variabili già menzionate.

Solo il gruppo relativo alla variabile “Area basimetrica” sono risultate avere una qualche correlazione con il SR.

L'unico parametro che ha dato una risposta nettamente positiva alla regressione è stata l'area basimetrica dell'agrifoglio. In particolare si è potuto osservare come l'area basimetrica sia correlata esponenzialmente con il SR, così come è possibile vedere nell'output del test:

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.3099	-0.2976	-0.2976	-0.0931	3.4023

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-8.988e-02	1.390e-01	-0.647	0.52205
exp(QSR\$SR)	1.632e-06	4.113e-07	3.968	0.00033 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8456 on 36 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3043, Adjusted R-squared: 0.285

F-statistic: 15.75 on 1 and 36 DF, p-value: 0.0003305

L'intercetta è rappresentata dall'area basimetrica di *I. aquifolium*, il regressore è l'esponenziale naturale dei SR.

Va tuttavia fatto notare come nonostante il test sia positivo ($p\text{-value} < 0.05$) l' R^2 non dà sufficiente affidabilità per una generalizzazione del modello. Essendo stati confrontati un totale di 38 sub-popolamenti si può ragionevolmente ritenere che il numero di campioni non sia sufficiente per ottimizzare la linea di trend benché il modello risponda bene.

Benché dunque si possa affermare che la linea di trend esista e sia robusta non possiamo con i dati in possesso costruire un modello lineare robusto che permetta una predittività.

Un altro test che si è applicato è quello della correlazione esistente tra il numero di individui morti (un totale di 95 piante su 295, costituenti ben il 35.8% del totale) e le variabili ambientali considerate.

La correlazione in questo caso si è evidenziata in relazione al numero di piante di Castagno.

Il risultato della regressione visibile di seguito, mostra una robustezza paragonabile all'analisi precedente.

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-73.83	-24.46	-11.91	-11.91	133.81

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
--	----------	------------	---------	----------

```

(Intercept)      41.088      8.171      5.029 1.38e-05 ***
loglp(QSR$Morti)  51.331     14.152      3.627 0.000881 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 46.87 on 36 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2676,    Adjusted R-squared:  0.2473 
F-statistic: 13.16 on 1 and 36 DF,  p-value: 0.0008807

```

Benchè infatti i valori di p-value siano confortanti sulla regressione, il valore di R^2 invita ad essere prudenti sulla robustezza del fitting in quanto non raggiunge ancora una sufficienza tale da permettere una generalizzazione.

Va notato tuttavia che in questa sede non è importante generalizzare un modello, si è scelto di riportare queste analisi per caratterizzare un comportamento finora inedito sul tasso, il quale verrà più esaurientemente discusso nel capitolo successivo.

Un'ultima analisi infine è stata effettuata considerando quale sia l'andamento del SR in funzione dell'età. Il tasso non si presta ad analisi dendrocronologiche per la struttura stessa del fusto. Tra i limiti più evidenti che forniscono delle barriere all'interpretazione degli anelli di tasso vi sono: la presenza di costolature che rendono disomogenei, negli individui più grossi la disposizione e lo spessore degli anelli; la tendenza all'anastomosi dei fusti, sia nella fase giovanile che in fase avanzata; la presenza di cordoni di risalita (Schirone, 2003); non da ultimo il fatto che quasi tutti gli individui oltre i 40 centimetri sono cavi.

Per questi motivi non si è ritenuto di effettuare carotaggi dai fusti di tasso.

Per capire quale sia il trend di andamento dei valori di SR si è usato quindi il diametro, diviso in classi di età in maniera simile a come già si era visto a proposito della bimodalità.

Vengono dunque di seguito riportati dei barplot che rappresentano il rapporto tra maschi e femmine nelle diverse classi diametriche.

La scelta dell'ampiezza è stata effettuata in modo da evitare che ci fossero troppe classi scoperte, anche se proprio a causa della bimodalità, i popolamenti che la presentano hanno un'evidente flessione numerica in prossimità dei 30-50 cm.

Nonostante questa flessione, il numero di individui presenti per classe non è stato qui computato, se non per escludere le classi diametriche superiori ai 120 centimetri che

essendo troppo rare (tendenti all'unità) non potevano realisticamente essere prese in considerazione.

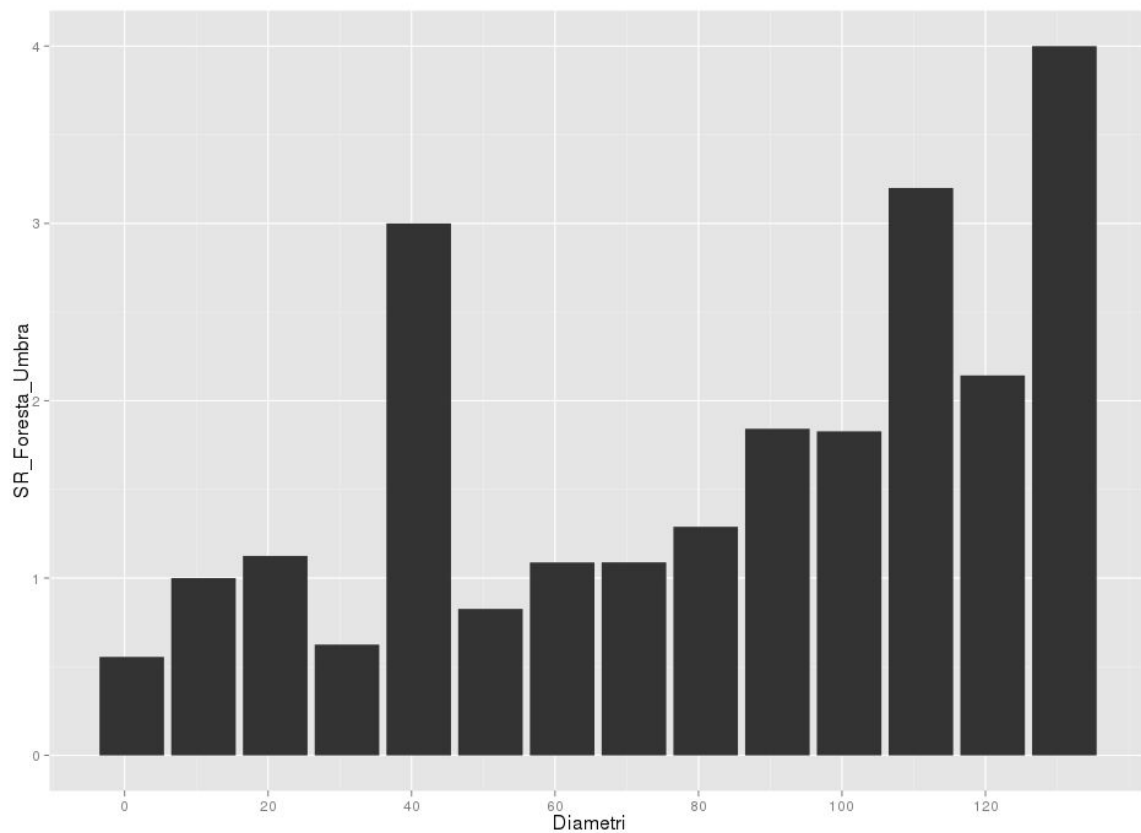


Illustrazione 14: Foresta Umbra: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche

L'andamento del SR nel Gargano, il popolamento più robusto, ha un andamento tendente alla linearità crescente, ed in effetti l'applicazione del modello di linearità restituisce un p-value di 0.005 con un R^2 di 0.45. Gli unici valori che sembrano discostarsi da questo andamento sono localizzati attorno ai 40 cm e 110 cm.

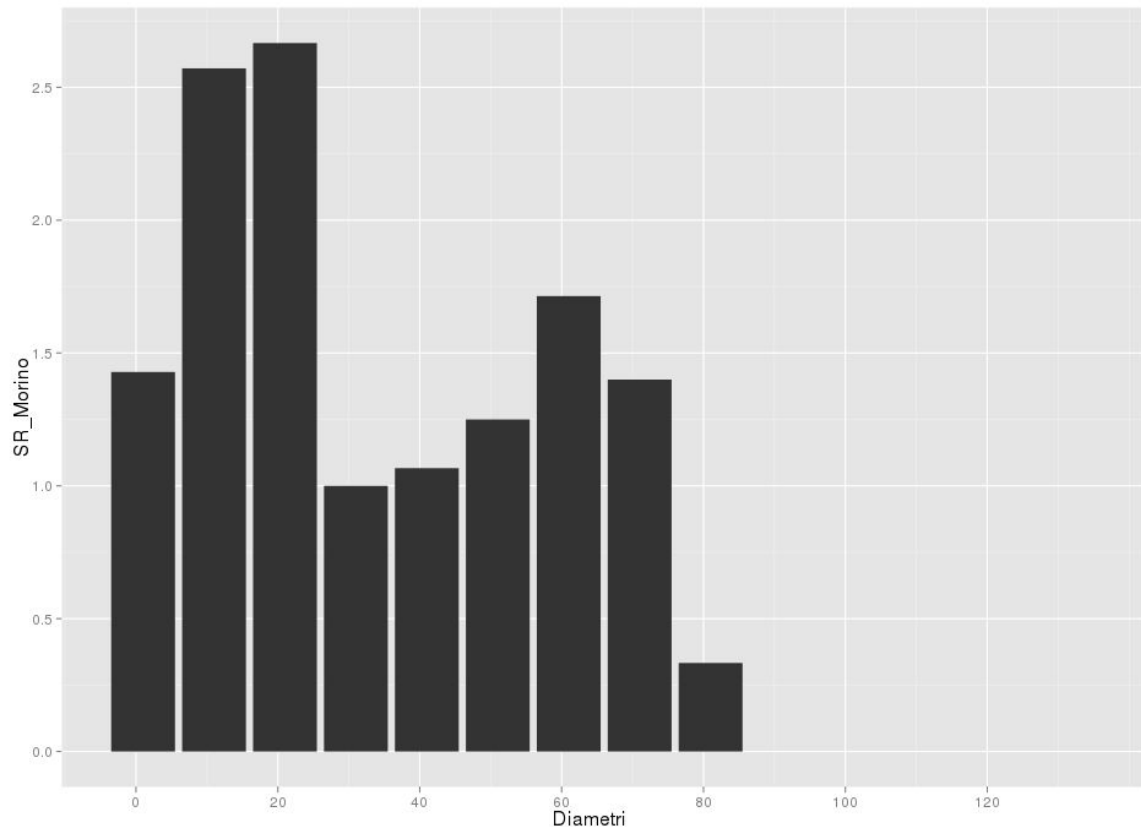


Illustrazione 15: Valle dell'inferno, Morino: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche

Da segnalare che tali diametri sono in esatta corrispondenza con il minimo e il massimo locale della distribuzione delle frequenze diametriche.

Il modello lineare sembra funzionare ancora meglio invece per Morino (Illustrazione 15) dove l' R^2 raggiunge i 0.68 e il p-value scende a 0.0001.

Qua i picchi che meno sembrano adattarsi al modello sono localizzati ai 20 cm e 60 cm.

In questo caso coincidenti entrambi il primo con il massimo assoluto della curva di distribuzione diametrica, il secondo con il massimo locale della seconda campana.

In questo caso sembra che il SR segua invece un andamento bimodale quale è quello diametrico.

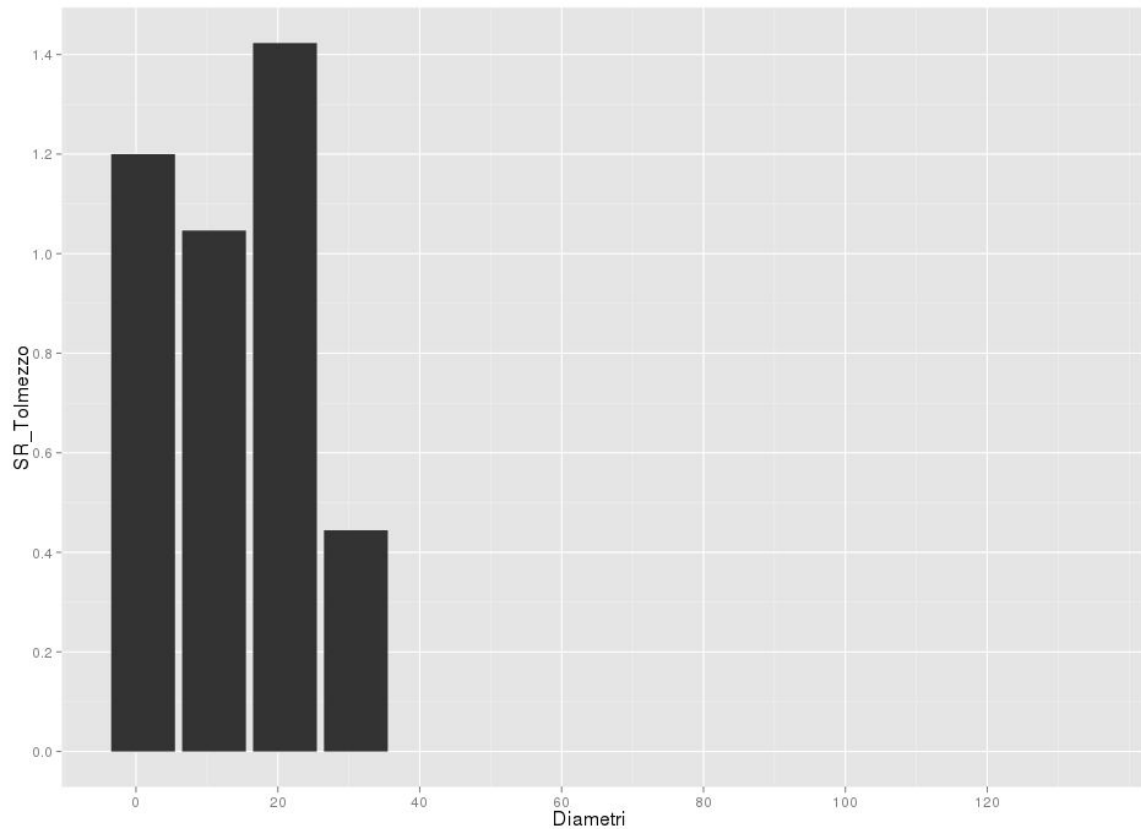


Illustrazione 16: Tolmezzo: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche

Tolmezzo segue anch'esso un modello lineare con un R^2 di 0.53 e p.value 0.01.

Essendo già di per se il campione di Tolmezzo compreso quasi per intero al di sotto dei 60 cm di diametro, nel calcolare la SR sono stati ovviamente omessi i valori di classe in cui il valore di SR risultava essere mancante o infinito (es. numero n di maschi ≥ 0 , numero m di femmine = 0).

Questo tipo di accorgimento è stato applicato a tutti i popolamenti.

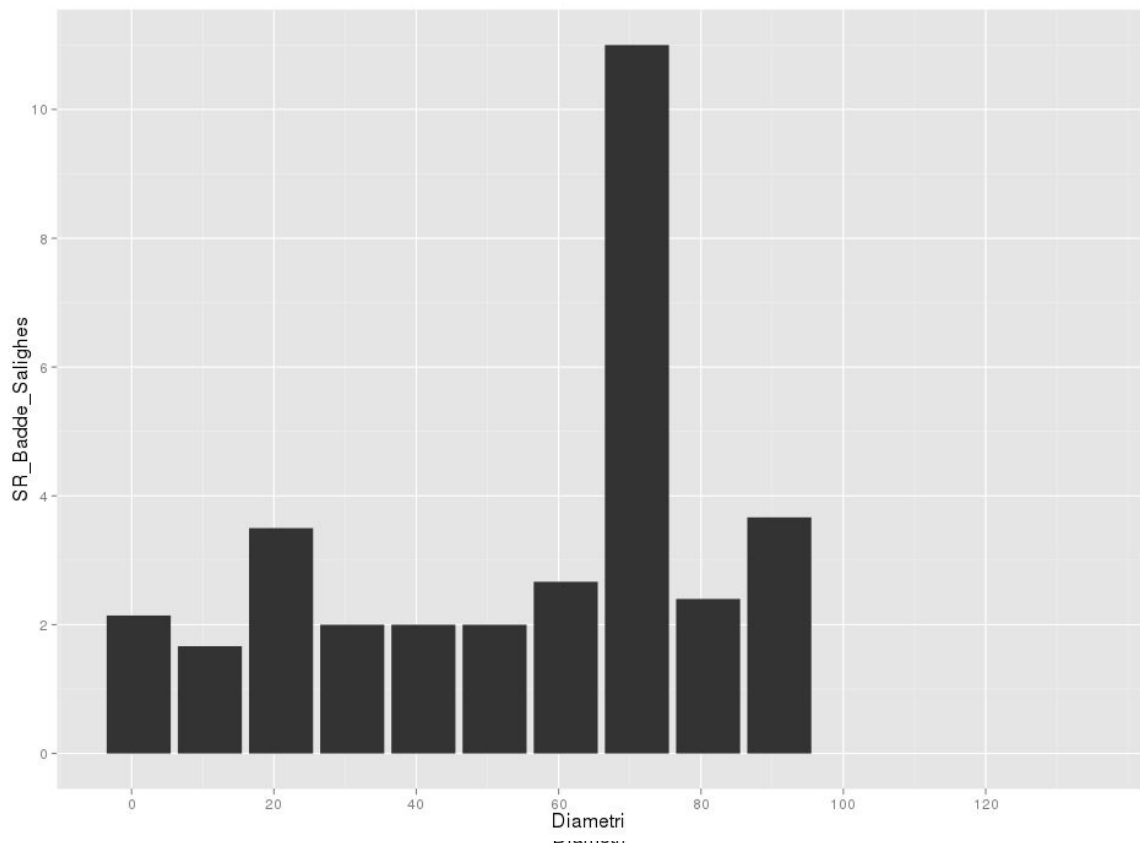


Illustrazione 17: Badde Salighes: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche

Com'è normale l'operazione di classificazione e di rapporto ha determinato un'ulteriore contrazione dei dati. Per questi motivi, l' R^2 , difficilmente raggiunge valori sufficienti alla modellizzazione lineare.

L'andamento lineare a Badde Salighes sembra in linea con l'andamento di Foresta Umbra, tuttavia la presenza di numerosi zeri e del valore al di sopra di 10 non permette una linearizzazione.

L'andamento lineare è in effetti in questo caso non strettamente rettilineo. I leggeri incrementi nei valori SR corrispondenti ai valori diametrici di 20 e 90 cm sono in corrispondenza dei massimi (locale e assoluto) nella distribuzione delle frequenze diametriche, mentre il picco assolutamente fuori scala corrispondente ai 70 cm di diametro, corrisponde alla presenza di 11 individui maschi e di un'unica femmina.

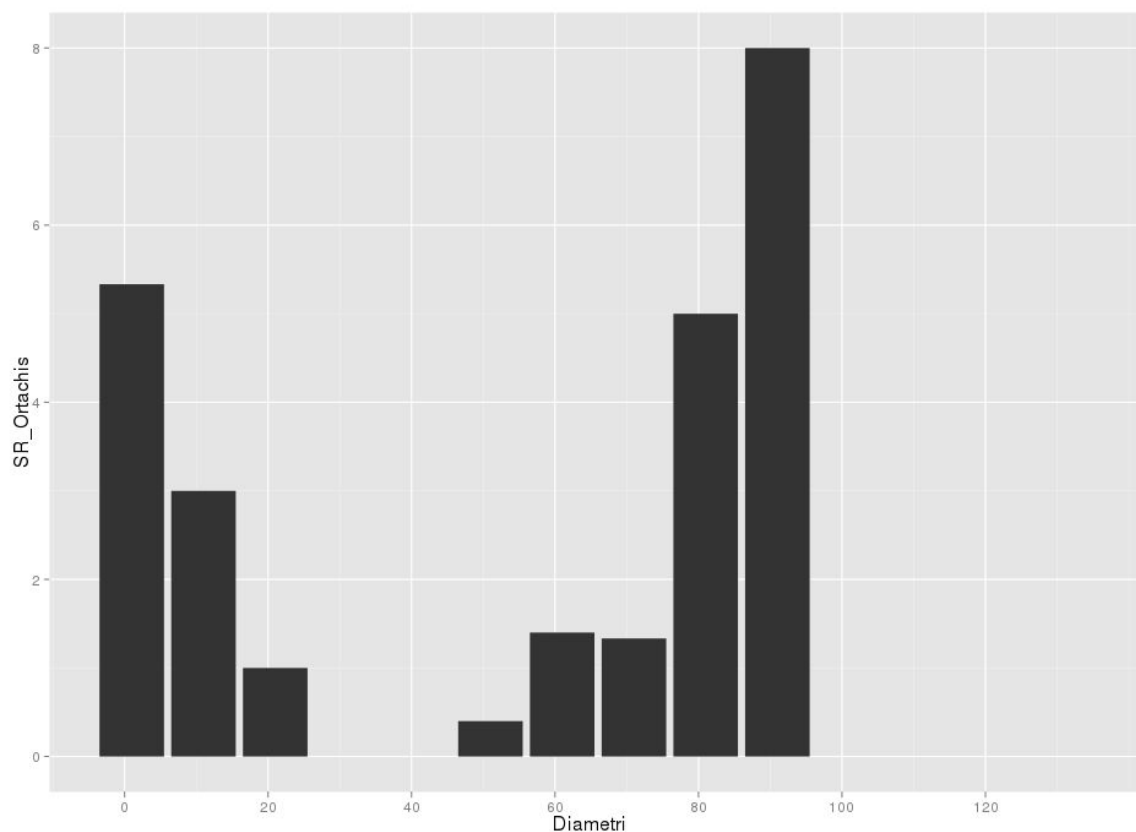


Illustrazione 18: Ortachis: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche

L'andamento dei valori di SR a Ortachis è differente dagli altri.

I valori nulli in corrispondenza delle classi diametriche 30 e 40 sono da ricondursi alla corrispondente assenza di femmine. Tali valori, corrispondenti ad evidenti picchi dei maschi nei confronti delle femmine corrisponde al minimo locale della curva di distribuzione dei diametri.

Tuttavia appare evidente un andamento quasi parabolico del SR.

Appare altresì importante notare che questo è l'unico popolamento in cui il SR appare seguire l'andamento della distribuzione di frequenza dei diametri, purtuttavia è evidente come il rapporto tra i sessi cresca oltre la soglia del minimo locale.

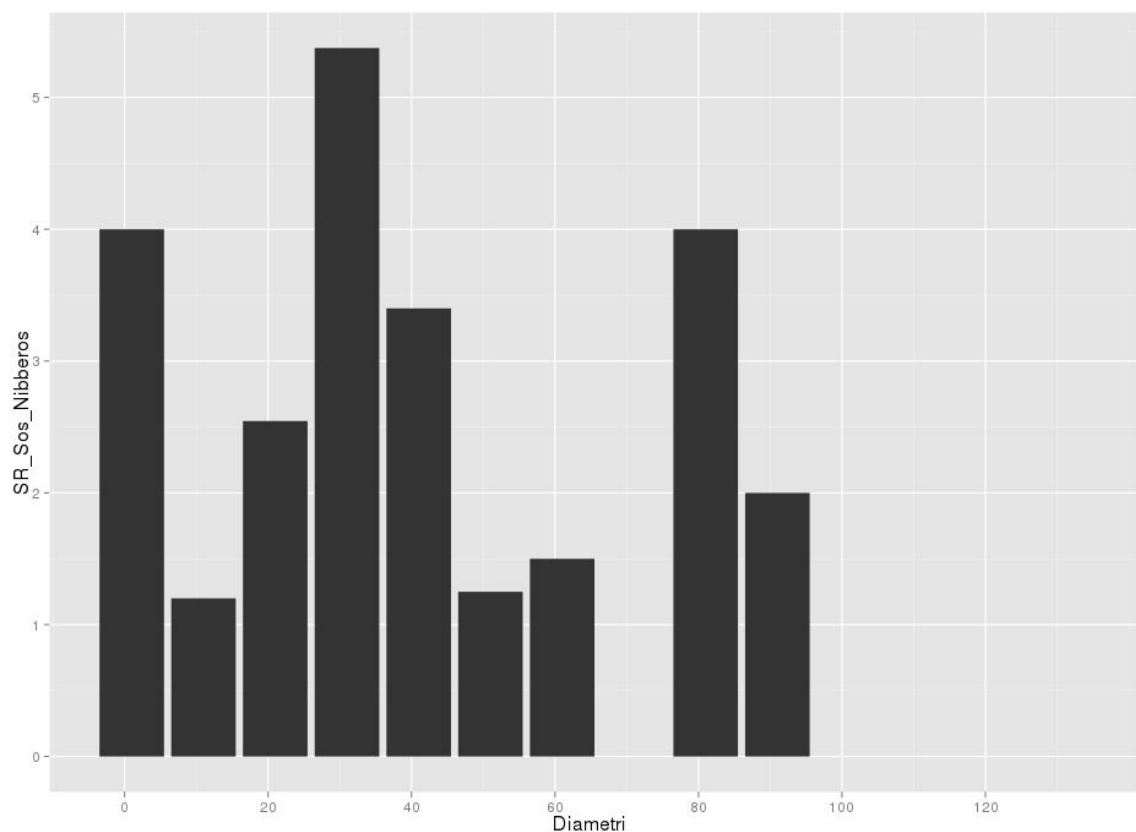


Illustrazione 19: Sos Nibberos: andamento del Sex-Ratio in funzione delle classi diametriche

Da ultimo viene analizzato il popolamento di Sos Nibberos, il quale si ricorda avere i diametri concentrati per la maggior parte attorno ai 50 cm.

Anche in questo caso i picchi nel rapporto tra i sessi a 30 e 80 cm sono corrispondenti al massimo assoluto ed al minimo locale della distribuzione.

Per meglio comprendere gli andamenti del SR in funzione del diametro si sono riportati tutti gli andamenti nell'immagine n.20.

Come si può osservare, ogni popolamento presenta differenze notevoli, ma tutti sono accomunati dalla presenza di una linearità, talvolta quantificabile come nel caso di Foresta Umbra e Morino.

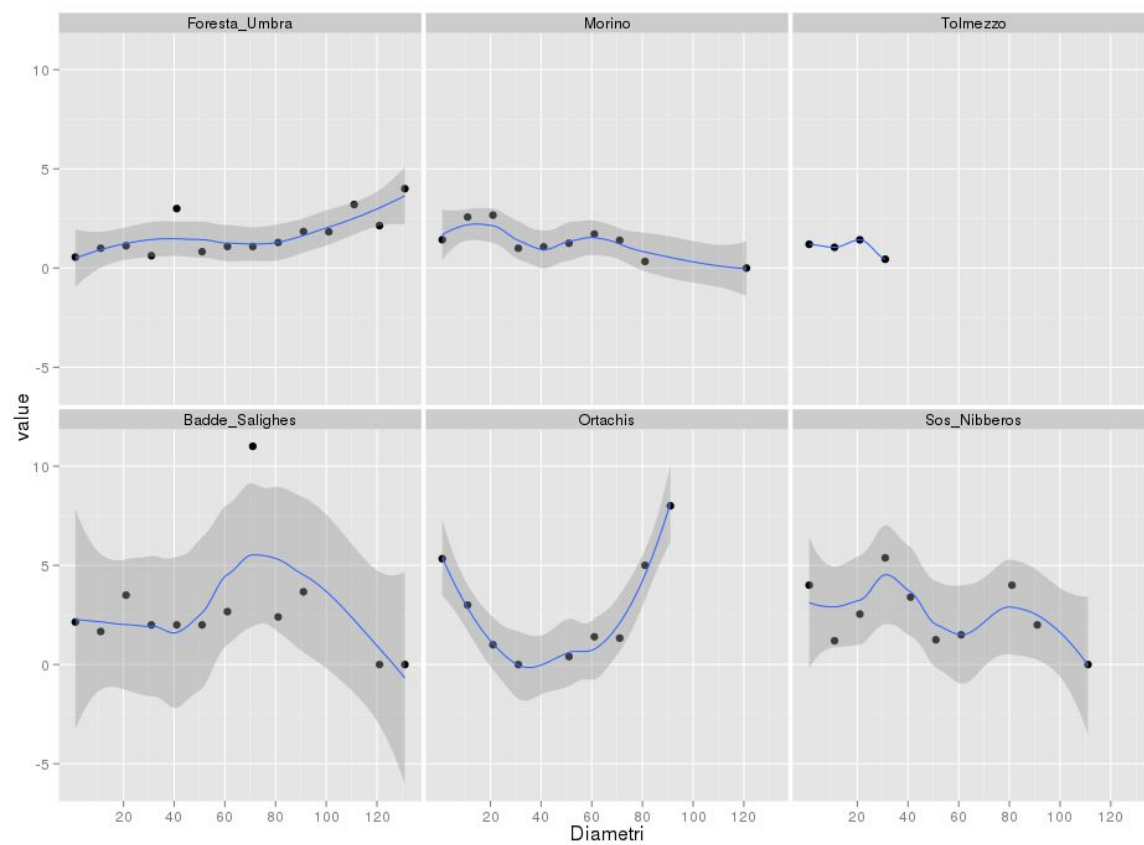


Illustrazione 20: Andamento del SR in funzione del diametro nei diversi popolamenti

Discussioni e conclusione

L'andamento bimodale riscontrato in alcuni dei popolamenti di tasso, come già visto non è una novità in senso generale, è stata già ampiamente osservata in diverse specie (Di Filippo, 2004).

Tali comportamenti, suddividono *de facto* il popolamento in esame in due subpopolamenti o *coorti* suddivise gerarchicamente.

Nel caso di specie che costituiscono il piano dominante, la modellizzazione del fenomeno, potrebbe essere semplificata, in quanto può non includere le altre specie da cui solo in minima parte viene perturbata.

In questo caso, le tassete costituiscono popolamenti di tipo dominato.

Le interazioni sono complicate dalla presenza del piano dominante e di specie codominanti. Tuttavia il comportamento osservato appare analogo a quanto osservato nelle foreste vetuste.

È nota la longevità del tasso così come la sua plasticità (Salis, 2006) ed adattabilità a diversi contesti ecologici e floristici.

Pur non avendo, per ovvie ragioni tecnico-pratiche, effettuato rilievi dendrocronologici, il diametro dei popolamenti non lascia dubbi riguardo alla persistenza degli stessi.

Una considerazione di dettaglio va fatta riguardo il popolamento di Sos Nibberos, l'unico popolamento naturale che non presenta la bimodalità. Come già si è potuto evincere, tale popolamento è estremamente più giovane degli altri popolamenti ed estremamente più denso per quanto riguarda il numero degli individui.

L'ipotesi che viene qui proposta è dunque che il popolamento di Sos Nibberos, sia al termine di una fase di affermazione, durante la quale il tasso ha potuto, in assenza di competitori nello strato dominato, incrementare il suo numero che con tutta probabilità sarà auto regolamentato secondo le naturali regole di competizione (Franc, 2001), per, in un secondo momento, evolvere verso un andamento bimodale, almeno per quanto riguarda i popolamenti mediterranei.

Tale ultima affermazione è d'obbligo in considerazione del fatto che tutti i popolamenti presi in esame in questo lavoro appartengono comunque ad un ristretto orizzonte

latitudinale e mancano pertanto di conferme provenienti da contesti differenti.

Prendendo in considerazione le differenze strutturali esistenti tra maschi e femmine, i risultati hanno evidenziato manifestazione solo in quella che è stata identificata come “seconda campana”, quindi negli individui più annosi.

Questo implica che le differenze esistenti siano frutto di una lenta risposta da parte di *Taxus baccata*.

Tale risposta strutturale in se e per se non stupisce nella sua interezza.

Gli individui maschi sono strutturalmente più alti e slanciati delle femmine.

Il fenomeno, ampiamente osservato nei mammiferi, uomo compreso (Ogden, 2004) (, è decisamente meno studiato ed identificato nelle piante forestali.

Curiosamente un fenomeno analogo è stato identificato nel diretto competitore di *T. baccata*, l' *Ilex aquifolium* (Obeso, 1998) e ancora, in determinati contesti, su *Acer negundo* (Ramp, 1998) e *Fraxinus mandshurica* (Zhang, 2009).

Dal punto di vista fisiologico e funzionale, tale caratteristica avvantaggia la specie sia che si tratti di un fenomeno diretto che indiretto.

La maggiore altezza dei maschi permette una evidente facilitazione nella dispersione del polline; la presenza di infiorescenze su tutta la parte della chioma, quindi anche quella apicale della pianta, agevola la principale fonte di dispersione del patrimonio genetico, quella anemofila.

Se si considerasse tale differenza come indiretta, ricollegando tale concetto alle teorie già citate di Charnov (1989) e quelle di (Obeso, 2002), si può considerare come lo sforzo riproduttivo compiuto per la produzione e la dispersione del seme, sia decisamente maggiore rispetto a quello della produzione di polline. In questo caso la dispersione è affidata principalmente alla fauna per cui la funzione di “frutto” che il tasso (unico tra le conifere) ha conservato attraverso l'arillo, necessita di produzione di componenti energeticamente “dispendiosi” per la pianta, quali glucidi (che ne garantiscono l'appetibilità), antociani (visibilità) e sostanze colloidali che permettono l'aderenza.

La mancata presenza di differenze strutturali tra gli individui più giovani e più anziani si può spiegare attraverso un effetto cumulato di tale dispendio energetico con gli anni.

Com'è stato possibile osservare, anche l'andamento del *Sex-ratio* ha rivelato importanti variazioni, correlate direttamente con il contesto specifico dei popolamenti.

La correlazione maggiormente evidente è quella che traspare tra assenza di faggio e aumento di tale rapporto.

Ulteriore, importante correlazione, l'aumento del SR con l'aumento dell'area basimetriche dell'agrifoglio.

Considerando l'area basimetrica come indice di pressione e quindi di competizione nel popolamento, l'immediata considerazione che si può fare è che il sesso femminile non riesce a competere quanto il sesso maschile. Questo rafforza la tesi di Charnov più volte considerata e citata.

Il ruolo del faggio a questo punto diviene la chiave di volta per l'equilibrio nel SR. Nei popolamenti a presenza di faggio la SR assume valori molto più vicini a quelli riscontrabili in bibliografia (Iszkulo, 2009), questo perché agisce da agente mitigatore della competizione agendo sulle specie dominate.

Ruolo diametralmente opposto ha il castagno a Badde Salighes, la cui presenza è direttamente correlata con gli individui di tasso morti.

I castagni presenti, pur non avendo una densità paragonabile a quella degli agrifogli costituiscono uno strato codominante.

La dominanza dell'agrifoglio in questo caso è stata accelerata da due fattori concomitanti, da un lato l'improvvisa interruzione di interventi selvicolturali, dall'altro la presenza stessa del castagno.

Il castagno grazie alla sua velocità di accrescimento, in assenza di interventi ha provveduto ad incrementare la sua altezza, diventando temporaneamente lo strato dominante, raggiunto in seguito dalla roverella e soprattutto dall'agrifoglio.

In questo caso quindi il castagno ha dunque agito da catalizzatore nell'improvvisa crescita verticale di *Ilex aquifolium*, ed è stato determinante nel causare il decesso dei 95 tassi morti che non hanno la stessa capacità di rispondere repentinamente agli stress ambientali. Del resto tale ipotesi si appaia allo sforzo che il tasso opera nella sua plasticità e resistenza a stress idrici, luminosi, termici.

Come si è potuto evincere infine dallo studio della correlazione del SR con il diametro,

non appaiono esserci tratti comuni nei vari popolamenti. Pur tracciando una certa linearità (che pur non essendo significativa e modellizzabile, appare non essere caotica), non da informazioni al momento utili per ipotesi plausibili. Si vuole comunque porre un accento sul fatto che i popolamenti peninsulari più robusti appaiono più stabili nell'andamento.

Considerazioni conclusive

Si è più volte parlato, nel corso di questa tesi, di come purtroppo la numerosità del campione abbia influito sulla difficoltà di modellizzazione dei fenomeni descritti.

Tale numerosità si restringe ulteriormente considerando i rapporti e le classificazioni.

Tali problematiche, vista la presenza perlopiù puntiforme del tasso nel territorio italiano, non può essere aggirata nello studio *in situ*.

Si è altresì accennato ad una ricerca in corso, condotta dal prof. Bartolomeo Schirone presso il dipartimento DAFNE, alla quale ho partecipato fino allo scorso anno.

Pur non essendo ancora terminato, tale studio mostra come oltre il 60% delle 25 piante di tasso abbia cambiato sesso, spesso più volte, nel corso degli ultimi 10 anni.

Considerando il sesso come un carattere fortemente conservativo in tutte le specie, appare quantomeno improbabile che un'eventuale mutazione abbia colpito solo questo popolamento.

Il rinvenimento, benché sporadico, di piante che portano su cormi diversi, fiori di sesso differente (come avvenuto a Pescopennataro e Badde Salighes), apre nuovi stimolanti interrogativi.

Tali interrogativi si accrescono se si considera l'andamento del SR in funzione del diametro e, soprattutto, in funzione della pressione competitiva da parte di altre specie.

Dalle osservazioni effettuate in questi anni e dagli approfondimenti effettuati sulle dinamiche esistenti tra i sessi, si vuole in questa sede proporre un modello alternativo a quello che finora è stato attribuito al tasso.

Entrando nel dettaglio, il modello sessuale che si ritiene essere quello più probabile alla luce delle evidenze citate appare essere il seguente:

-In tasso la percentuale di maschi e femmine sembra essere determinata già in fase

embrionale in percentuale più o meno stabile $50\pm 10\%$ (Sex-ratio rinvenuta in bibliografia, nella maggior parte dei popolamenti europei).

-Le femmine, gli individui maggiormente sottoposti a stress (fatto evidenziato da minori risposte in altezza alla competizione), sarebbero totipotenti, quindi capaci, in determinate condizioni ambientali di effettuare quello che viene chiamato *sex-shifting*, ovvero, inversione sessuale da maschio a femmina. Questo spiegherebbe anche perché nei popolamenti studiati si siano rinvenute ampie proporzioni di individui maschi, ma non il contrario.

-Uno dei fattori determinanti il cambiamento sarebbe la luce, identificata nei casi citati in questo lavoro dalla pressione esercitata dalle altre specie.

-Nel caso in cui la risposta al cambiamento ambientale non sia sufficientemente rapida la pianta soccombe per assenza di luce

-Questo modello, qualora verificato, sarebbe quello della proteroginìa da ESD (*Environmental Sex Determination*).

Questo modello risponderebbe anche alla situazione di Carpineto Romano, nella quale circa il 60% degli individui cambiano sesso quasi ogni ogni anno. La tasseta di Carpineto infatti, pur non subendo la copertura delle chiome superiori, è una vallecola esposta a nord-est parzialmente situata in forra, per cui con evidenti limitazioni nella quantità di luce che trapela.

La possibile obiezione riguardante il fatto che finora non ci si fosse mai accorti del fenomeno (al massimo il tasso era identificato come monoico per un 1%), si può spiegare in diversi modi: intanto la maggior parte dei popolamenti di tasso vivono nello strato dominato di faggi (Europa), di cedri (Algeria) (oss. pers) e solo sporadicamente in piena luce (vari popolamenti perlopiù puntiformi, Sardegna, nord della Spagna), quindi in situazioni di omogeneità luminose; ancora, le difficoltà del monitoraggio pluriennale in loco che necessità di un grande sforzo economico e temporale; infine la relativa nicchia della ricerca, il tasso, che ha avuto un grosso successo negli anni passati (con un picco di pubblicazioni nel 2007 ora in trend decrescente) grazie all'antitumorale scoperto nei suoi tessuti, antitumorale che comunque oggi è ottenuto per sintesi.

Il modello è stato sviluppato ottimizzato e studiato nel corso dell'ultimo anno, motivo

per cui non si è potuto apportare un conforto quantitativo necessario ad una completa validazione (o confutazione).

Purtuttavia, il laboratorio a cielo aperto rappresentato dai popolamenti studiati, le evidenze riscontrate e la bibliografia studiata, sembrano convogliare verso questa direzione.

Tengo a precisare in questa sede che gli esperimenti in tal senso sono tutt'ora in corso, grazie alla passione del prof. Bartolomeo Schirone per l'argomento ed alle abilissime mani del tecnico Armando Parlante che nel corso degli ultimi due anni è riuscito con successo ad effettuare gli innesti su tasso. Se la pianta rispondesse come ci si aspetta dagli innesti, il raggiungimento della maturità sessuale, che in tasso avviene di solito solo in seguito ad alcune decine di anni, sarebbe accelerata, permettendo di effettuare in ambienti controllati (serre) le verifiche del caso.

Parallelamente, gli sforzi si convogliano anche nella determinazione del cariotipo di tasso, un filone di ricerca abbandonato diverse decine di anni fa, che oggi, alla luce delle novità rilevate, potrebbe portare a nuovi interessanti risultati.

Bibliografia

- Alessandrini A., Biondi F., Di Filippo A., Ziaco E., Piovesan G., (2011) Tree size distribution at increasing spatial scales converges to the rotated sigmoid curve in two old-growth beech stands of the Italian Apennines. *Forest Ecology and Management*, *Forest Ecology and Management* 262, 1950 - 1962.
- Binggeli P., Power A., (1991) Gender variation in ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Proceedings of the Irish Botanists' Meeting*, 42.
- Carta L., (1987). Benjamin Piercy (1827-1888). Profilo di un imprenditore inglese nella Sardegna dell'Ottocento. *Quaderni bolotanesi*, 13, 225-307
- Charnov E., (1982) *The theory of sex allocation*. Princeton University Press
- Cope E.A., (1998). Taxaceae: the genera and cultivated species. *Botanical Review*, 64, 291–323.
- Di Filippo A., Piovesan G., Schirone B., (2004) Le foreste vetuste: criteri per l'identificazione e la gestione. *14th Meeting of the Italian Society of Ecology*,.
- Eichhorn M., (2010) Spatial organisation of a bimodal forest stand. *J. For. Res.*, 15, 391-397.
- Franc A., (2001) Bimodality for plant sizes and spatial pattern in cohorts: The role of competition and site conditions. *Theor. Popul. Biol.*, 60, 117-132.
- Funiciello R., Montone P., Salvini F., Tozzi M., (1988) Caratteri strutturali del promontorio del Gargano, *Memorie della Societa Geologica Italiana*, 41, 1235–1243
- Gellini R., Grossoni P., (1996). Botanica Forestale. Ed. Cedam, Padova,. Vol. I, 170-172
- GRASS Development Team (2011) Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software.
- Erdman H., Tsuno K., (1969), *Taxus* heartwood constituents. *Phytochemistry*. 8, 931-932

- Huston M., Deangelis D., (1987) Size bimodality in monospecific populations: a critical review of potential mechanisms.. *American Naturalist*, 129, 678-707.
- Iszkulo G., Jasińska A.K., Giertych M.J., Boratyński A., (2009) Do secondary sexual dimorphism and female intolerance to drought influence the sex ratio and extinction risk of *Taxus baccata*? *Plant Ecology*, 200, 229-240.
- Iszkulo G., Jasińska A.K., Sobierajska K., (2011) Dendroecological differences between *Taxus baccata* males and females in comparison with monoecious *Abies alba*. *Dendrobiology*, 65, 55-61
- Janowiak M.K., Nagel L.M., Webster C.R., (2008) Spatial Scale and Stand Structure in Northern Hardwood Forests: Implications for Quantifying Diameter Distributions. *Forest Science*, 54, 497-506.
- Karlin S., Lessard S., (1986) *Theoretical studies on sex ratio evolution*. Princeton University Press, .
- Kucbel S., Saniga M., Jaloviar P., Vencurik J. (2012) Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of the northwestern Carpathians: A 40-years perspective. *Forest Ecology and Management*, 264, 125 - 133.
- La Marca O., Marziliano P.D., (2008) Opzioni selvicolturali su cedui di leccio del Gargano: risultati a 14 anni dall'avvio della sperimentazione. *Forest@*, 5, 318-336.
- Macchia F., Cavallaro V., Forte L., Terzi M., (2000) Climate and vegetation of the Apulia (Italy). *Cahier Options Méditerranéennes*, 53
- Martinis B., Pavan G., (1967). Carta geologica d'Italia alla scala 1:100,000, foglio 157, Monte S. Angelo. *Servizio Geologico d'Italia*, Rome.
- Obeso J.R., (2002) The costs of reproduction in plants. *New Phytologist*, 155-3, 321–348.
- Obeso, J.R., Alvarez-Santullano M., Retuerto R.. (1998) Sex ratios, size distributions, and sexual dimorphism in the dioecious tree *Ilex aquifolium* (Aquifoliaceae). *American Journal of Botany*, 85, 1602-1608.
- Ogden C. L., Fryar C. D., Carroll M. D., Flegal K.M., (2004) Mean Body Weight, Height, and Body Mass Index, United States 1960–2002. *U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND*

HUMAN SERVICES.

Quantum GIS Development Team (2009) Quantum GIS Geographic Information System.

Ramp P.F., Stephenson S., (1998) Gender Dimorphism in Growth and Mass Partitioning by Box-Elder (*Acer negundo* L.). *American Midland Naturalist*, 119-2, 420-430.

Ricci V., (2004). ANALISI DELLE SERIE STORICHE CON R. Published on the URL: <http://www.cran.r-project.org/doc/contrib/Ricci-ts-italian.pdf>.

R Development Core Team (2005a), An Introduction to R, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org>, ISBN 3-900051-12-7.

R Development Core Team (2005b), R Data Import/Export, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org>, ISBN 3-900051-10-0.

R Development Core Team (2005c), R Installation and Administration, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org>, ISBN 3-900051-09-7.

R Development Core Team (2005d), Writing R Extensions, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org>, ISBN 3-900051-11-9.

Salis A., (2006) Contributo alla conoscenza di *Taxus baccata* in Sardegna. Tesi di laurea, Università della Tuscia, Viterbo.

Schirone B., (2003). Qualche appunto sul tasso (*Taxus baccata* L.).in: Il tasso un albero da conoscere e conservare, Cogecstre. Penne, 8-12..

Scirè M., (2004). Indagini sulle popolazioni di tasso (*Taxus baccata* L.) del Gargano. Tesi di laurea, Università della Tuscia

Spada F., (2003), Considerazioni sulla fitogeografia e sulla genesi delle comunità a *Taxus baccata* L. in Europa. in: Il tasso un albero da conoscere e conservare, Cogecstre. Penne. 13-32.

Svenning J.C., Magard E., (1999). Population ecology and conservation status of the last natural population of English yew *Taxus baccata* in Denmark, *Biological Conservation*, 88, 173-182

Thom R., (1980) *Stabilità strutturale e morfogenesi*. Einaudi, .

Turley M.C., Ford E.D., (2011) Detecting bimodality in plant size distributions and its significance for stand development and competition. *Oecologia*, 167, 991-1003.

Vessella F., Schirone, B. (2010) Regeneration processes and sexual behaviour of yew populations in Italy, *17th International meeting of Eibenfreunde Paterzell (Germany)*, 17, 69-84.

Woodcock A., Davis M., (1982) *La teoria delle catastrofi*. Garzanti, .

Zhang C., (2009) Gender, neighboring competition and habitat effects on the stem growth in dioecious *Fraxinus mandshurica* trees in a northern temperate forest. *Annals of Forest Science*, 66, .

Bibliografia non citata

Di Cosmo L., (2003). Dendroecologia del tasso: un caso di studio. In *Il tasso, un albero da conoscere e conservare*. Edited by B. Schirone, R. Bellarosa and G. Piovesan. *Cogecstre Penne*, 85-93.

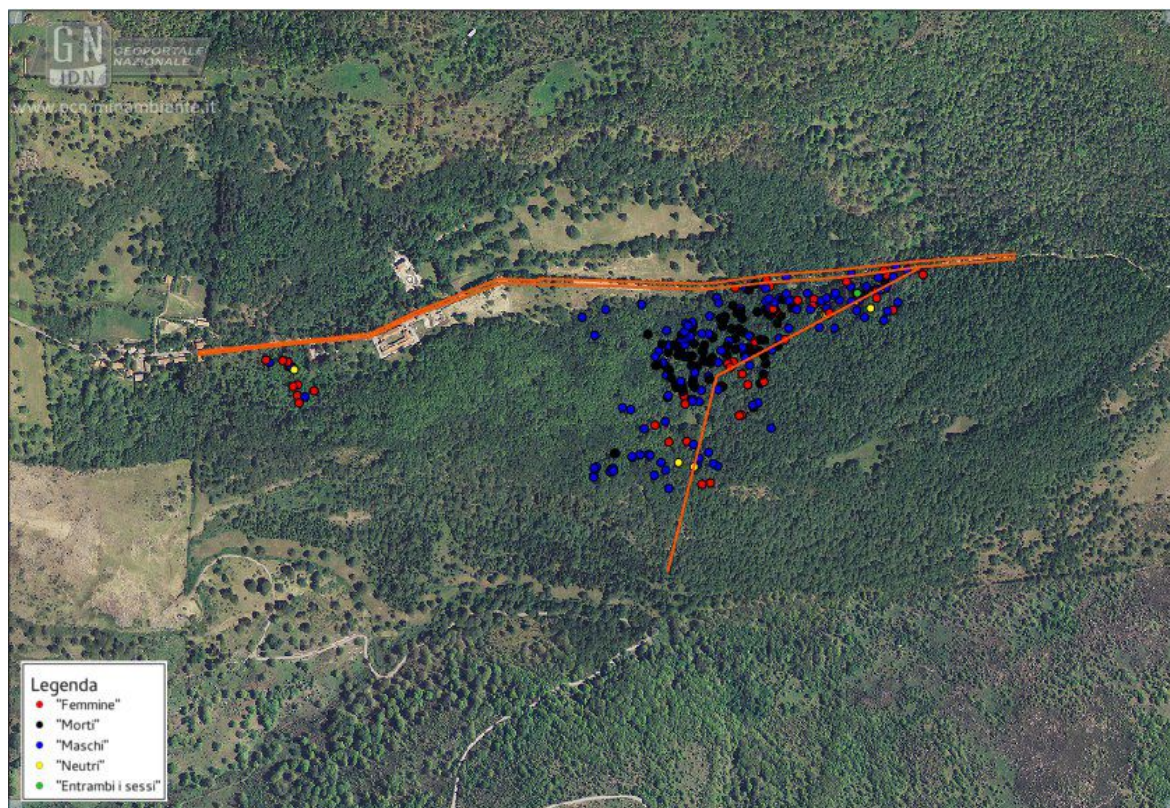
Di Cosmo L., (2004). Contributo alla conoscenza dell'ecologia del tasso (*Taxus baccata* L.). *It. For. Mont.* 59, 289-303.

Hagender F.(2007) *Yew: a history*. Sutton Publishing

Keen R., Chadwich L.C., (1954). Warn propagators to watch for sex reversal in *Taxus*. *American Nurseryman*.

Allegati

SITI DI STUDIO CON LOCALIZZAZIONE DELLE PIANTE



Badde Salighes

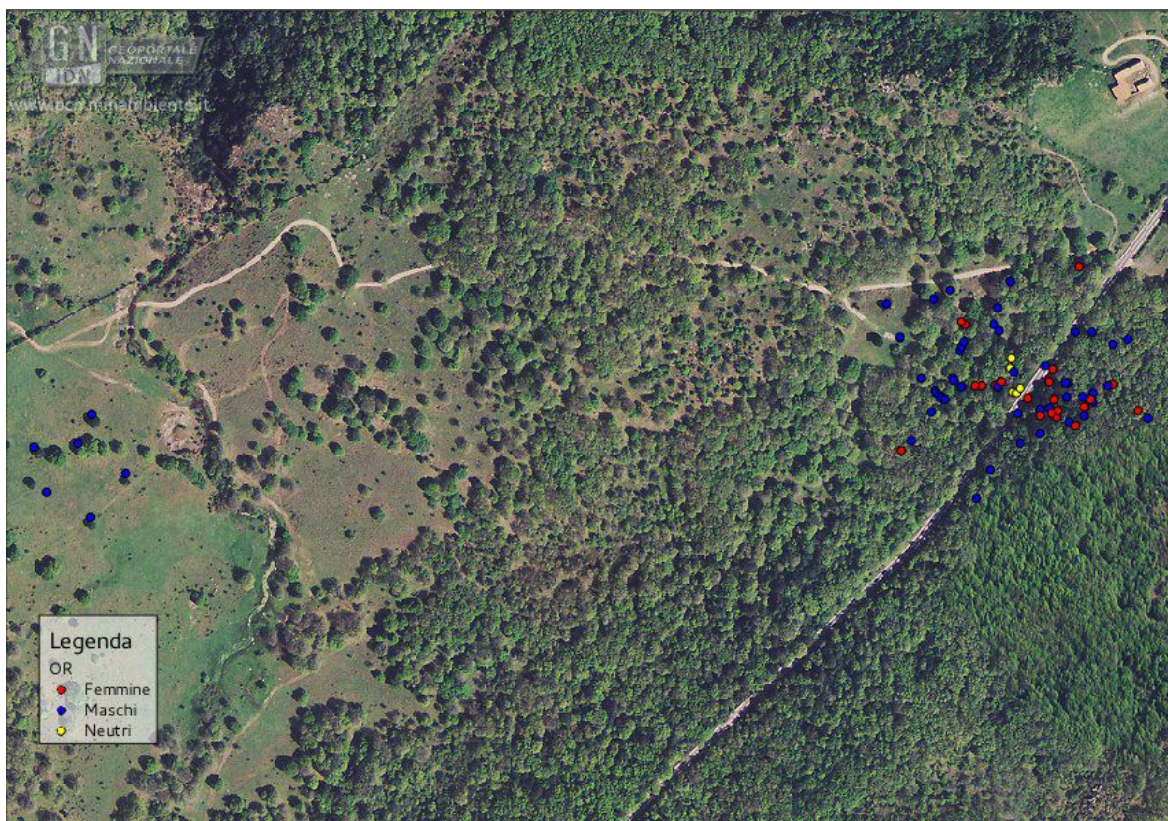


Illustrazione 21: Ortachis

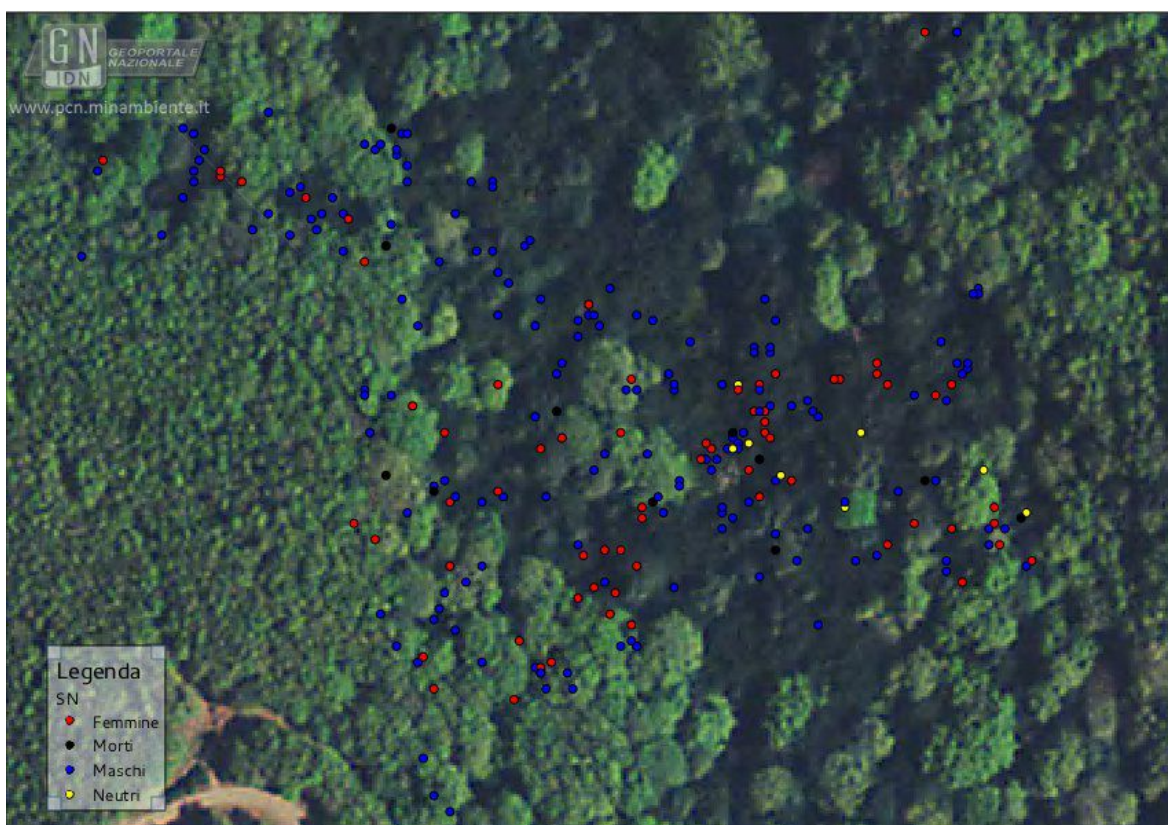


Illustrazione 22: Sos Nibberos

TABELLE RIASSUNTIVE DELLE AREE DI SAGGIO

Generali							
ADS	X	Y	Pendenza %	Superficie	Piante	P/ha	Specie
AS1_BS	490263	4466431	8	706.5	143	2024	Ilex aquifolium, Quercus pubescens, Castanea sativa
AS2_BS	490379	4466435	13	706.5	71	1005	Ilex aquifolium, Quercus pubescens, Crataegus monogyna
AS3_BS	490300	4466354	11	706.5	91	1288	Quercus pubescens, Acer monspessulanum, Ilex aquifolium, Q. ilex, Crataegus monogyna, Castanea sativa, Acer
AS4_BS	490324	4466461	9	706.5	61	863	Ilex aquifolium, Q. ilex, A. monspessulanum, castanea sativa, Q. pubescens
AS1_OR	492481	4467163	3	706.5	36	510	Q. pubescens, Q. ilex
AS2_OR	493191	4467188	17	706.5	31	439	Q. pubescens, Q. ilex
AS3_OR	493104	4467147	4	706.5	31	439	Q. pubescens, Q. ilex, Acer monspessulanum
AS4_OR	493004	4467177	9	706.5	25	354	I. aquifolium, Q. pubescens, P. sylvatica, A. monspessulanum
AS1_SN	499604	4474559	39	706.5	74	1138	Q. pubescens, I. aquifolium
AS2_SN	499598	4474606	44	706.5	11	169	Q. pubescens, I. aquifolium
AS3_SN	499555	4474660	31	706.5	44	642	Q. pubescens, I. aquifolium
AS4_SN	499672	4474612	31	1256	21	172	Q. pubescens, I. aquifolium, A. pseudoplatanus
AS5_SN	499541	4474665	28	1256	40	328	Q. pubescens, I. aquifolium, Q. ilex, L. decidua

Tabella 4: Caratteristiche generali dell'area di saggio: AS=Area di Saggio; BS= Badde Salighes; OR=Ortachis; SN= Sos Nibberos

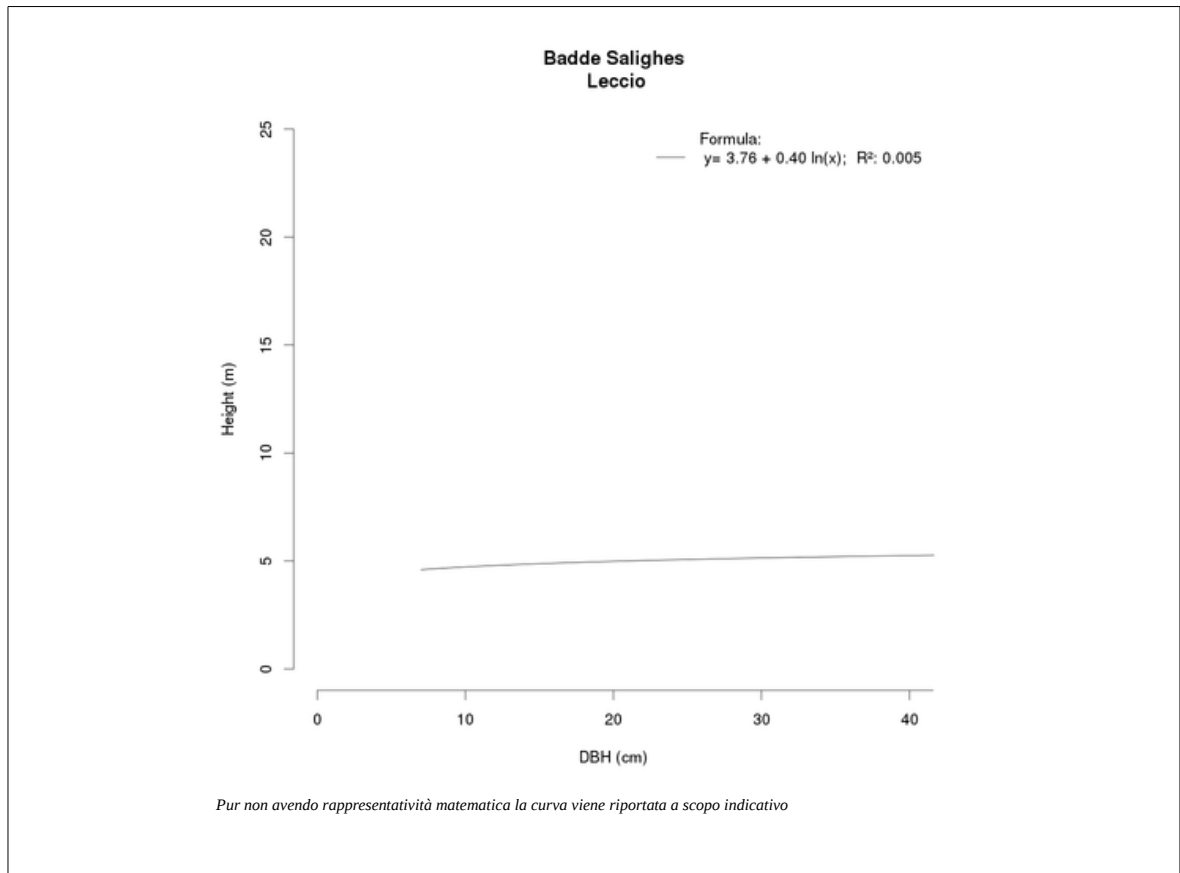
Numero di piante						
ADS	Q.ilex	Q. pubescens	I.aquifolium	C. sativa	Altre	NTOT
AS1_BS	0	11	119	13	0	143
AS2_BS	0	53	14	0	4	71
AS3_BS	17	48	11	6	9	91
AS4_BS	2	14	36	4	5	61
AS1_OR	35	1	0	0	0	36
AS2_OR		2	29	0	0	31
AS3_OR		9	21		1	31
AS4_OR		8	4		13	25
AS1_SN		52	22			74
AS2_SN		2	9			11
AS3_SN		27	17			44
AS4_SN		4	16		1	21
AS5_SN	2	17	20		1	40

Altezze						
ADS	H media Q.ilex	H media Q. pubescens	H media I.aquifolium	H media C. sativa	Altre	Hmedia_TOT
AS1_BS		19.4	13.16	18.6		17.1
AS2_BS		7.7			12.9	10.3
AS3_BS	4.7	13.87	5.7	7.36	6.25	7.6
AS4_BS	10.2	20.41	15.99	12.45	9	13.6
AS1_OR		16.65				16.7
AS2_OR	14.63		13.83			14.2
AS3_OR		20.77	12.69		12.7	15.4
AS4_OR		17.9	9.25		10.78	12.6
AS1_SN		19.66	10.82			15.2
AS2_SN		0.39	16.32			8.4
AS3_SN		13.86	11.88			12.9
AS4_SN		14.7	17.06		20.7	17.5
AS5_SN	5.9	15.35	12.15		18	12.9

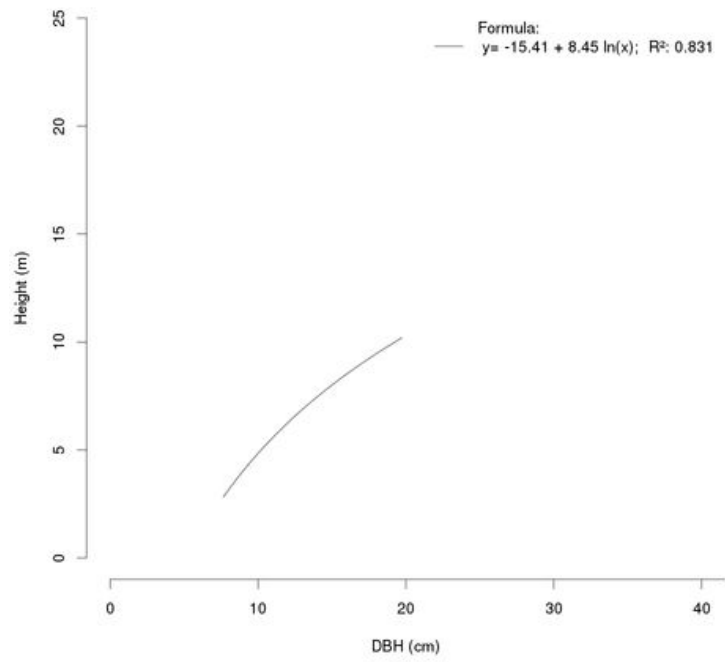
Aree basimetriche								
ADS	Q.ilex	Q. pubescens	I.aquifolium	C. sativa	Altre	G media	g	g/ha
AS1_BS		1.71	0.85	1.990289		1.5	0.01062	106.2
AS2_BS		2.25	0.03		0.050711	0.8	0.01095	109.5
AS3_BS	0.14	0.12	0.09	0.11	0.1	0.1	0.00123	12.3
AS4_BS	0.05	0.21	0.07	0.27	0.1	0.1	0.00230	23.0
AS1_OR	0.05	3.37				1.7	0.04750	475.0
AS2_OR	2.25	0.92				1.6	0.05113	511.3
AS3_OR		0.45	0.15		0.32	0.3	0.00989	98.9
AS4_OR		0.46	0.15		0.16	0.3	0.01027	102.7
AS1_SN		1.73	0.39			1.1	0.01432	143.2
AS2_SN		0.39	1.97			1.2	0.10727	1072.7
AS3_SN		3.33	0.71			2.0	0.04591	459.1
AS4_SN		0.18	0.33		0.5	0.3	0.01603	160.3
AS5_SN	0.02	0.16	0.1		0.18	0.1	0.00288	28.8

Tabella 5: Dati riassuntivi dell'area di saggio: AS=Area di Saggio; BS= Badde Salighes; OR=Ortachis; SN= Sos Nibberos

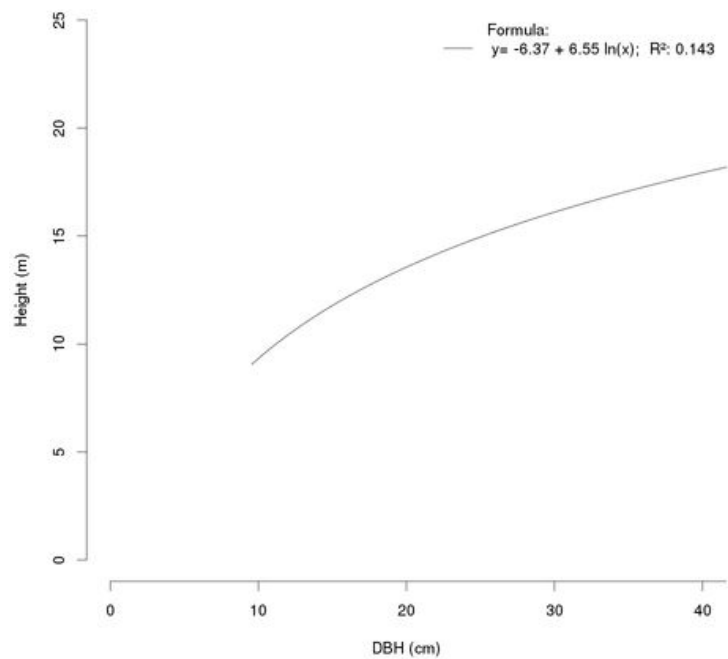
CURVE IPSOMETRICHE PER SPECIE E PER POPOLAMENTO



**Badde Salighes
Castagno**

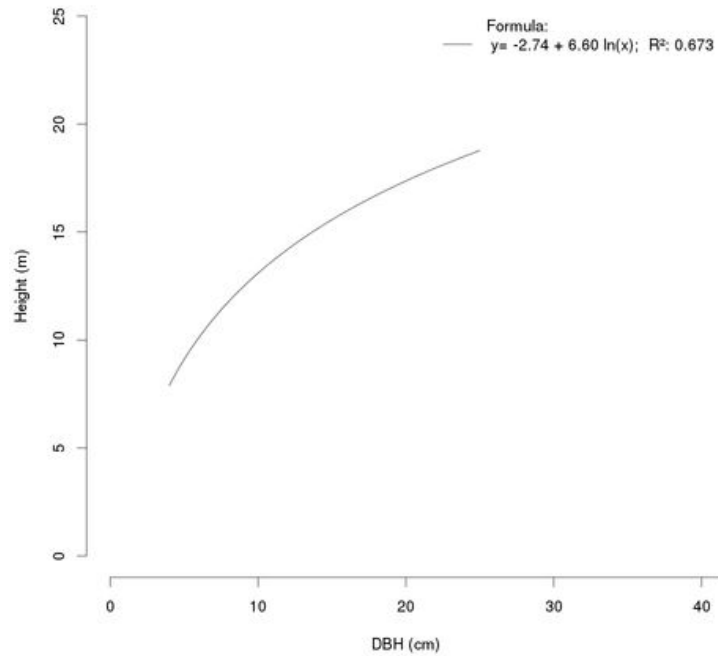


**Badde Salighes
Roverella**

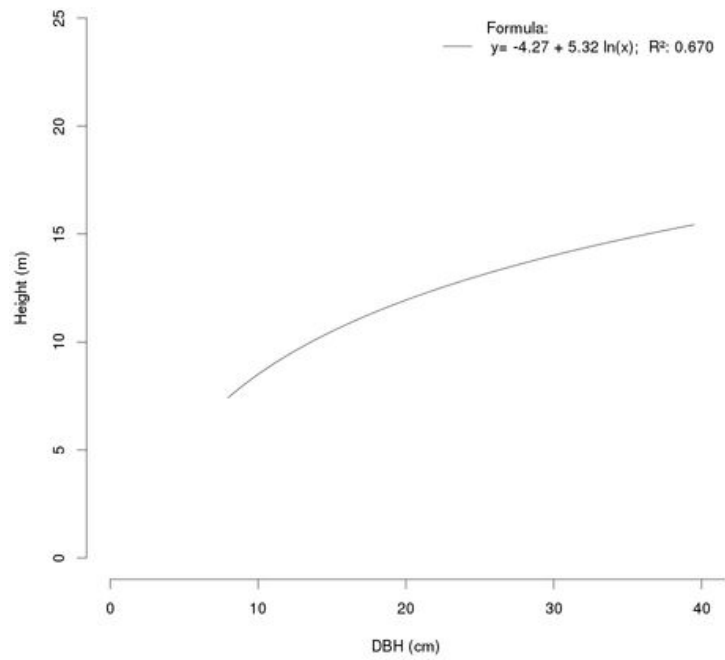


Pur non avendo rappresentatività matematica la curva viene riportata a scopo indicativo

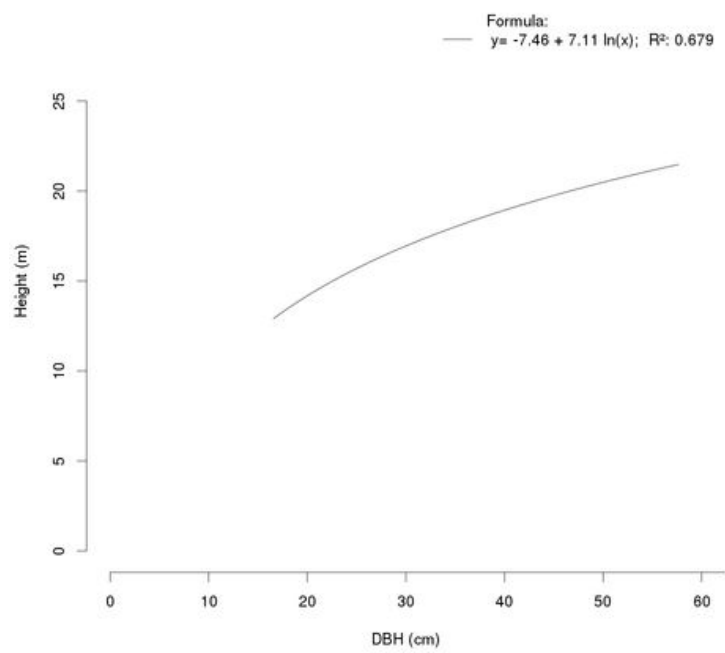
**Badde Salighes
Agrifoglio**



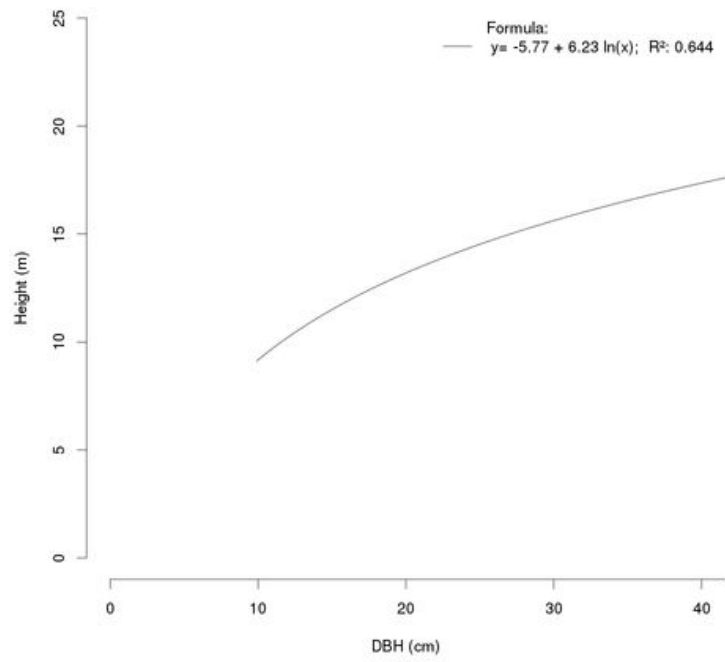
**Ortachis
Acero trilobo**



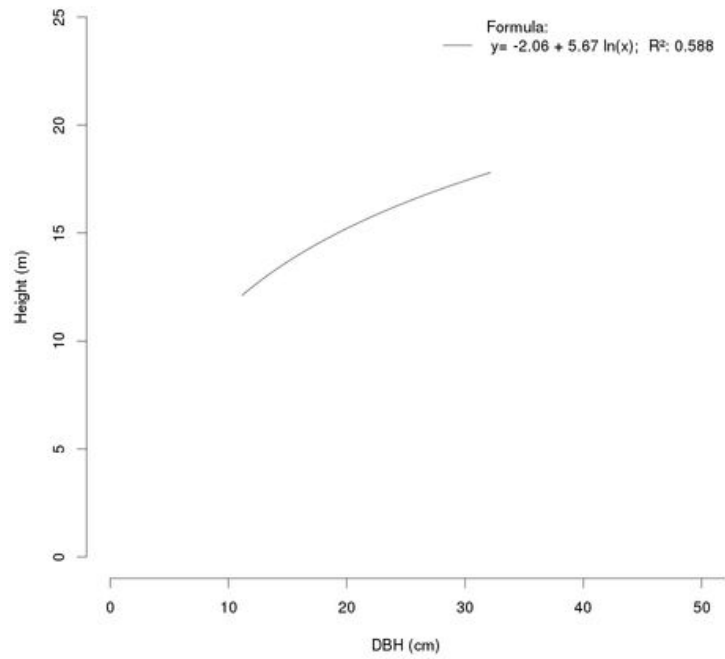
**Ortachis
Roverella**



**Ortachis
Agrifoglio**

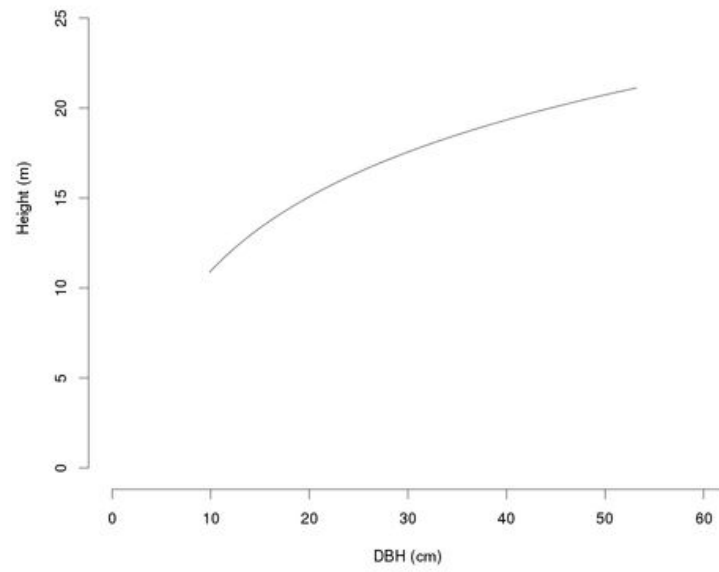


**Sos Nibberos
Roverella**

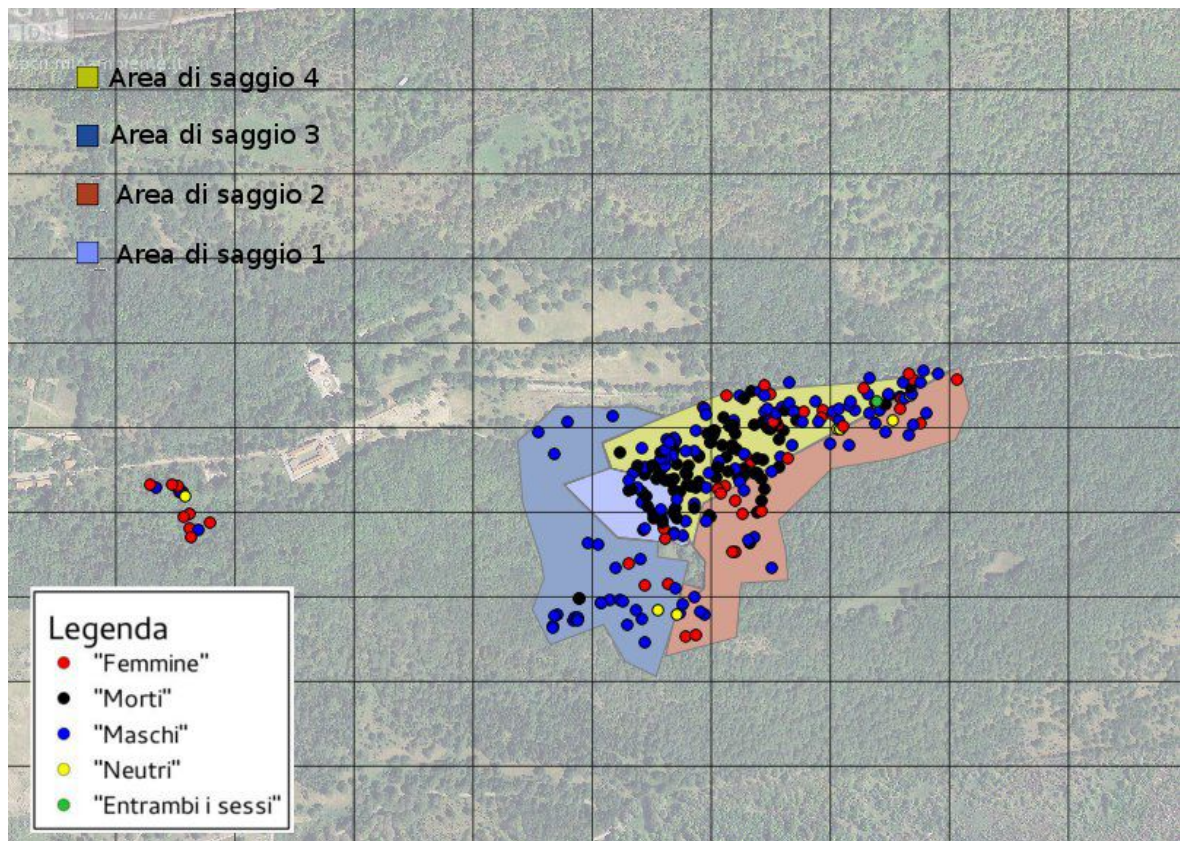


Sos Nibberos
Agrifoglio

Formula:
 $y = -4.36 + 6.38 \ln(x)$; $R^2: 0.418$

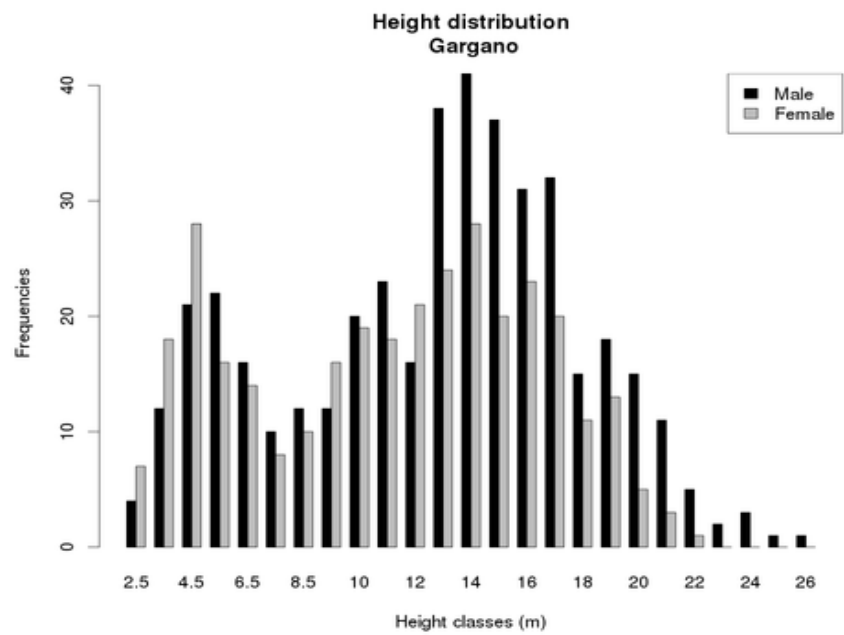
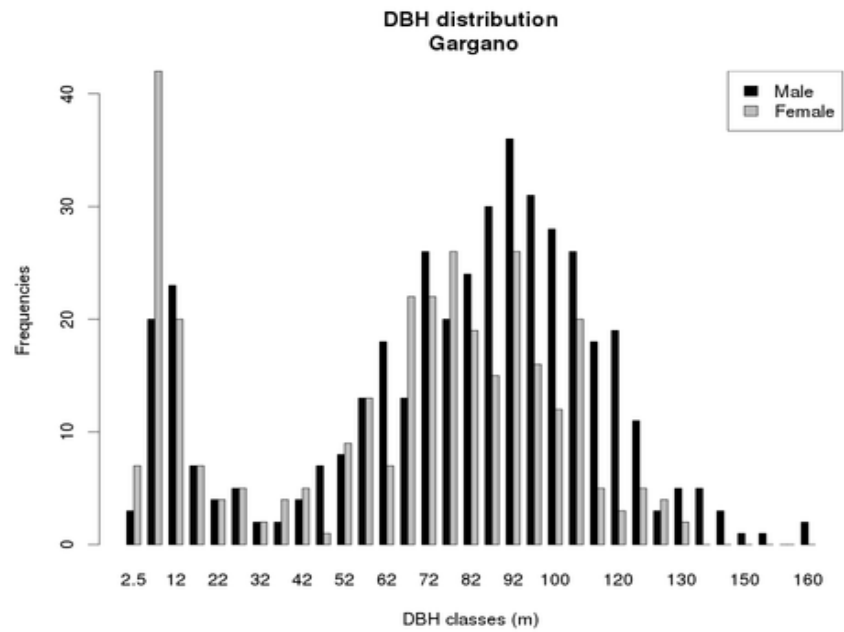


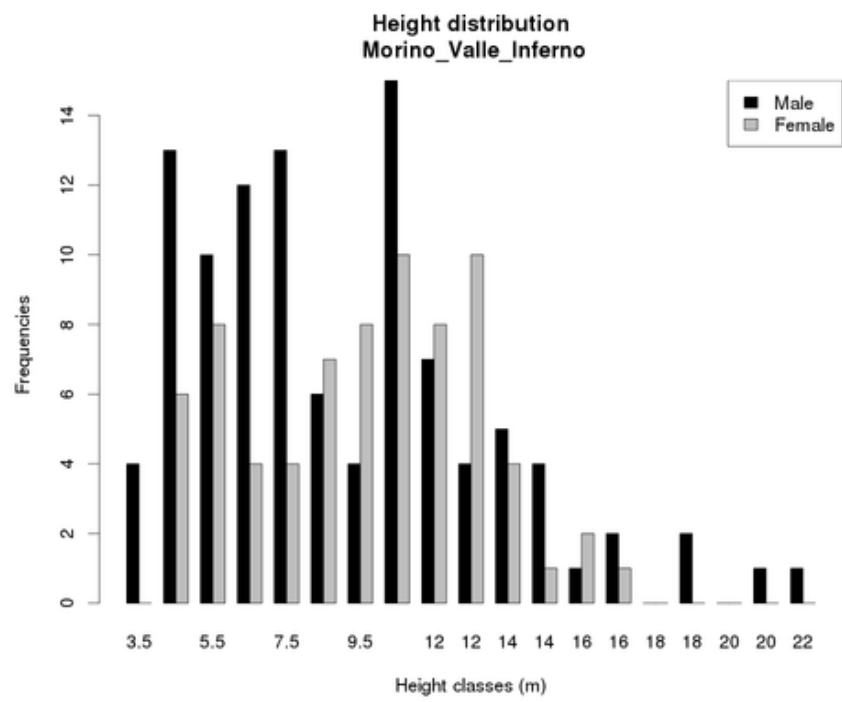
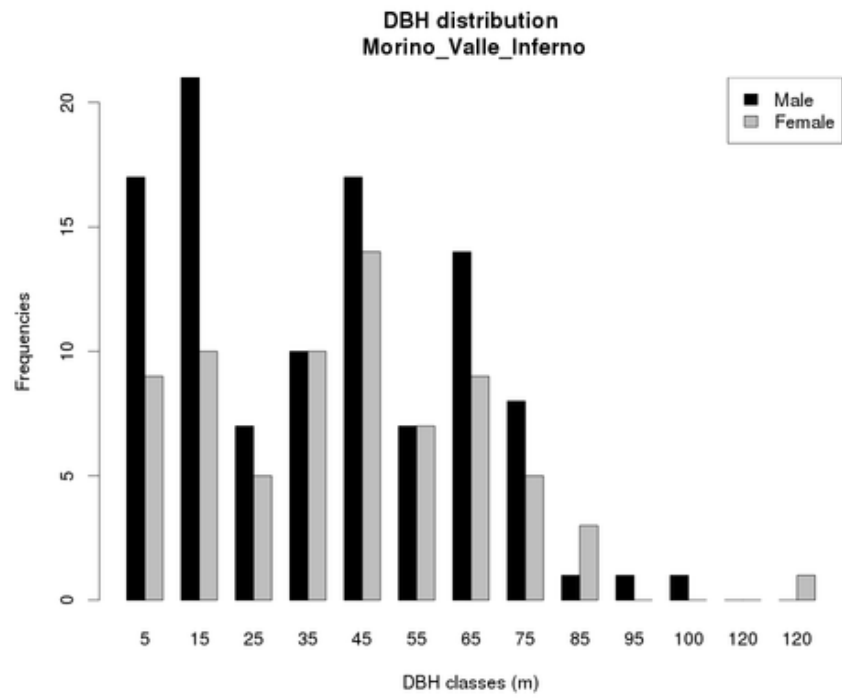
SPLIT DELLE AREE DI SAGGIO

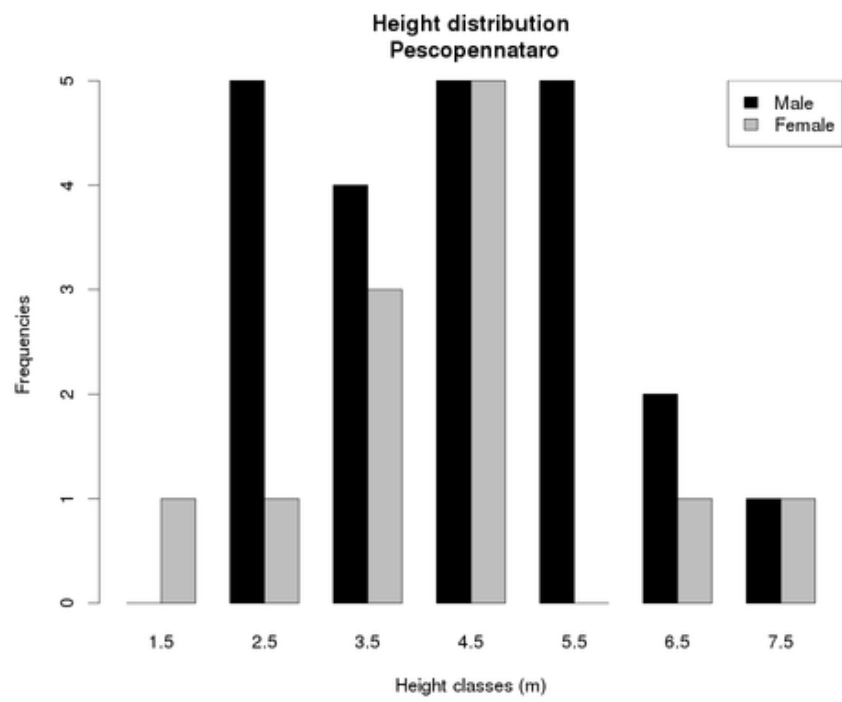
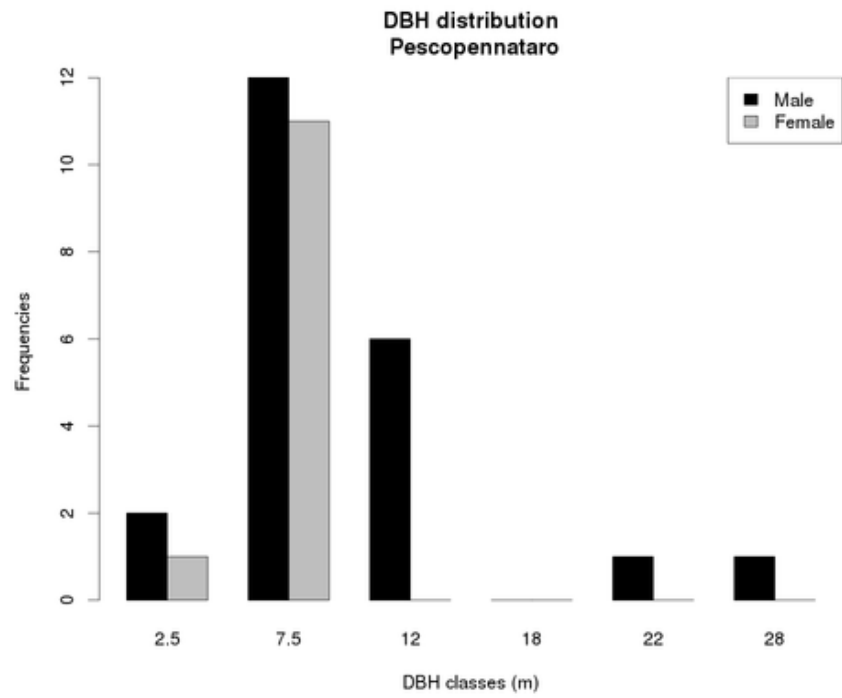


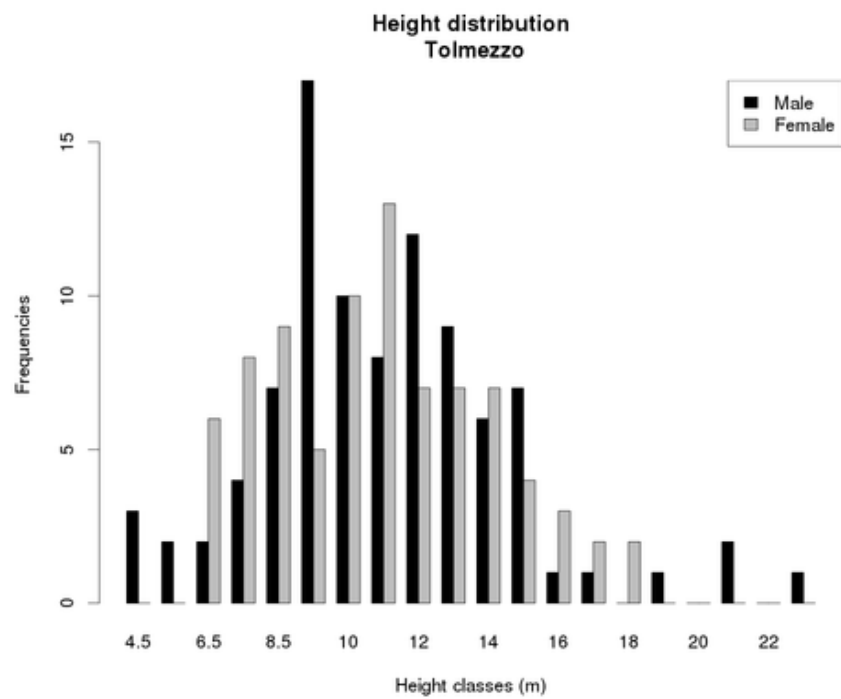
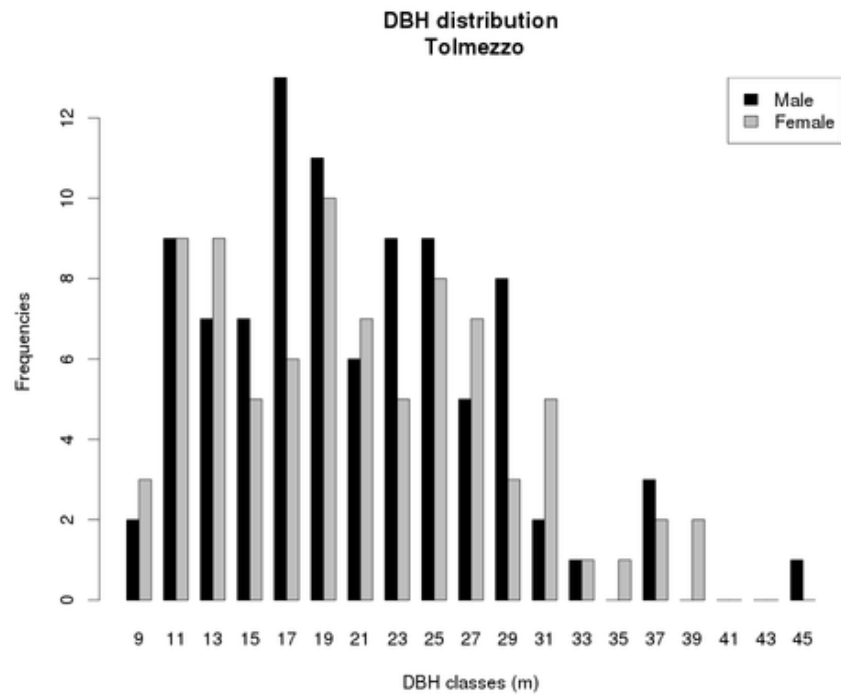
Esempio della spazializzazione adottata per le aree di saggio e griglia di resampling adottata (Badde Salighes), i punti isolati sulla sinistra corrispondono a piante in piena luce.

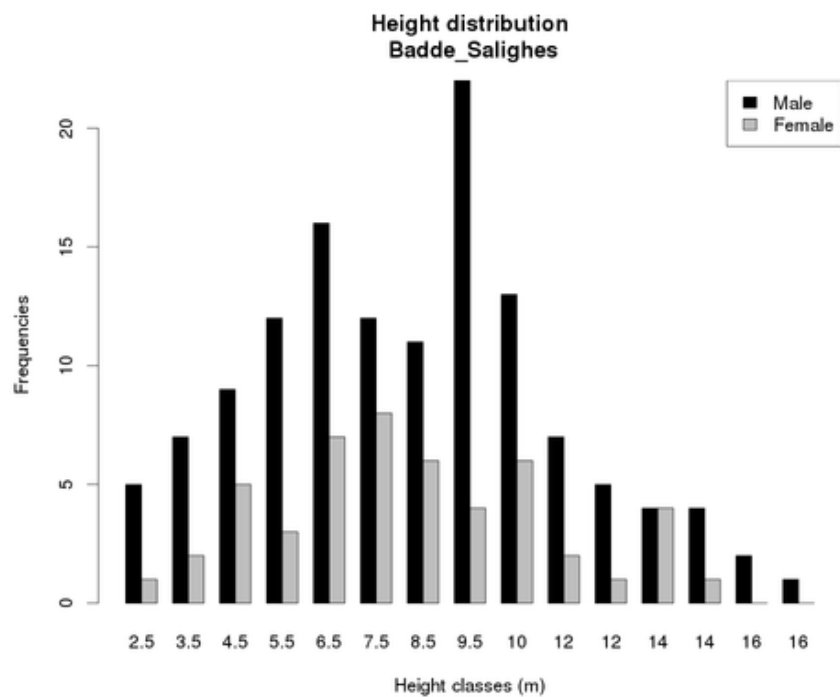
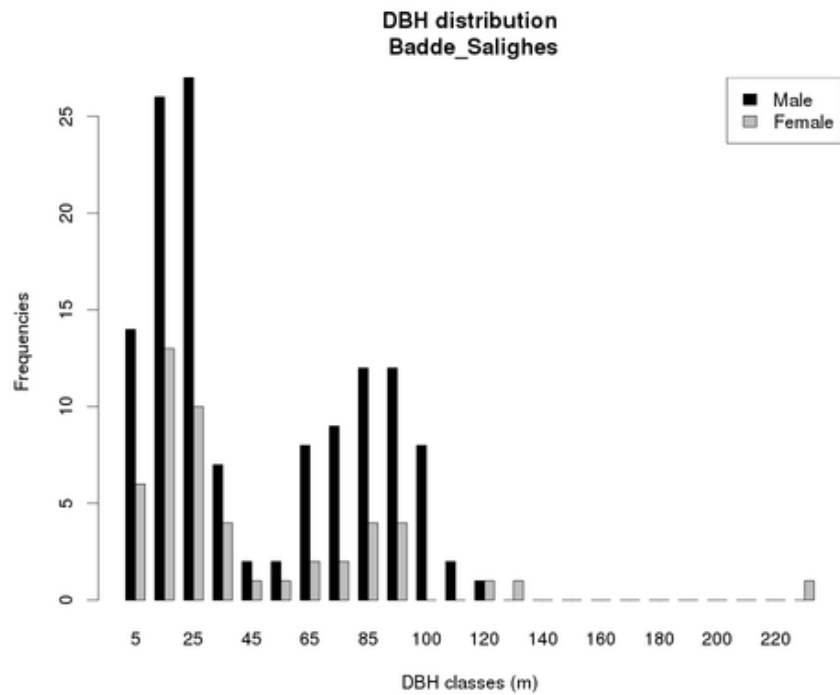
CLASSI DI FREQUENZA DI ALTEZZA E DIAMETRO

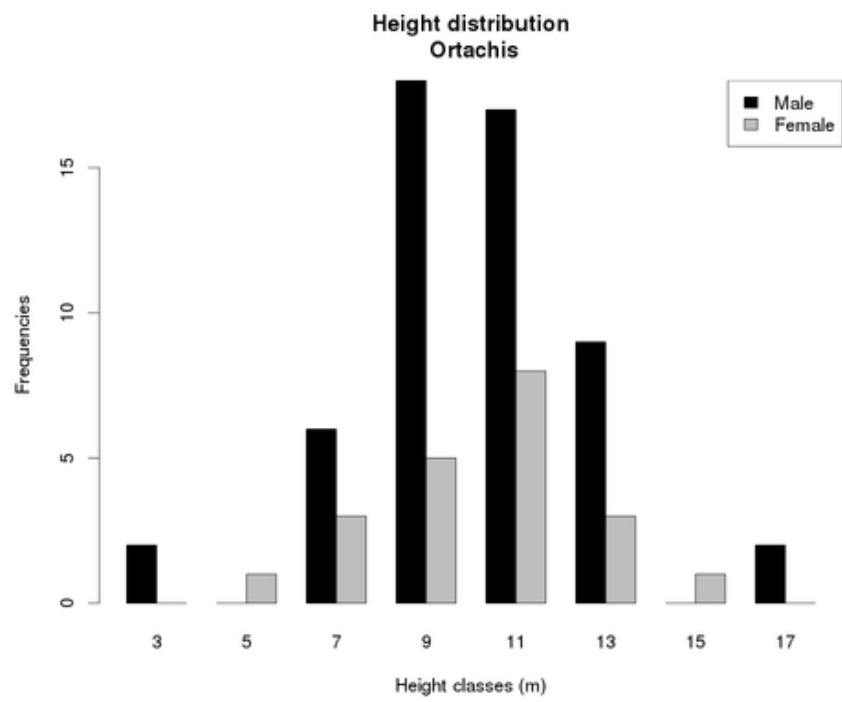
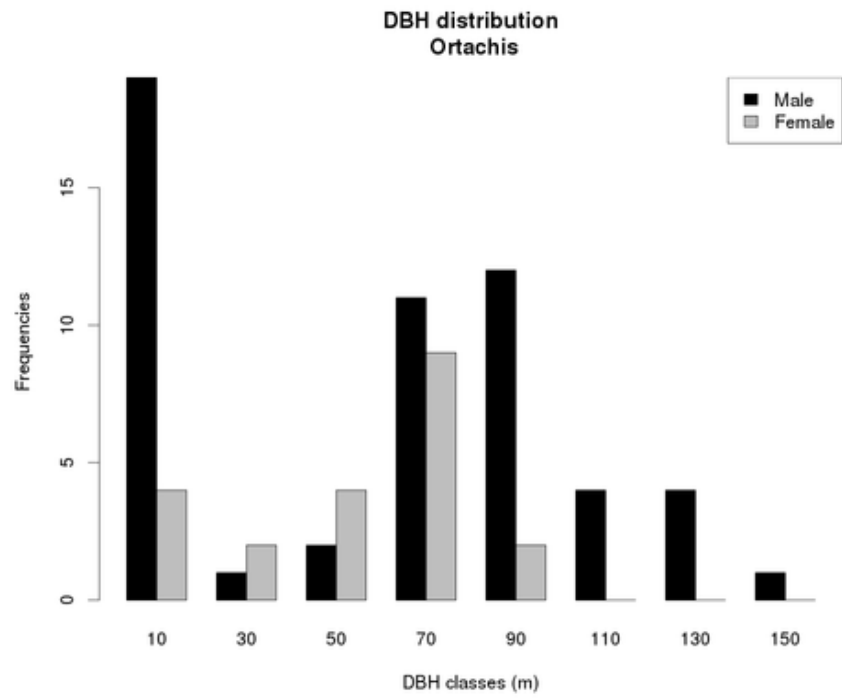


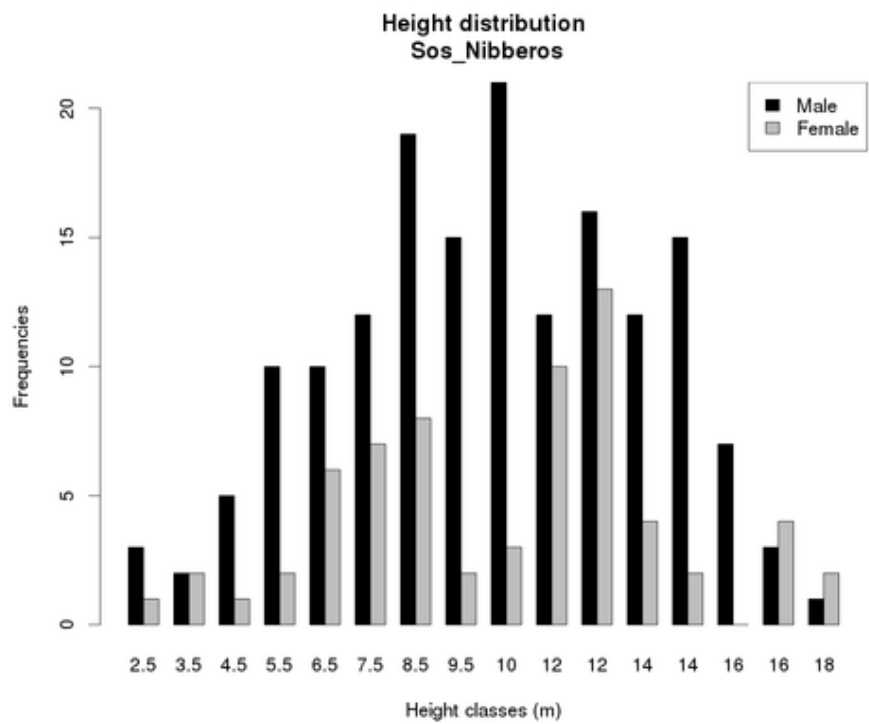
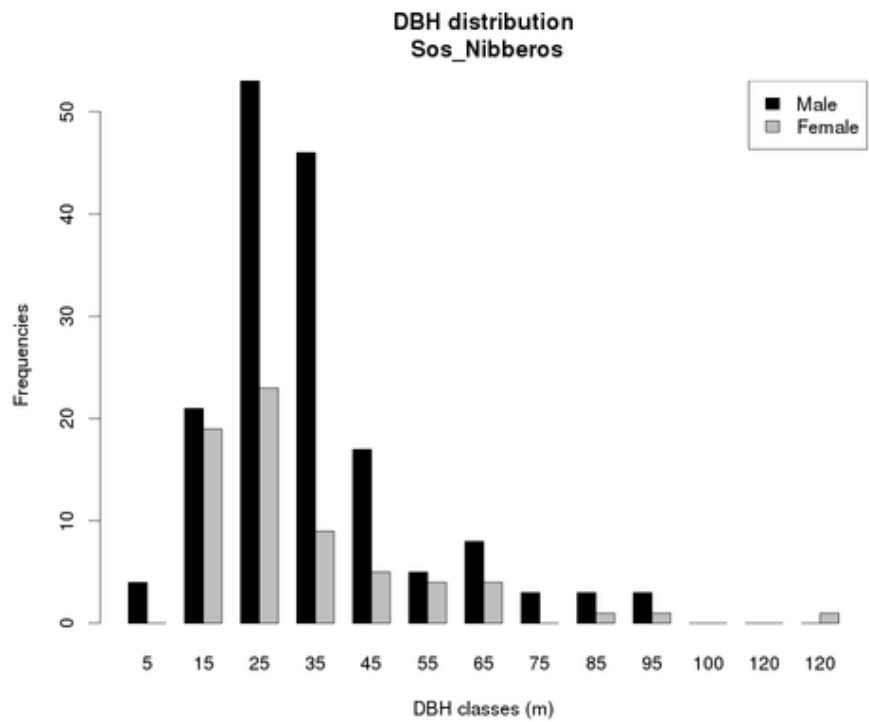




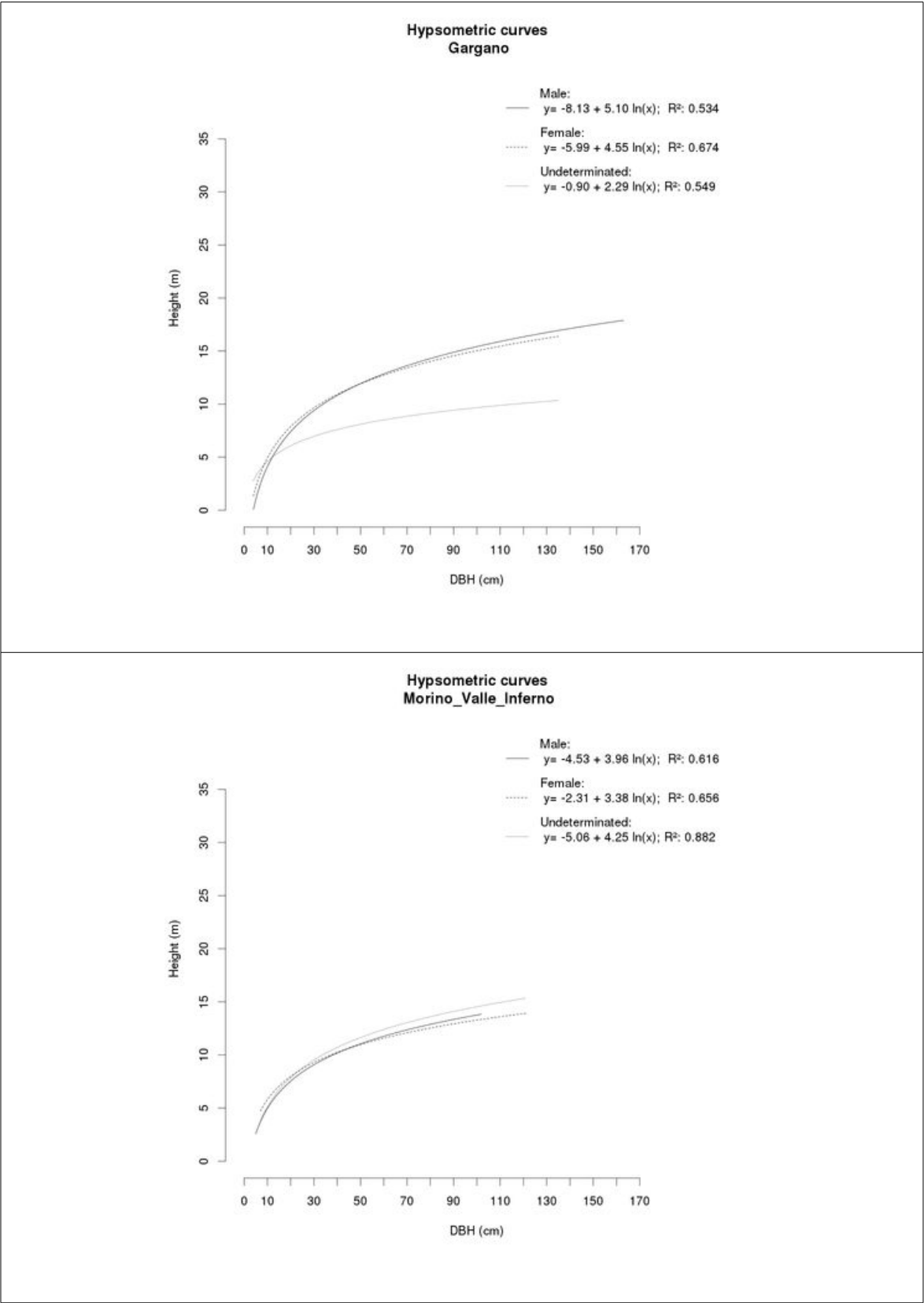




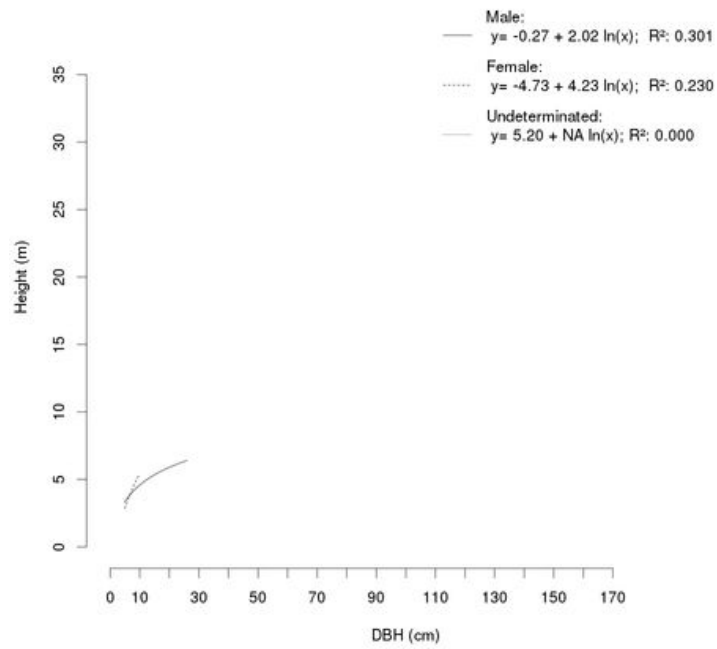




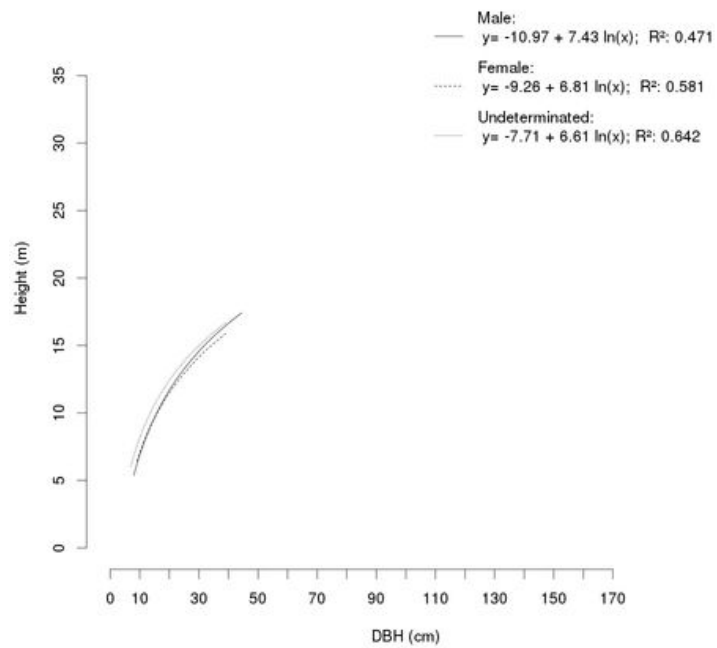
CURVE IPSOMETRICHE DEI TASSI PER POPOLAMENTO



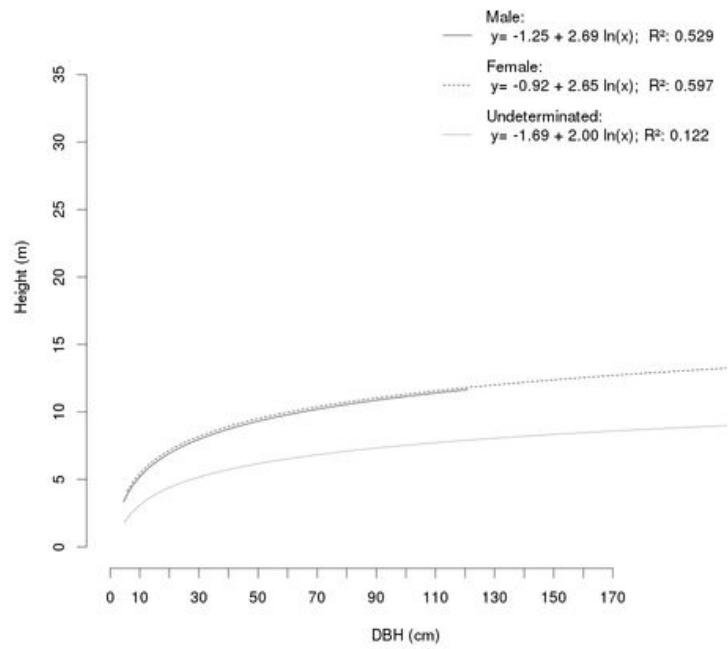
Hypsometric curves Pescopennataro



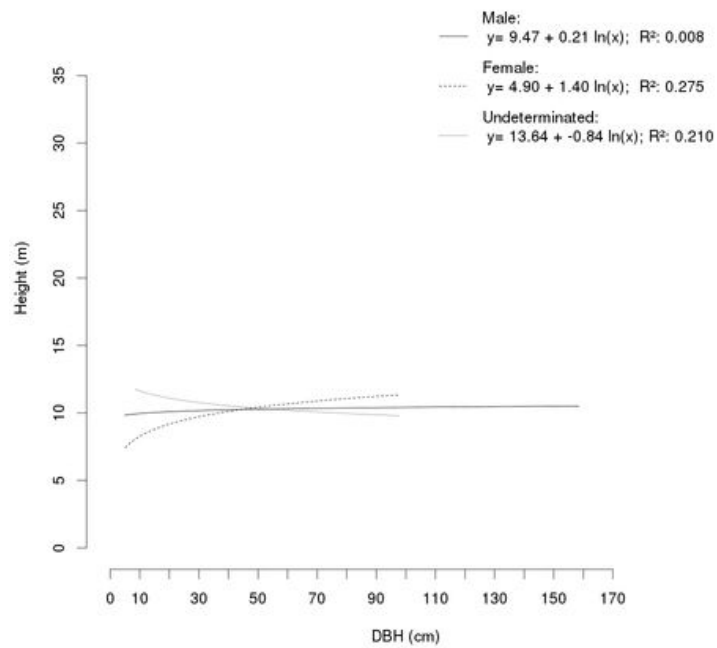
Hypsometric curves Tolmezzo



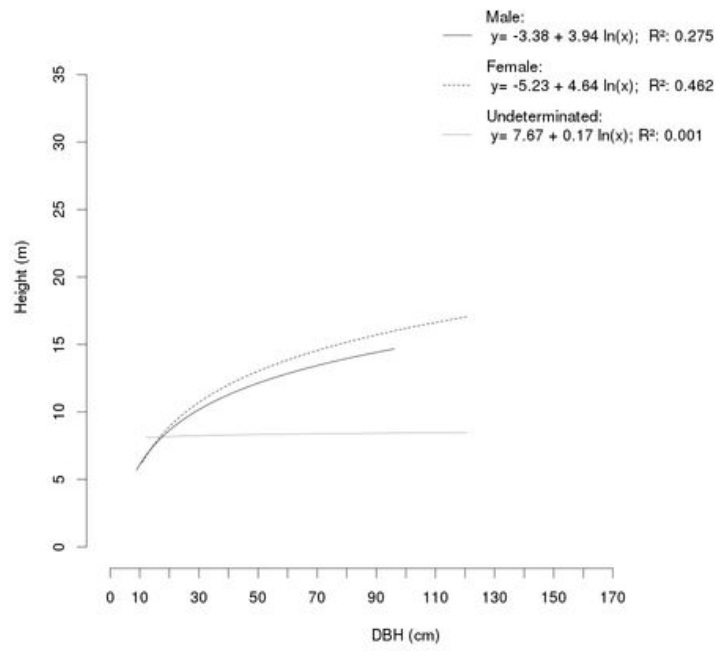
Hypsometric curves Badde_Salighes



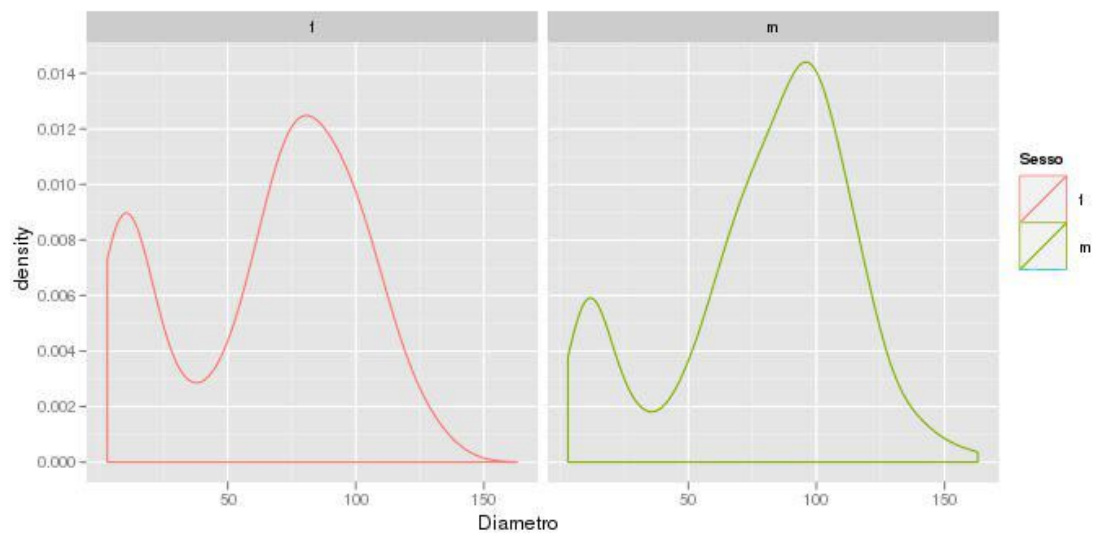
Hypsometric curves Ortachis



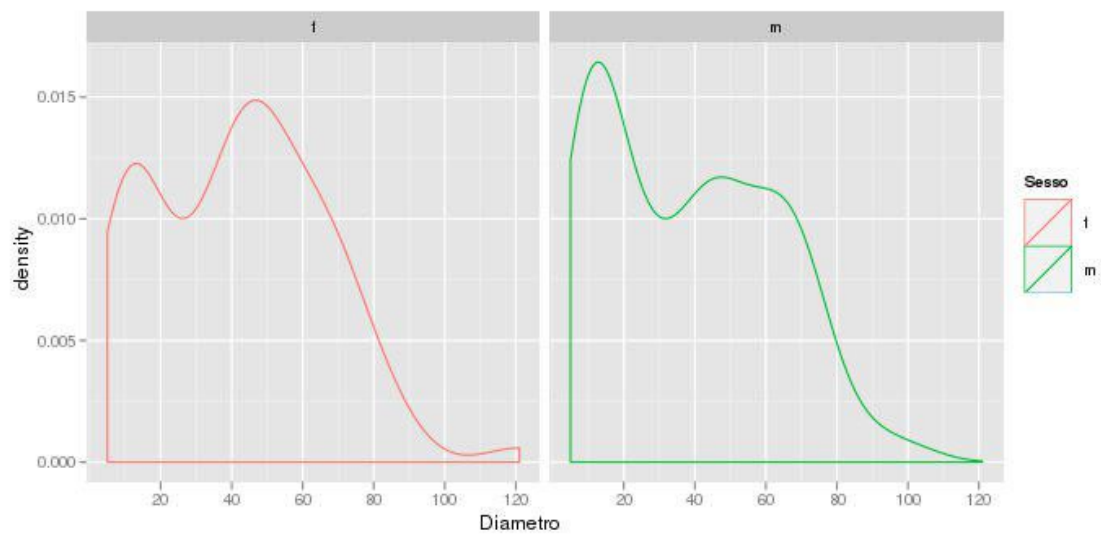
Hypsometric curves Sos_Nibberos



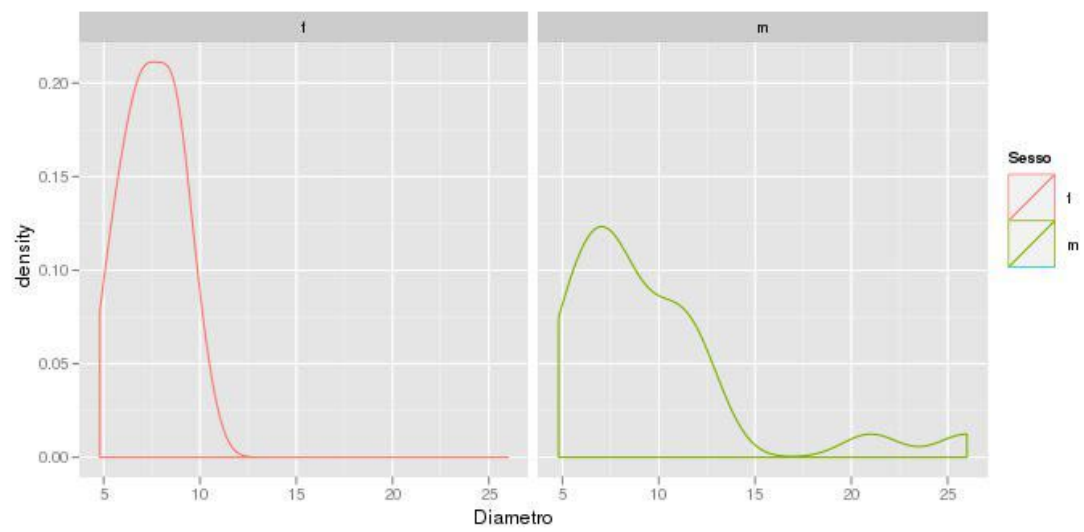
CURVE DI DENSITÀ DIAMETRICHE PER SESSO



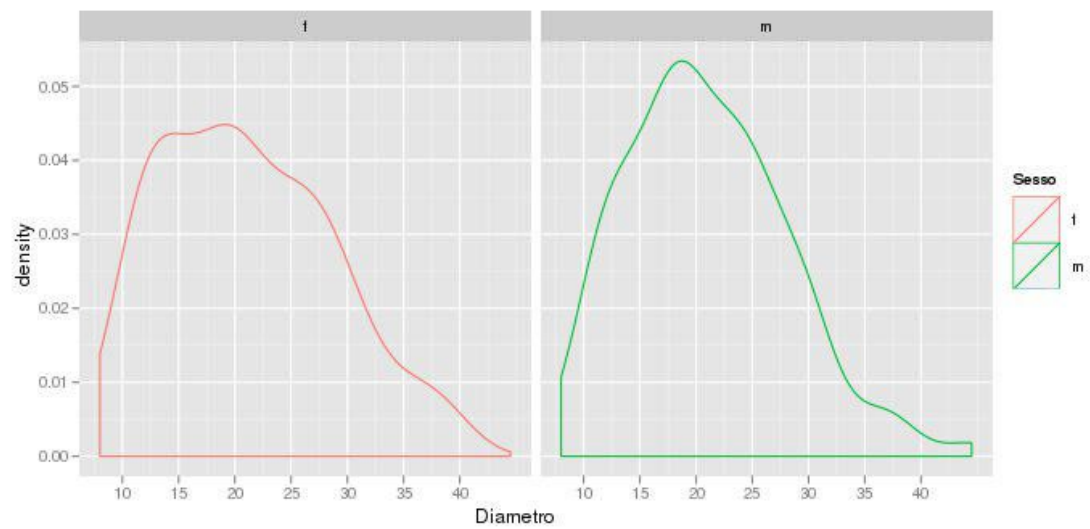
Gargano



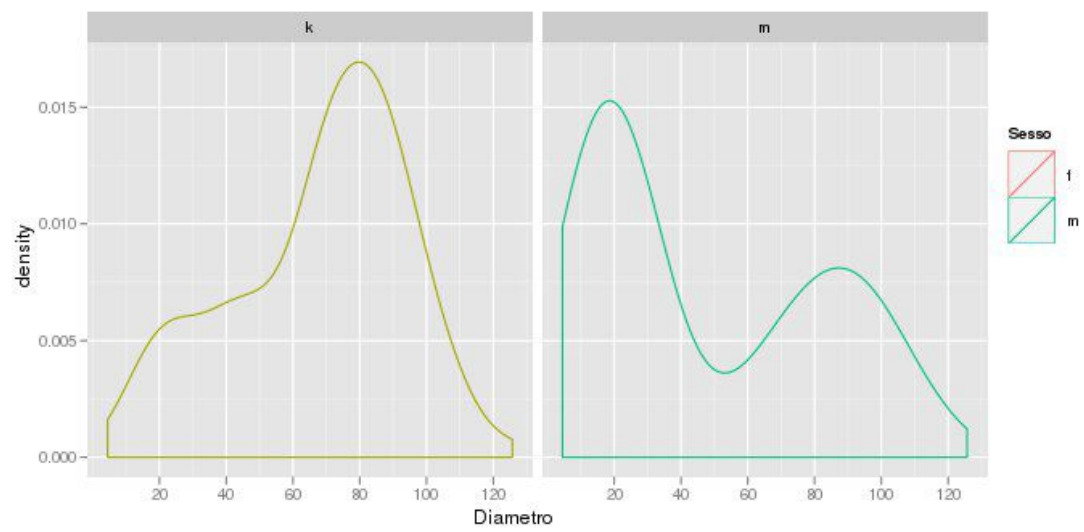
Morino



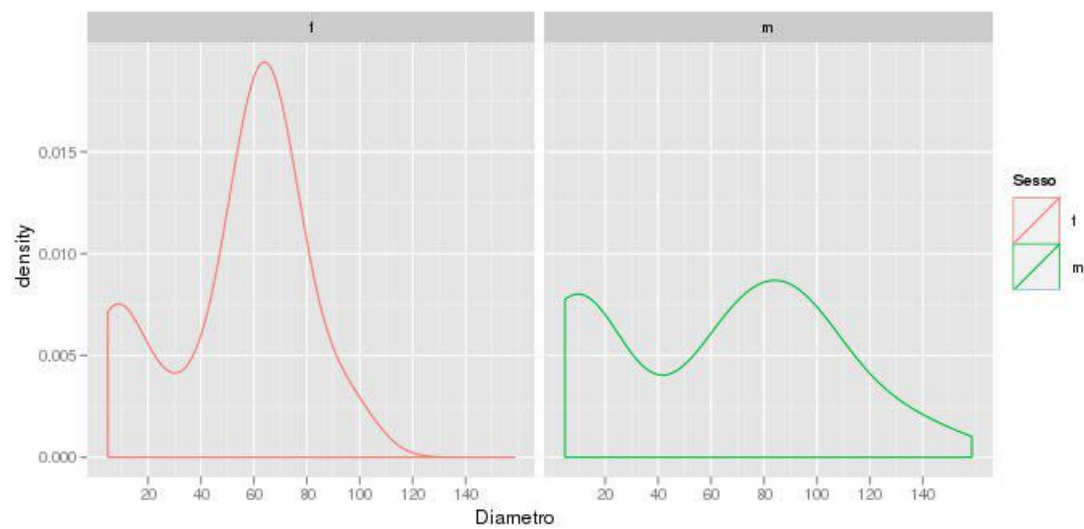
Pescopennataro



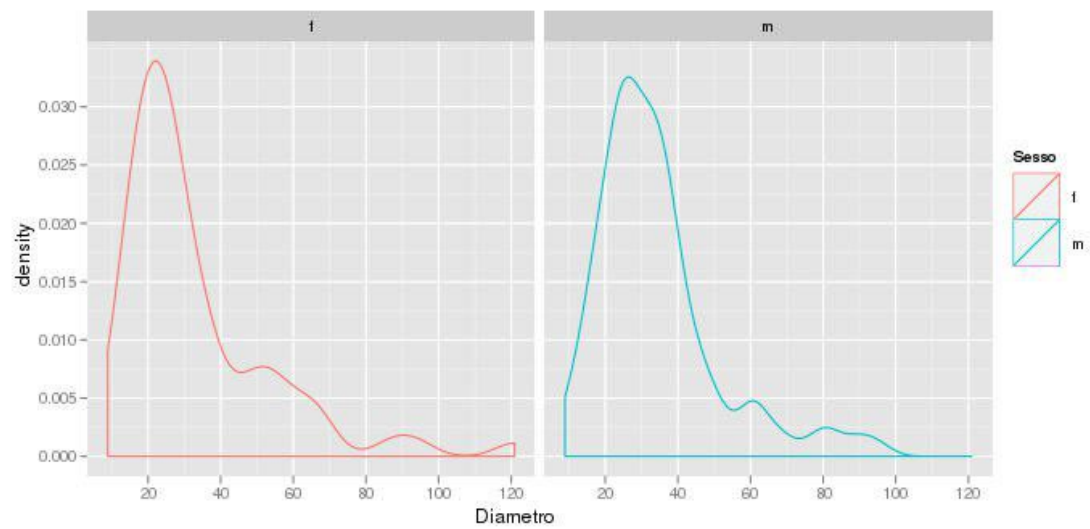
Tolmezzo

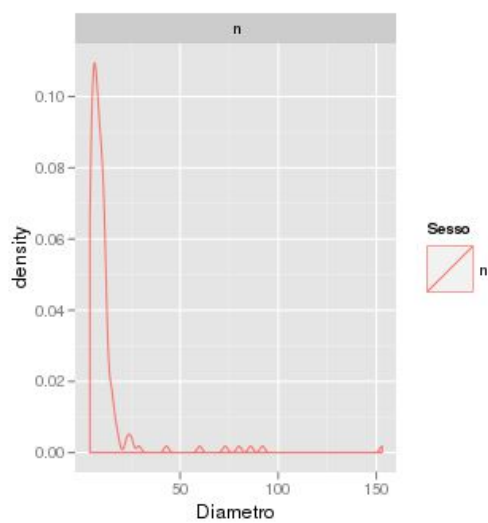


Badde Salighes

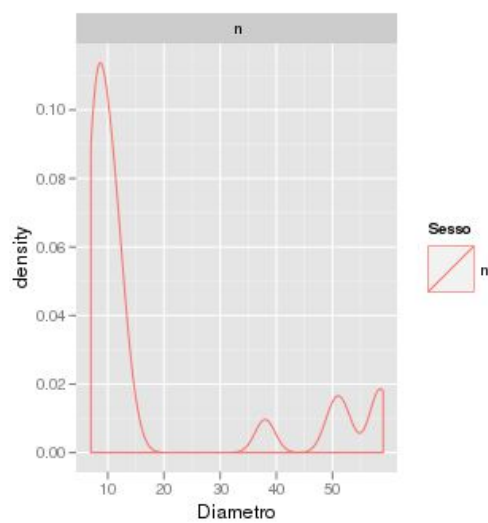


Ortachis

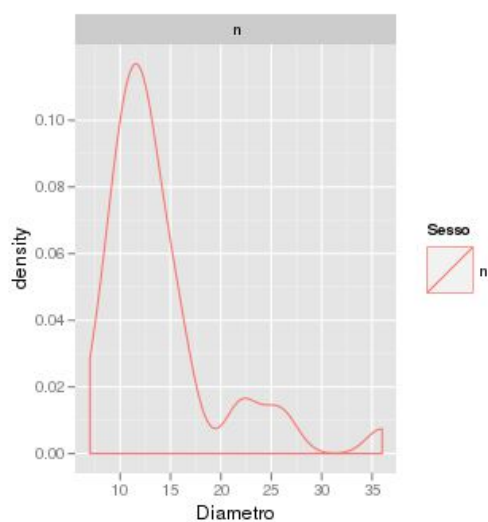




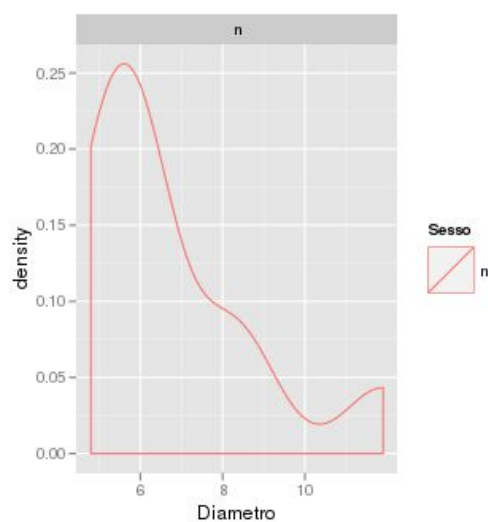
Foresta Umbra



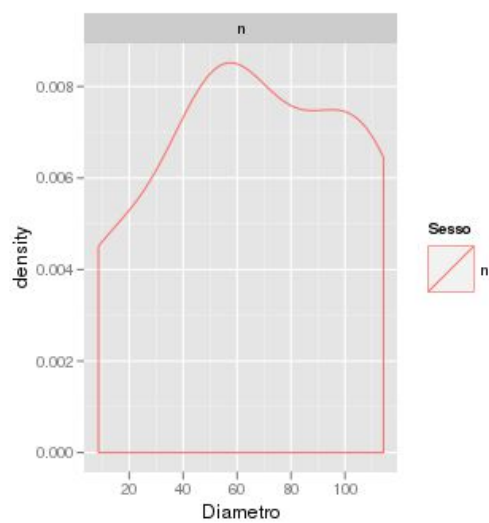
Valle dell'inferno



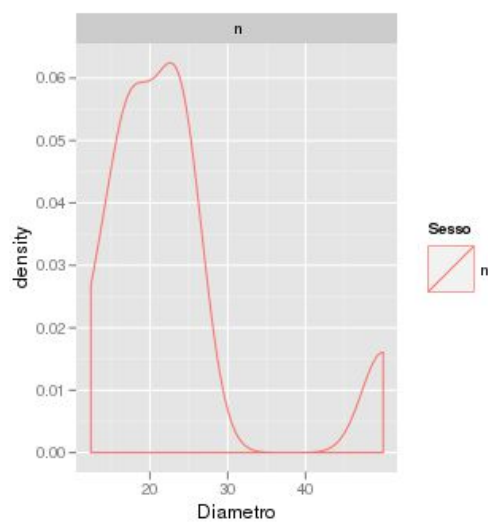
Tolmezzo



Badde salighes

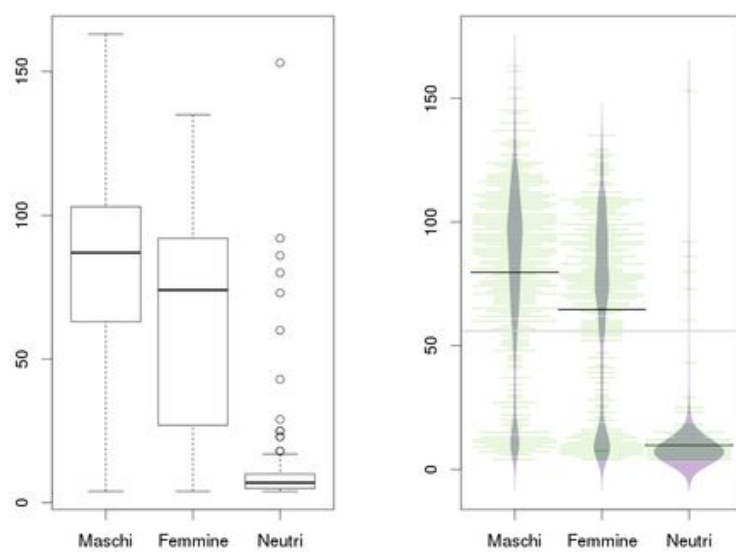


Ortachis

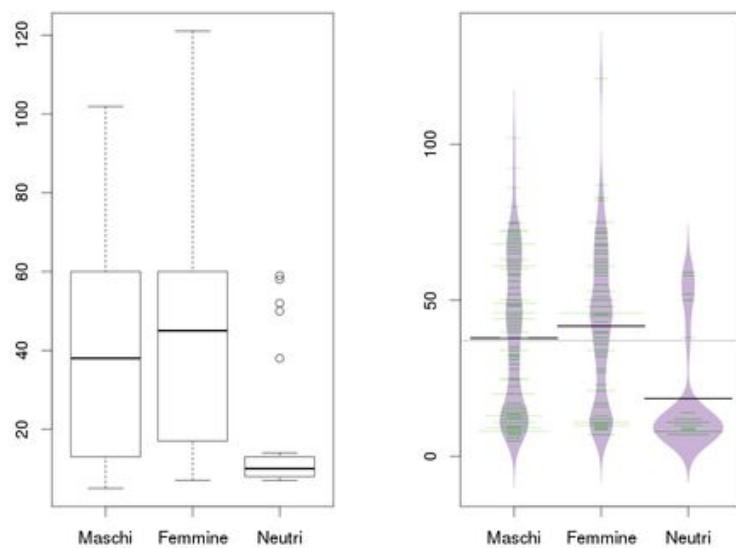


Sos Nibberos

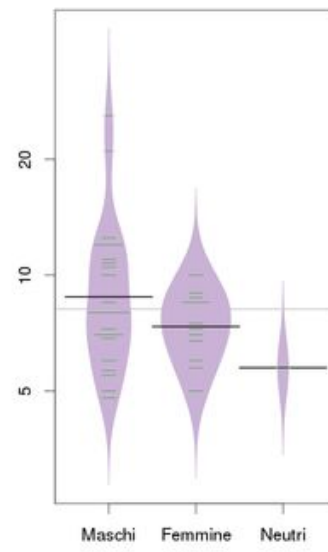
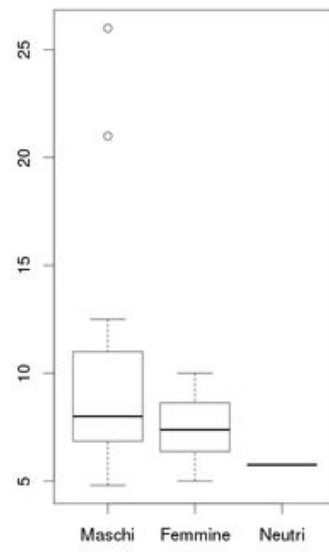
Beanplots per popolazione



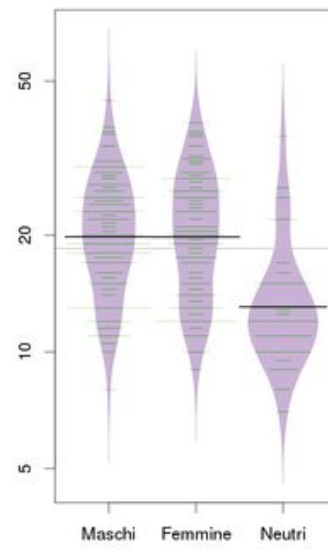
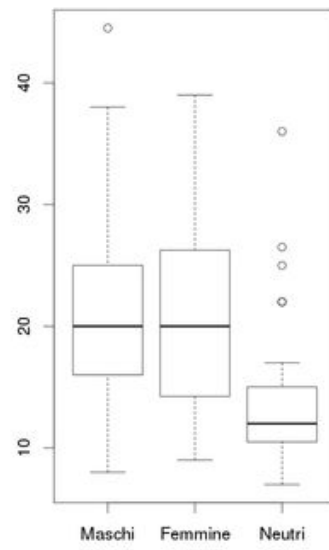
Gargano



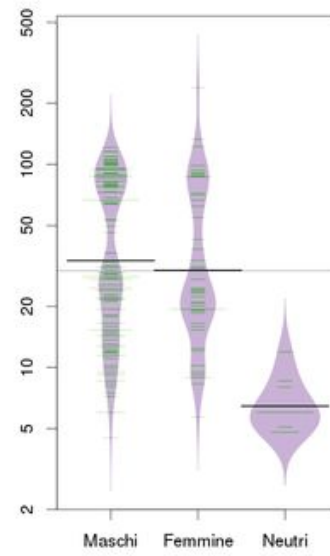
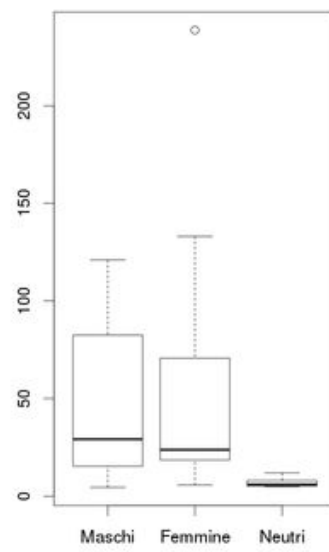
Morino



Pescopennataro



Tolmezzo



Badde Salighes

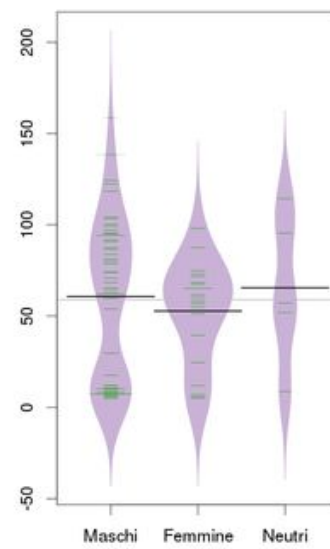
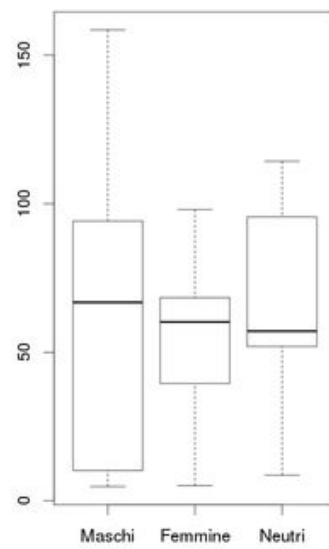
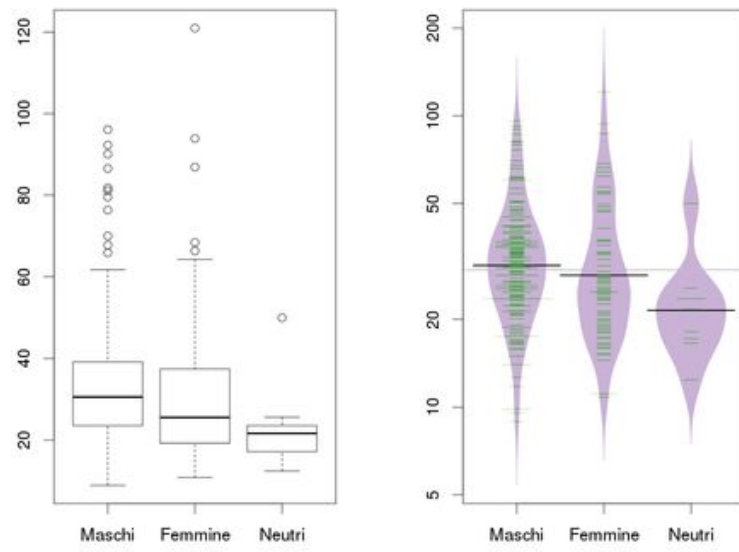


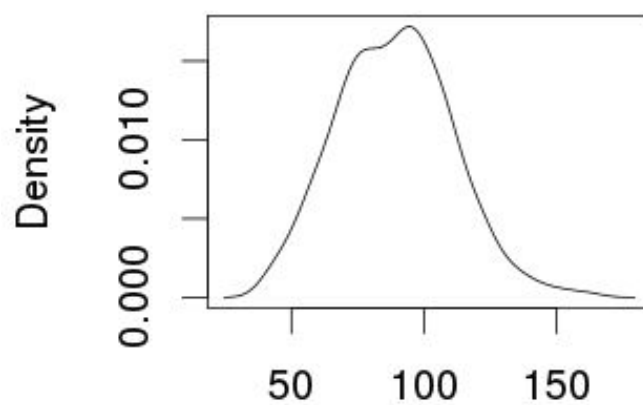
Illustrazione 23: Ortachis



Sos Nibberos

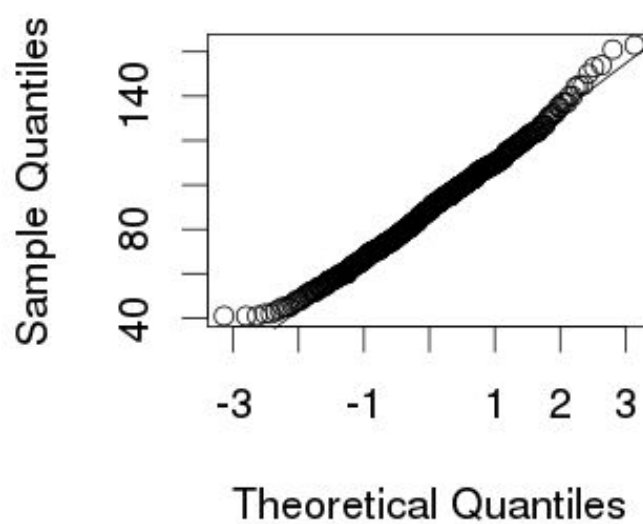
TEST DI NORMALITÀ

Test di normalità Foresta Umbra



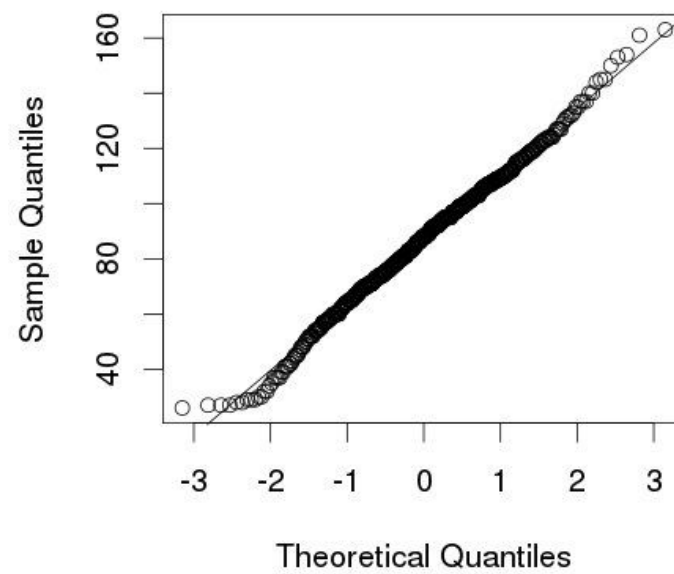
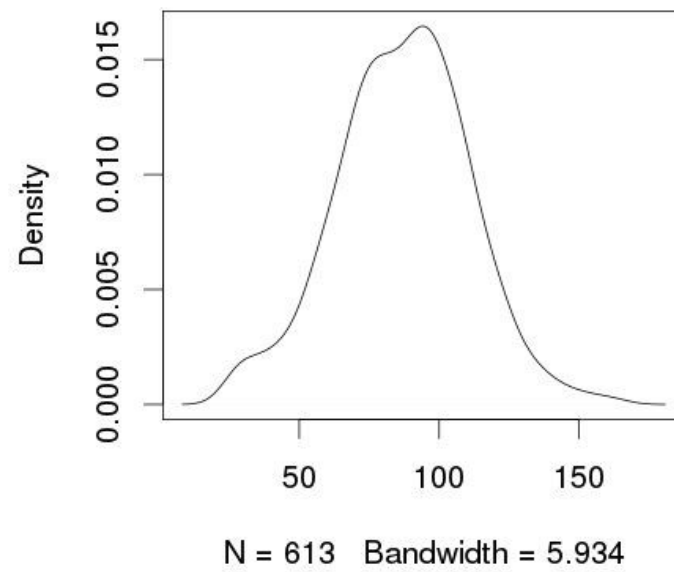
N = 592 Bandwidth = 5.465

Normal Q-Q Plot

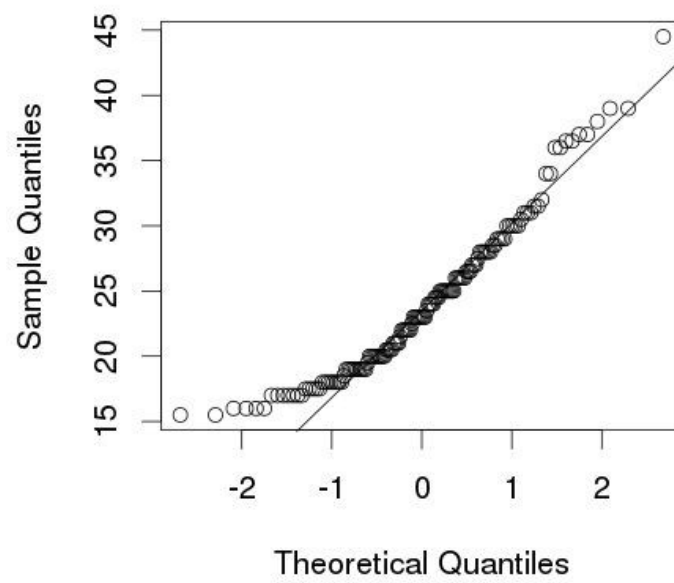
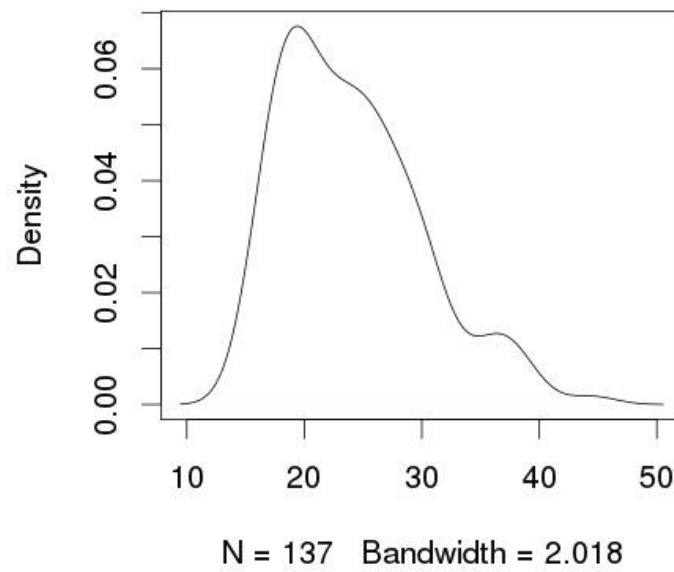


Test di normalità

Valle dell'inferno

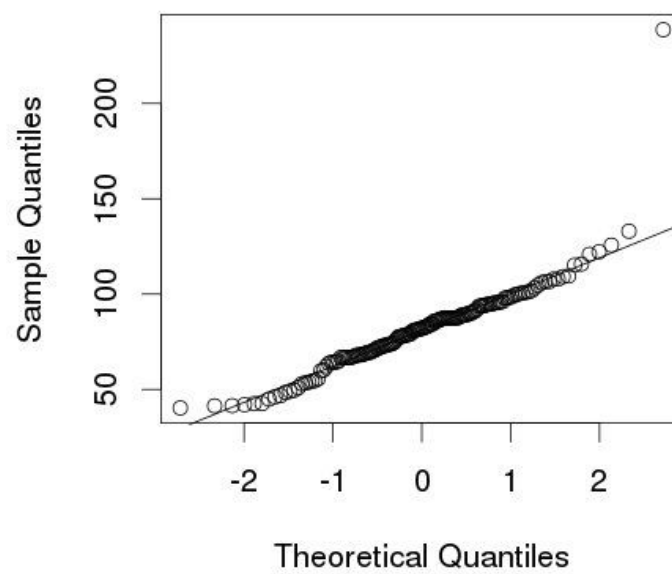
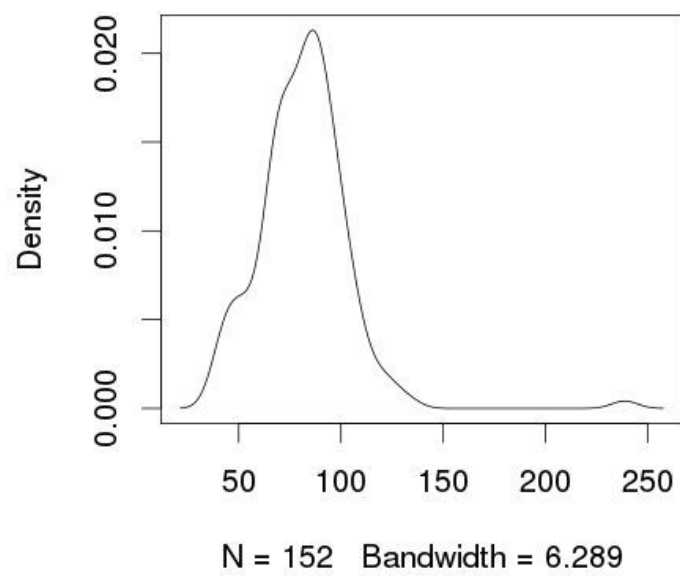


Test di normalità Tolmezzo

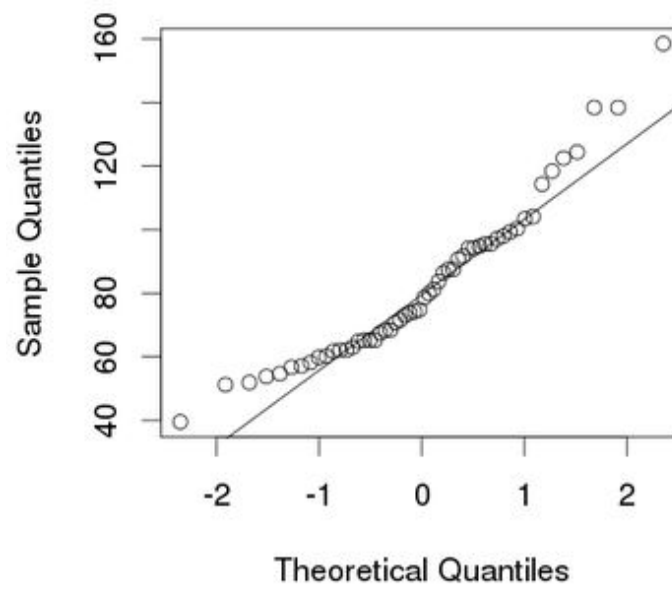
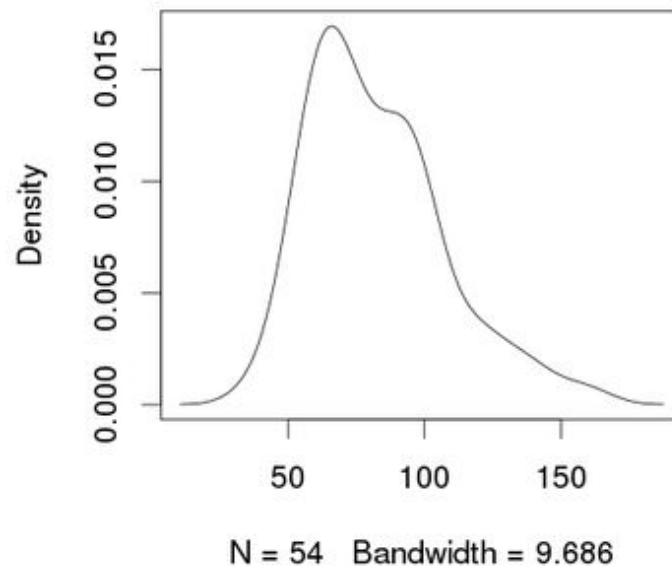


Test di normalità

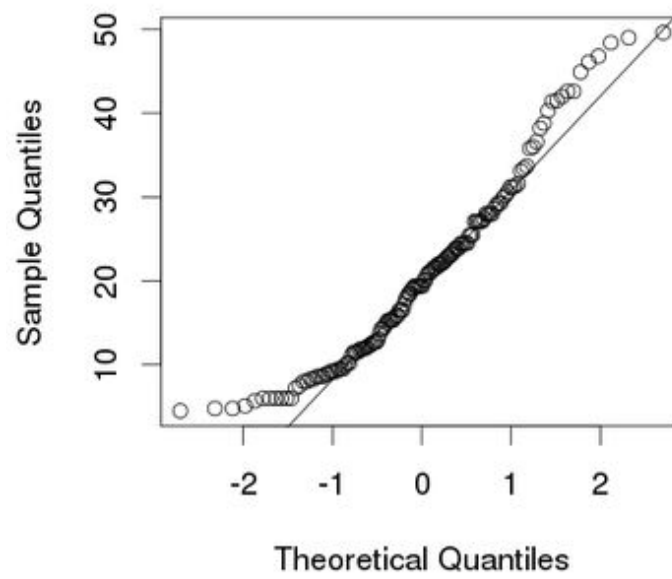
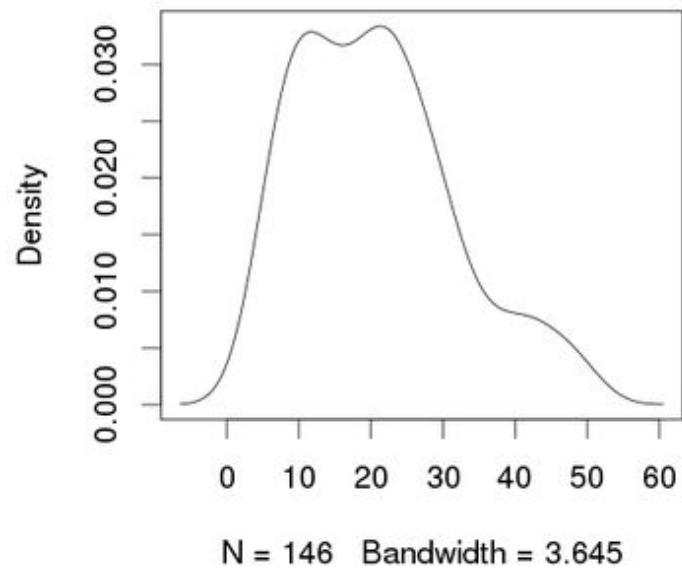
Badde Salighes



Test di normalità Ortachis



Test di normalità Sos Nibberos



FOTOGRAFIE



Badde Salighes, tasso con entrambi i sessi



Carpineto Romano, tasso sotto copertura del faggio



Badde Salighes: tassi morti

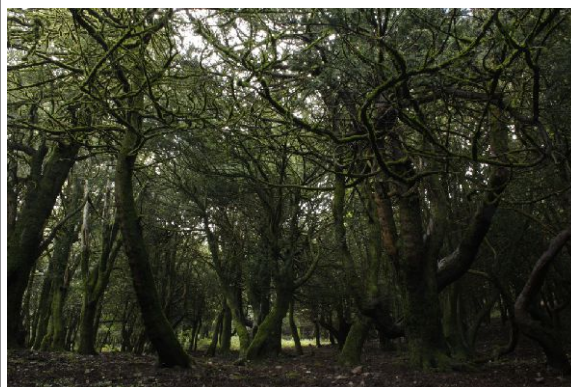


Illustrazione 24: Sos Nibberos: tasseta quasi pura

Ringraziamenti

Ringrazio I miei genitori Babore e Angioletta, per la pazienza, l'aiuto, l'affetto e gli incoraggiamenti costanti.

I miei nonni, che erano, sono e saranno sempre il mio nord.

Il dottorato, perché mi ha permesso di incontrare Enza, la mia compagna di viaggio, sostegno insostituibile, e pensare che a Lecce manco ci volevo andare...

Le mie sorelle Maria e Rita, che se non avessi la possibilità di prenderle un po' in giro ogni tanto, sarei molto più triste, e che nonostante tutto mi sopportano.

La mia famiglia siciliana, Agata, Anna, Peppe, Eliana, Pietro e naturalmente Leon.

Il prof. Schirone che mi ha dato fiducia affidandomi questo progetto di dottorato.

Armando Parlante, che anche se l'ho fatto arrabbiare qualche volta, rimane un amico.

Un ringraziamento speciale va a Marcello Goletti e Matieu Henry, che mi hanno aperto nuove possibilità.

I colleghi e gli amici, che spesso coincidono, in ordine rigorosamente sparso: Carlo, Fabio & Carmelina, Giulia, Sergio & Fabiana, Michela, Maripà, Tàmara, Angelica, Luca, Stefano (ne conosco un sacco di "Stefano", quindi questo "Stefano" vale per tutti, compreso Pif), Monica, Roberta+Mimmo+Sole, Alfredo & Delizia, la cooperativa STAF di Viterbo, Federico, Avra, Raquel, Raffaello Starniero.

Ringrazio Maurizio, Luciano & Marcello, Fofò, Bonanni per aver alleggerito la mia sopportazione della città.

Fisso, che senza dire una parola è un gran maestro di vita.

Spizzetti, che ha il dono dell'invisibilità soggettiva.

Ringrazio Sandokan e Conan, il ragazzo del futuro.

Infine ma non in ordine di importanza ringrazio: Jeff Smith (Bone), Carlo Ambrosini (Jan Dix), Leo Ortolani (Rat Man), Roberto Recchioni e Renzo Bartoli (John Doe), Neil Gaiman (Sandman), e ancora, Einstürzende Neubauten, Circle, Afterhours, il Teatro degli Orrori, Faith no more, Fine before you came, Eels, I Camillas, Larsen, Motorpsycho, Madensuyu, Arboretum, John Grant, Gil Scott-Heron, Diego Mancino, The Philadelphia experiment, Oliver Onions, Pantera (e il mai troppo compianto Dimbag).

Il progetto Debian, la Linux Foundation e tutti coloro che credono nell'open source e nella libera circolazione dei dati e soprattutto delle idee.

Ringrazio Torquato, il mio primo tasso.