

INDICATORI DI DEPERIMENTO NEL LEGNO DELLE QUERCE MONUMENTALI DELLA TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO (ROMA)

Manuela Romagnoli¹, Alessandra Silvestri², Fabio Recanatesi², Aleandro Tinelli³, Luca Maffei³, Sara Moroni²

¹DIBAF, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo; mroma@unitus.it

²DAFNE, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo

³Tenuta di Castelporziano, Roma

Il deperimento delle querce nel nostro paese è un problema molto sentito per il ruolo ecosistemico che ricoprono i querceti a livello nazionale. L'interesse sul deperimento è comunque generale in quanto coinvolge molti paesi europei. Il caso studio riguarda due località, Farnete ed Infernetto, comprese nella Tenuta di Castelporziano (RM). Sono state estratte carote e rotelle di individui arborei, scelti in funzione dell'entità del seccume nella chioma (piante sane, deperienti e morte) e sottoposte ad un'analisi dendrocronologica. Dagli studi è emerso che tra i due siti ci sono delle differenze sia di accrescimento che di età: le piante più vecchie campionate si trovano a Infernetto, ma la differenza di accrescimento tra piante fenotipicamente classificate come sane e quelle deperienti sembra più evidente a Farnete per un maggiore scostamento tra le due serie dendrocronologiche. Farnete è la località che anche dalla mappatura geografica è interessata dal deperimento di un maggior numero di individui. Le rotelle prelevate da piante morte a terra hanno permesso di identificare la data in cui si è formato l'ultimo anello ed hanno evidenziato come l'attività cambiale cessi in momenti diversi in relazione all'altezza di prelievo nel tronco. L'alburno delle piante deperienti mediamente presenta in percentuale un maggior numero di anelli, ma questo risultato è più visibile nella Località Farnete.

Parole chiave: incremento area basale, dendrocronologia, carote, alburno, anelli, querce caducifoglie.

Keywords: basal area increment (BAI), dendrochronology, cores, sapwood, tree rings, deciduous oaks.

<http://dx.doi.org/10.4129/2cis-mr-ind>

1. Introduzione e inquadramento del territorio

La Tenuta Presidenziale di Castelporziano è un popolamento relitto di querce igrofile, un'isola di biodiversità e di interesse storico-naturalistico unica in Italia e sulla quale sono concentrati una serie di sforzi da parte di molti gruppi di ricerca per garantirne la salvaguardia e la conservazione. Il luogo ha anche un importante valore storico, testimoniato da insediamenti umani fin dai tempi più antichi, ovvero già in età preistorica. Dopo varie vicissitudini e periodi di rigoglio e di decadenza, nel 1948, dopo il secondo conflitto mondiale, sopravvenuta l'istituzione della Repubblica, la Tenuta venne assegnata al Capo dello Stato ed il 5 maggio 1999 con decreto n. 136 del Presidente Scalfaro la Tenuta è stata riconosciuta Riserva Naturale Statale. Molti studi sono stati effettuati sull'area che permettono una descrizione piuttosto dettagliata ed una ricostruzione delle vicissitudini a livello storico e ambientale (AA.VV., 1985; AA.VV., 1998; Baldo, 2009; Bertoni, 2012; Bucci, 2006; Scarascia Mugnozza, 2001). La Tenuta dista circa 25 km dal centro di Roma e si estende dalla città fino al litorale romano su una superficie di 59 km² (5892 ha). Nell'area sono presenti la maggior parte degli ecosistemi tipici dell'ambiente mediterraneo, oltre ad aree dedite alle coltivazioni e al pascolo. Il

territorio è caratterizzato principalmente dal bosco planiziario igrofilo, costituito da querce sempreverdi (*Quercus ilex*, *Quercus suber*, *Quercus crenata*) e caducifoglie (*Quercus cerris*, *Quercus robur*, *Quercus frainetto*), oltre alla presenza di altre specie caducifoglie e sottobosco tipico della macchia mediterranea, con specie più prettamente igrofile in prossimità delle zone umide. Questo è l'ultimo lembo relitto incontaminato di quelle vaste foreste e dei boschi che un tempo, nell'antichità, si estendevano lungo tutta la costa laziale. Nelle zone meno accessibili, la foresta è ricca di esemplari arborei vetusti e monumentali che la rendono un silvo-museo permanente che merita di essere conservato e preservato (Giordano *et al.*, 2006). Sono inoltre di particolare interesse a livello biologico le "piscine", specchi d'acqua naturali che testimoniano la pregressa presenza di ambienti umidi, boschi allagati e paludi, ma che possono causare, per la presenza di uno strato di argilla situato a ridotta profondità nel suolo, un fenomeno di asfissia delle radici divenendo una delle cause dello stress a cui sono sottoposte le specie vegetali.

Oltre alla grande varietà vegetazionale, la Tenuta presenta una notevole ricchezza di specie faunistiche, tra cui abbondano diverse specie di ungulati. Tali specie sono tra le cause principali della scarsa presenza

di rinnovazione arborea nel sottobosco. La ricchezza biologica ha consentito che tutta l'area fosse indicata come Zona di Protezione Speciale (ZPS) ai sensi della DC 79/409 CEE ed all'interno della Tenuta sono stati individuati due Siti di Interesse Comunitario (SIC) in loc. Farnete (querceti igrofili) ed in corrispondenza della loc. Grotta di Piastra (fascia costiera). Pertanto la Tenuta è stata inserita nella Rete Natura 2000.

Il monitoraggio ambientale della Tenuta, in itinere dal 1996, ha messo in evidenza come i principali fattori limitanti alla rinnovazione naturale dei querceti di caducifoglie siano costituiti dalla eccessiva pressione della fauna selvatica e dalla riduzione degli apporti meteorici che, per questo territorio, può essere stimata di circa il 15% negli ultimi quindici anni.

Durante l'ultimo decennio si manifestato nella Tenuta il deperimento dei soprassuoli quercini di farnia in particolare ma anche di quelli di cerro a causa di una notevole escalation di morie.

Attualmente è in fase di predisposizione un Piano di Gestione per il quale sono estremamente utili alcune informazioni come l'età dei popolamenti, il momento in cui inizia a manifestarsi il fenomeno di deperimento e l'età in cui avviene la morte delle piante. Queste informazioni consentono di identificare l'esistenza di fattori predisponenti al deperimento quali possono essere degli esemplari arborei o in genere fattori esogeni tra cui l'inquinamento (Paoletti, 1998) ed i cambiamenti climatici (Dreyer e Aussennac, 1996), i quali agiscono sul medio-lungo periodo ponendo le basi per l'azione di fattori scatenanti, come la salinità, ma soprattutto la siccità (Jakucs, 1985; Mészáros, 1991; Paoletti, 1998) che in tempi brevi vanno ad intaccare i meccanismi fisiologici e metabolici della pianta.

Sotto il profilo climatico va rilevato come Castelporziano sia interessata da una siccità estiva (Scarascia Mugnozza *et al.*, 2006) piuttosto intensa e negli ultimi anni si è registrato un incremento degli episodi di forte precipitazione. Per quanto riguarda le temperature, nel corso del cinquantennio preso in esame si è osservato un aumento dei valori massimi ed allo stesso tempo una diminuzione degli eventi di gelata (occorrenze di temperatura minima inferiore a 0° C), determinato da un innalzamento delle temperature minime. L'area è stata poi interessata da un abbassamento delle falde conseguente alla bonifica che prende avvio ufficialmente nel 1884 e che potrebbe aver fortemente inciso sul fenomeno di deperimento delle querce.

Da queste premesse deriva l'obiettivo del contributo di ricerca che è quello di iniziare un percorso di studio dei segnali di deperimento nelle querce caducifoglie di Castelporziano identificando le cause predisponenti e i segnali fenotipici premonitori.

Gli obiettivi specifici del contributo fanno capo alle indagini dendrocronologiche e possono essere così riassunti:

- 1) Determinare l'età e l'anno in cui si è verificata la morte degli alberi.
- 2) Localizzare il momento in cui si verifica il fenomeno di deperimento.

- 3) Intraprendere un percorso di studio su alcuni parametri che fortemente influenzano la vitalità degli alberi, tra questi anzitutto l'alburno.

2. Materiali e metodi

2.1. Campionamento e analisi

Sono stati campionati individui arborei scelti in base allo stato di salute in due differenti località all'interno della Tenuta: Farnete ed Infernetto. Farnete è un'area interna alla riserva, in cui è stata riscontrata la presenza di piante in diverso stato di salute e scarsa presenza di rinnovazione naturale. La zona dell'Infernetto è invece situata in prossimità del limite della riserva più vicino al mare, oltre che al centro abitato. Presenta esemplari arborei di notevoli dimensioni (Fig. 1).

Le piante campionate sono state suddivise in sane, deperienti e molto deperienti in relazione al grado di seccume della chioma rivedendo le soglie proposte da Tulik (2014). Gli alberi sono stati classificati come:

- 1) sani quando, in linea di massima, i sintomi di deperimento interessano intorno al 20% della chioma;
- 2) deperienti, quando si osservavano fenomeni di seccume che interessavano oltre il 20% della chioma, con una ulteriore classificazione in piante molto deperienti quando il fenomeno del deperimento interessava oltre il 50% della chioma (fino al 70-90%);
- 3) morti e caduti sul terreno.

Per tutte le piante sono stati rilevati i diametri e le coordinate GPS.

Nel sito di Farnete sono state ottenute 15 carote, 10 di *Q. robur* e 5 di *Q. cerris*. La presenza nel sito di Farnete di piante morte e cadute a terra ha permesso di prelevare su 5 di esse 23 rotelle a diverse altezze lungo il fusto. Ad Infernetto è risultato possibile eseguire invece solo il carotaggio su 20 esemplari arborei tra i diversi stati di salute. In totale sono state prelevate 35 carote tra piante sane, deperienti e morte in piedi, oltre il materiale prelevato dalle 5 piante morte cadute a terra.

L'analisi dendrocronologica è stata eseguita secondo i sistemi classici della dendrocronologia (Schweingruber, 1986), misurando le ampiezze anulari con una approssimazione al centesimo di mm e verificando l'andamento delle curve dendrocronologiche, differenziando le piante sane da quelle deperienti, localizzando i momenti in cui gli accrescimenti presentano riduzioni piuttosto sostenute. In questa fase non è stata operata una distinzione tra la farnia ed il cerro. Le elaborazioni sono state eseguite sulle serie anulari relative al parametro ampiezza anulare ma anche al parametro incremento di area basale (BAI), poiché quest'ultimo mediamente risulta essere più correlabile ai fenomeni di deperimento (Johnson e Abrams, 2009). Per le due località sono stati anche calcolati i parametri statistici descrittivi delle curve dendrocronologiche; tra questi: il valore medio, la deviazione standard, la sensibilità media, massimi e minimi di accrescimento anulare.

Le curve dendrocronologiche sono state costruite anche sulle rotelle delle piante morte e cadute a terra nel sito di Farnete. In questo caso è risultato possibile determinare

non solo l'età in cui è avvenuta la morte degli alberi ma anche l'anno in cui è cessata l'attività cambiale. In tutte le carote e le rotelle è stata poi identificata l'estensione e il numero di anelli che interessa l'alburno.

3. Risultati

Nella Tabella 1 è riportata l'età degli alberi campionati, dedotta dal numero di anelli conteggiato in tutte le carote prelevate. Nella colonna accanto è riportato il numero di anelli relativo alle serie dendrocronologiche che si sincronizzavano e che pertanto sono andate a costituire la curva media. Dall'esame dei valori di età si evince che nel sito di Farnete, le querce deperienti sono anche quelle anche più senescenti ed hanno in media 115 anni, mentre le piante classificate come sane mediamente arrivano a 100 anni di età. Tra le piante deperienti si annovera anche la pianta più vecchia di Farnete che raggiunge un'età di 173 anni, la cui serie anulare tuttavia non è stata inserita nella curva media in quanto presentava difficoltà nella sincronizzazione. Nell'area di Infernetto è risultato meno agevole differenziare le piante sane da quelle deperienti sulla base dei caratteri fenotipici della chioma; in Infernetto sia i campioni classificati come sani che quelli classificati come deperienti mediamente presentano un'età di 120 anni, tale valore è mediamente superiore a quello misurato/stimato negli esemplari campionati a Farnete. Le serie dendrocronologiche delle piante classificate sane e deperienti sono state poi mediate in una cronologia totale che può essere considerata rappresentativa del sito di Castelporziano. L'analisi dei parametri descrittivi dendrocronologici fornisce ulteriori informazioni.

Nelle piante deperienti (Tab. 1), si può notare come in entrambi i siti, ampiezze anulari medie (MV) sono in genere inferiori rispetto alle piante sane, anche se questo risultato appare più evidente in Infernetto. A Farnete la curva media è caratterizzata da un coefficiente di variazione (CV) più elevato evidenziando così degli andamenti sussultori nei diversi periodi di tempo della serie anulare; la sensibilità media (MS) è abbastanza elevata in entrambi i siti, le piante dimostrano quindi una elevata reattività al clima, con valori maggiori nei campioni deperienti di Farnete.

Dal confronto dei grafici relativi alle curve anulari degli alberi sani e deperienti si è osservato come gli individui in stato di deperimento a Farnete (Fig. 2) hanno sostanzialmente incrementi di area basimetrica inferiori rispetto alle piante sane, soprattutto a partire dalla metà degli anni '40 del secolo scorso; precedentemente è probabile che gli accrescimenti piuttosto ridotti, riscontrati nella curva delle piante sane, siano da attribuire a processi di competizione e di affrancaimento dell'individuo all'interno della cenosi vegetale. Sia nelle piante sane che in quelle deperienti in località Farnete si verifica una brusca riduzione di accrescimento nel 1943, più evidente dal 1945, con un riassetto negli anni successivi ed un nuovo decremento nel 1987. La curva delle piante sane, mediamente più giovani, rimane costantemente sopra a quella delle piante deperienti.

Per la loc. Infernetto invece, la curva delle piante in deperimento sia quando ci si riferisce all'incremento di area basimetrica (BAI) che alle ampiezze anulari (dati non mostrati) non si discosta molto dalla curva delle piante sane; entrambe seguono un andamento crescente fino all'anno '43, poi subiscono un crollo netto per registrare una lieve ripresa dalla metà degli anni '90.

I parametri dendrocronologici e l'andamento delle curve medie delle località Farnete ed Infernetto nonché la curva media totale del sito di Castelporziano, trovano notevoli affinità con i risultati delle analisi eseguite sempre su campioni di cerro e farnia prelevati ad Infernetto in un precedente campionamento (Romagnoli e Bernabei, 1997). Anche in quel caso era stato evidenziato un forte decremento nella metà degli anni '40. Il numero di anelli rilevato sulle rotelle prelevate da piante morte e cadute a terra è riportato nella Figura 3 dalla quale si evince come le piante mediamente presentino 100 anelli annuali, corrispondenti ragionevolmente all'età degli alberi al momento della loro morte (ad esclusione della pianta 3 dove non è risultato possibile stimare l'età della pianta perché il campione era interessato da un intenso stato di degrado per carie interna). Più specificatamente, la morte in queste querce caducifoglie avviene in un'età compresa tra i 70 e i 100 anni, che può essere assunta quindi come "età di rischio" per la sopravvivenza degli alberi. La morte degli alberi campionati a terra non è avvenuta nello stesso momento (valori non riportati); infatti, dalla datazione delle serie dendrocronologiche, è stato appurato come i campioni analizzati derivino dalle piante morte a distanza anche di 10 anni l'una dall'altra. Pertanto sui campioni analizzati non è stato possibile identificare un evento comune esogeno che può aver determinato la morte degli alberi nello stesso momento. Analizzando nello specifico la pianta n. 1 (Fig. 3b), si può notare che le sezioni prelevate ad altezze superiori, più vicine alla chioma, presentano un numero di anelli inferiore rispetto a quello conteggiato nelle rotelle prelevate al colletto. Il risultato era prevedibile e permette di identificare, in qualche caso, dove non sono intervenuti fenomeni di degrado del legno, il tempo necessario alla pianta per raggiungere determinate altezze. Meno prevedibile è stato invece il risultato relativo alla cessazione dell'attività cambiale che in qualche caso, come ad esempio nella pianta 1, ad un'altezza di 330 cm avviene nel 2008 mentre al colletto tre anni prima, essendo l'ultimo anello datato come 2005.

Dall'analisi dell'estensione dell'alburno (SW) è da notare come in linea di massima le piante deperienti presentino una percentuale di anelli di alburno inferiore rispetto a quelle sane (Fig. 4), sia a Farnete che a Infernetto, ed una minore estensione (in cm) di questo tessuto in grado di garantire la funzionalità fisiologica. In Farnete la differenza nella proporzione di alburno tra piante sane e deperienti è più evidente. La retta di regressione (Fig. 5) mostra come nelle piante deperienti all'aumentare del numero di anelli, e quindi dell'età delle piante, aumenti in maniera significativa anche il numero di anelli nell'alburno, quasi fosse una strategia adottata dagli alberi per contrastare uno stato di soffe-

renza. Nelle piante classificate come sane la retta di regressione non è invece risultata significativa.

4. Conclusioni

Confrontando i due siti di Castelporziano, le piante campionate ad Infernetto presentano accrescimenti ed età maggiori rispetto a Farnete. Nonostante gli alberi siano mediamente più giovani a Farnete, in quest'ultima località è maggiormente evidente il fenomeno di deperimento dalle analisi dendrocronologiche, poiché si osserva lo scostamento tra le serie anulari relative alle piante sane con quelle invece misurate e costruite su piante classificate deperienti; queste ultime peraltro sono in genere anche più vecchie.

In località Farnete l'età potrebbe essere indicata come fattore predisponente il fenomeno di deperimento; per altro in questo sito anche l'analisi cartografica ha evidenziato una maggiore percentuale di individui che sono in uno stato di sofferenza. Sia a Farnete che ad Infernetto si osservano brusche variazioni di accrescimento, con una repentina diminuzione delle ampiezze anulari e del BAI a partire dagli anni '40; a Farnete si assiste ad un ulteriore peggioramento delle condizioni di accrescimento dalla metà degli anni '80.

L'analisi delle rotelle prelevate su piante morte e cadute a terra a Farnete, ha dimostrato come mediamente gli esemplari analizzati non superino i 100 anni di età. Tale momento può essere considerato come critico per la fisiologia e la vita delle querce in quell'area. L'alburno presenta in media un maggior numero di anelli nelle piante sane, anche se quelle deperienti all'aumentare dell'età tendono a presentare in percentuale un maggior numero di anelli di alburno quasi a contrastare l'invecchiamento ed un presumibile stato di sofferenza.

I dati, sebbene devono essere considerati preliminari, confermano le analisi svolte da Romagnoli e Bernabei (1997) e trovano molti punti di contatto anche con le analisi di Romagnoli e Codipietro, 1996, potendo così fornire informazioni che possono essere utili nello stato di avanzamento dei lavori del Piano di Gestione.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Accademia dei XL per aver permesso lo svolgimento dello studio. Si ringrazia il prof. Ervedo Giordano per i preziosi suggerimenti.

Tabella 1. Parametri descrittivi dendrocronologici delle serie anulari. N. Piante = numero di piante inserite nelle curve/cronologie medie. Età minima e massima = età considerando tutte le piante (carote) anche quelle non inserite nelle curve medie dendrocronologiche, N. anelli minimo e massimo = numero di anelli conteggiato sulle carote, che non corrisponde all'età laddove non sia possibile identificare/stimare il midollo; RW min e RW max = ampiezza anulare minima e massima misurata nelle curve dendrocronologiche; MV±DS ampiezza anulare media della curva dendrocronologica media con la deviazione standard, CV = coefficiente di variazione; MS = sensitività della curva media dendrocronologica.

Table 1. Descriptive dendrochronological parameters of ring width series. N. trees = number of trees included in the mean dendrochronological curve; minimum and maximum age = number of rings found in the cores taking into account all cores; N. Minimum and maximum = number of rings visible in the cores which does not correspond to the age when pith is not visible; MV min and max = maximum and minimum ring width measured in the dendrochronological curves, MV ± Ds mean ring width of the dendrochronological mean curve and standard deviation, CV = coefficient of variation, MS = mean sensitivity of the dendrochronological mean curve.

	<i>Stato di salute</i>	<i>Num. piante</i>	<i>Età min e max</i>	<i>Num. Anelli min e max</i>	<i>RW min</i>	<i>RW max</i>	<i>MV±Ds</i>	<i>CV</i>	<i>MS</i>
Farnete	Sane	4	101 - 106	51 - 106	78.75	589	227.72 ± 100.77	44.25	0.21
	Deperienti	4	114 - 143	103 - 173	49.75	587	171.34 ± 86.67	50.58	0.25
Infernetto	Sane	4	84 - 135	84 - 135	75.5	839	281.71 ± 160.37	56.92	0.22
	Deperienti	9	52 - 215	52 - 215	41	747	197.36 ± 111.18	56.33	0.21
Medie totali	Sane	8	113 - 143	51 - 135	81.45	839	271.78 ± 140.98	51.87	0.19
	Deperienti	13	112 - 215	65 - 215	41	747	177.45 ± 106.09	59.78	0.22

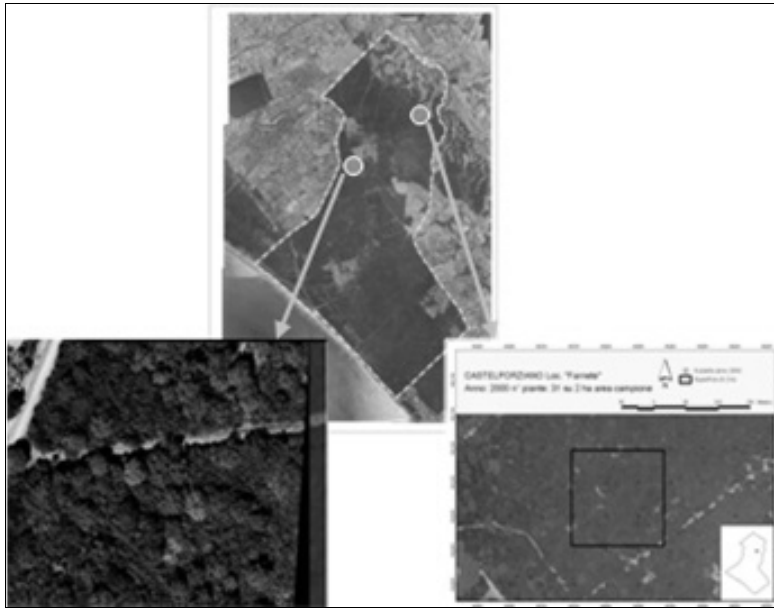


Figura 1. Foto aeree della Tenuta (1) e delle due aree analizzate: 2) loc. Infernetto; 3) loc. Farnete.

Figure 1. Aerial photography of the Estate (1) and of the two analyzed areas: 2) loc. Infernetto; 3) loc. Farnete.

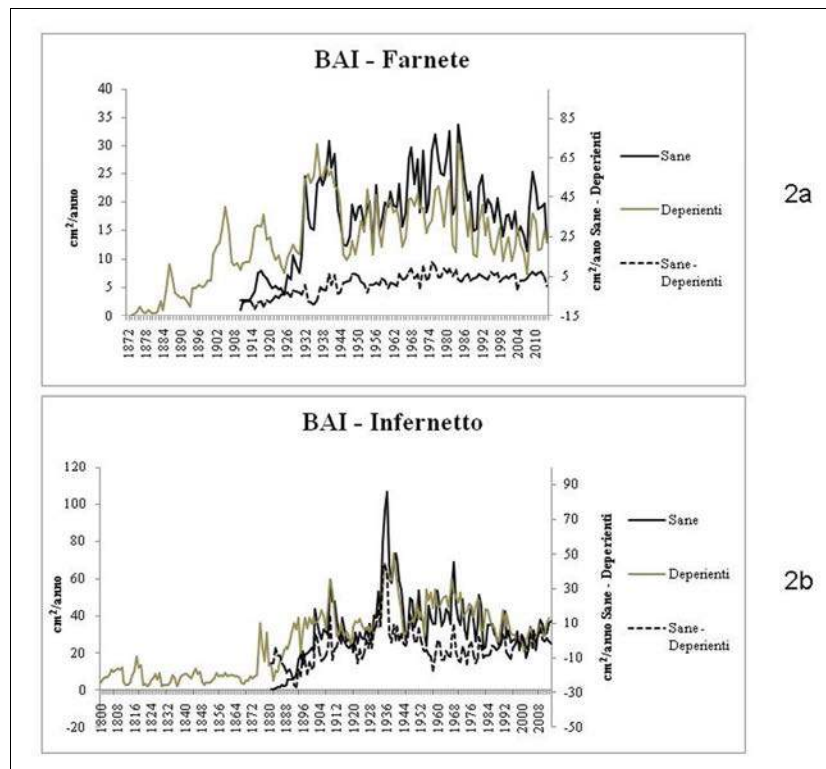


Figura 2. Incremento di area basimetrica annuale (BAI) in riferimento alle curve medie delle due località analizzate (2a: Loc. Farnete; 2b: Loc. Infernetto).
 Figure 2. Basal area increment (BAI) of the mean curves of the two studied stands (2a: Loc. Farnete; 2b: Loc. Infernetto).

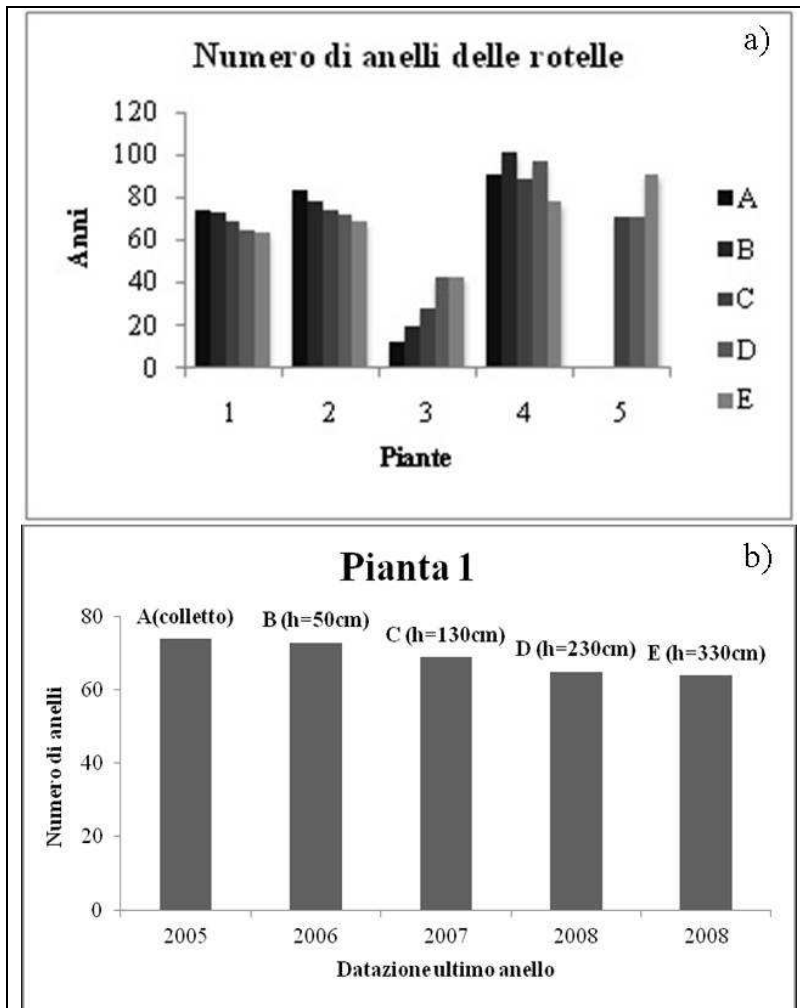


Figura 3. a) Istogrammi relativi al numero di anelli delle rotelle prelevate da piante morte e cadute a terra. Per ogni pianta è riportato il numero di anelli misurato alle diverse altezze di prelievo nel tronco; b) data di formazione dell'ultimo anello così come dedotta dall'analisi dendrocronologica eseguita alle diverse altezze del tronco.

Figure 3. a) Histograms of the number of rings observed in the disks sampled from dead and fallen to the ground trees. For each tree it is reported the number of rings measured at the different heights of sample in the trunk; b) date of formation of the last ring as deduced by dendrochronological analysis performed at different heights of the trunk.

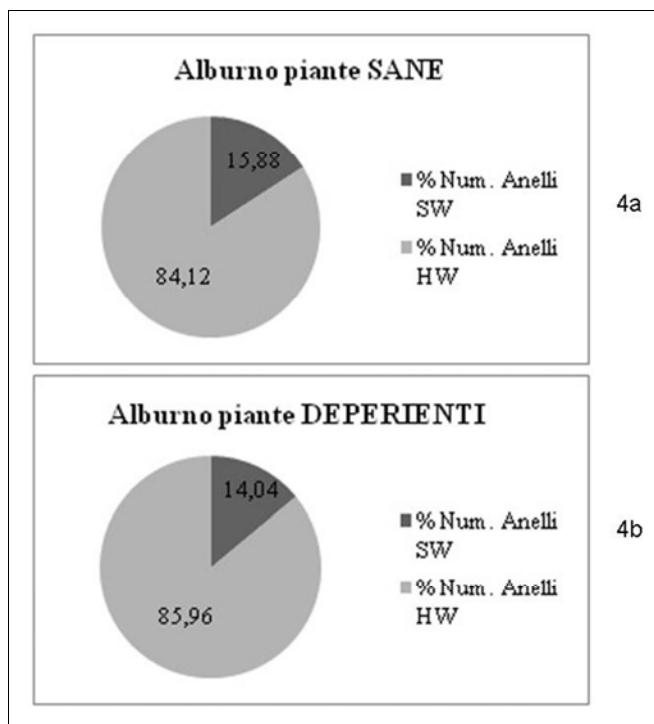
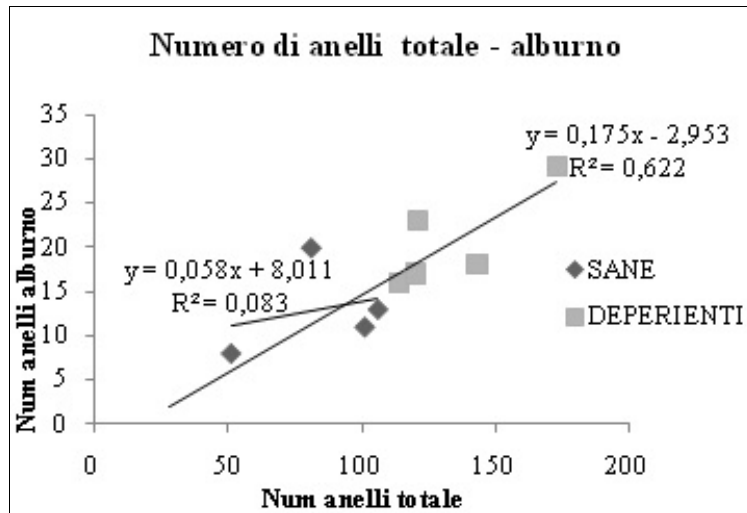


Figura 4. Percentuale del numero di anelli dell'alburno SW e del durame HW nelle piante sane e deperienti.
 Figure 4. Percentage of the number of rings in sapwood SW and heartwood (HW) in healthy and declining trees.

Figura 5. Regressione che mette in relazione il numero di anelli totale con il numero di anelli dell'alburno dell'albero.

Figure 5. Regression analysis of the total number of rings with the total number of sapwood rings in healthy and declining trees.



SUMMARY

Decline signals in the wood of monumental oaks of the Presidential Estate of Castelporziano (Rome)

Oak decline is a phenomenon which is worrying because of the role of the species at national and european level by the point of view of the ecosystem. The case study is in two oak stands, Farnete and Infernetto which are located in the Estate of Castelporziano (RM) of the Italian Republic. Cores and disks (these last from logs of dead trees) were sampled from trees which were classified healthy, declining and dead according to amount of dead branches in their crown. Tree rings analysis was performed following the classic methods of dendrochronology. The results show the sites are different both as regards their age and tree ring growth. Older trees are located in Infernetto, but BAI and ring widths are different between healthy and declining trees especially in Farnete. Farnete is the stand where oak decline, also by the observation of dead trees in geographical map, is more evident. The cambial activity stops in different years depending by the height of the disks sampled by the logs of the dead trees fallen down. The year of the death of the tree was established by dendrochronological analysis.

BIBLIOGRAFIA CITATA E DI RIFERIMENTO

- AA.VV., 1985 – *Castelporziano I. Campagne di scavo e restauro 1984*. Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Soprintendenza Archeologica di Ostia, Ed. Viella. Roma.
- AA.VV., 1998 – *Castelporziano II. Campagne di scavo e restauro 1987-199*. Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Soprintendenza Archeologica di Ostia, Ed. Viella. Roma.
- Baldo M., 2009 – *Il deperimento della farnia in boschi planiziali. Stato ectomicorrizico e possibilità di controllo*. Tesi di dottorato in Territorio, Ambiente Risorse e Salute, Università di Padova, pp. 176.

Bertoni R., 2012 – *La rete italiana per la ricerca ecologica a lungo termine (LTER Italia)*. Aracne: Rome, pp. 95-98.

Bucci M., 2006 – *Stato delle risorse idriche. Il Sistema Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo*. Accademia Nazionale delle Scienze, Scritti e Documenti, XXXVII, Seconda Serie, 1: 327-388.

Dreyer E., Aussenac G., eds., 1996 – *Ecology and physiology of oaks in a changing environment*. Ann. Sci. For., Special Issue. 53: 161-800.

Giordano E., Capitoni B., Eberle A., Maffei L., Muscanti A., Recanatesi F., Torri V., 2006 – *Proposta per il Piano di Gestione della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Territorio di Castelporziano*. In: Il sistema ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo. Scritti e Documenti XXXVII. Vol. III. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL: 1301-1416.

Jakucs P., 1985 – *Ecology of an Oak Forest in Hungary*. Budapest: Akadémiai Kiado.

Johnson S.E., Abrams M.D., 2009 – *Basal area increment trends across age classes for two long-lived tree species in the eastern US*. TRACE, 7: 127-134.

Librandi I., 2008 – *Indagini sugli endofiti fungini, patogeni e non, riscontrati su Quercus spp. e sulle reciproche relazioni antagonistiche*.

Romagnoli M., Codipietro G., 1996 – *Pointer years and growth in Turkey oak (Quercus cerris L.) in Latium. Dendroclimatic approach*. Annales des Sciences Forestieres, 53: 671-684.
<http://dx.doi.org/10.1051/forest:19960245>

Romagnoli M., Bernabei M., 1997 – *Analisi dendrochronologica preliminare nella Tenuta presidenziale di Castelporziano (Roma)*. Linea Ecologica, XXIX (4): 50-59.

Mészáros J., 1991 – *Comparative study of healthy and declining sessile oak trees*. GSF-Bericht Neuherberg b. München 24: 511.

Paoletti E., eds. 1998 – *Stress factor and air pollution*.
Chemosphere, Special Issues. 36: 625-1166.
Scarascia Mugnozza G.T., 2006 – *Prologo e Compendio*, In: AA.VV., Il sistema ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo I. In: Il sistema ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo . Vol. I. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL: 15-60
Scarascia Mugnozza, G.T., 2001 – *Il Sistema Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano*. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei Quaranta,

Scritti e Documenti. XXVI, Roma.
Schweingruber F.H., 1996 – *Tree rings and environment: dendroecology*. Paul Haupt AG Bern.
Tulik M., 2014 – *The anatomical traits of trunk wood and their relevance to oak (Quercus robur L.) vitality*. European Journal of Forest Research, pp. 1-11.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10342-014-0801-y>

SITOGRAFIA

<http://www.quirinale.it/qnrw/statico/residenze/castelporziano/castelporziano-a.htm>