



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI AGRARIA

Dipartimento TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

Corso di Laurea in TECNOLOGIE FORESTALI E AMBIENTALI

TESI DI LAUREA

**ANALISI DELLA COPERTURA ARBOREA NELLE AREE DI
MONITORAGGIO PERMANENTE DELLA RISERVA NATURALE
“BOSCO DELLA FONTANA”**

Relatore:

Prof. Mario PIVIDORI

Correlatore:

Dott. Emma MINARI

Laureando:

Cesare SCATAMACCHIA

Matricola 594871

ANNO ACCADEMICO 2010-2011

INDICE

1. RIASSUNTO – ABSTRACT	7
2. INTRODUZIONE E OBIETTIVI	10
3. BOSCO DELLA FONTANA	13
3.1. Inquadramento Storico	15
3.2. Inquadramento Climatico	18
3.3. Inquadramento Geo-Pedologico	20
3.4. Inquadramento Floristico	21
3.5. Inquadramento Selvicolturale	24
3.5.1. Obiettivi gestionali	26
4. MONITORAGGIO DELLA DINAMICA FORESTALE	
4.1. Significato ecologico della dinamica forestale	29
4.2. Le aree di monitoraggio nel Bosco della Fontana	30
5. RUOLO DELLA COPERTURA NEGLI ECOSISTEMI FORESTALI	
5.1. Importanza ecologica e selvicolturale	34
5.2. Il <i>Leaf Area Index</i> e gli effetti sulla radiazione solare	36
5.2.1. Metodi di calcolo del LAI	39
6. MATERIALI E METODI	
6.1. Calcolo del LAI tramite fotografia emisferica	41
6.1.1. Raccolta ed elaborazione delle fotografie	43
6.2. Calcolo dei parametri biometrici	46

7. RISULTATI E DISCUSSIONE.....	49
7.1. <i>Core Area 1</i>	50
7.2. <i>Core Area 2</i>	58
7.3. <i>Core Area 3</i>	67
7.4. <i>Woody Transect Area 4, 5, 6</i>	75
8. CONCLUSIONI.....	84
9. BIBLIOGRAFIA.....	88

ALLEGATI

A. Disposizione dei punti di rilievo nelle aree di monitoraggio.....	94
B. Valori di <i>threshold</i>	96
C. Valori di <i>Canopy Openness</i>	99
D. Valori di <i>Leaf Area Index</i> 4° anello.....	102
E. Valori di <i>Leaf Area Index</i> 5° anello.....	105
F. Parametri di configurazione per Gap Light Analyzer.....	108

1. RIASSUNTO

La Riserva Naturale “Bosco della Fontana” è un antico querceto-carpineteto planiziale, in passato governato a ceduo composto, sul quale non vengono effettuati interventi di utilizzazione da circa 60 anni, consentendo la ripresa delle naturali dinamiche successionali.

In questo lavoro si è compiuto uno studio della copertura arborea attraverso:

- l'analisi di parametri biometrici rilevati nell'anno 2005 in sei aree di monitoraggio dislocate all'interno del bosco;
- il confronto con i dati acquisiti nel 1995, per focalizzare le principali tendenze evolutive ed individuare eventuali problematiche conservative.

Tali operazioni hanno delineato una situazione in cui la foresta, attualmente in avanzata fase di stabilizzazione, manifesta:

- un mutamento della struttura derivante dallo sviluppo delle specie più competitive (in particolare di *Carpinus betulus* L.), le cui chiome si sono ampliate e sono risalite negli strati più alti, generando un elevato grado di copertura (oltre il 90%);
- una regressione di *Quercus robur* (L.), dovuta alla mancata rinnovazione combinata con la morte del 17% circa degli individui senescenti presenti nelle aree saggiate;
- una diminuzione delle specie aliene *Quercus rubra* (Buct.), *Platanus hybrida* (Brot.), *Juglans nigra* (L.) per le quali era stato avviato un programma di eradicazione.

Si è osservata inoltre una tendenza xerica del sito denominato CA2: quest'area, che dovrebbe essere rappresentativa di condizioni edafiche mesiche, mostra invece minor vigore delle piante, sottobosco scarso, presenza consistente di specie xerofile e riduzione delle specie meno efficienti nell'uso dell'acqua.

Infine è stato calcolato l'Indice di Area Fogliare tramite un metodo che utilizza fotografie emisferiche con lo scopo di arricchire le variabili descrittive del popolamento.

Si è sperimentata la validità di questa tecnica mediante il confronto con la distribuzione verticale delle chiome. Essa ha mostrato una buona corrispondenza ma, talvolta, è risultata essere piuttosto imprecisa. Infatti la presenza di un'abbondante vegetazione arbustiva impediva in certi casi l'osservazione della reale distribuzione spaziale delle chiome.

CANOPY ANALYSIS WITHIN THE MONITORING AREAS OF THE NATURAL RESERVE “BOSCO DELLA FONTANA”

ABSTRACT

The Natural Reserve “Bosco della Fontana” is an ancient floodplain forest located in the Po Valley (Italy), composed mainly of *Carpinus betulus* (L.) and *Quercus robur* (L.). During the past it was managed as an high forest mixed with coppice, but in 1955 the logging activities were stopped by the government. The structural and ecological evolution of the forest is monitored by the technicians of the State Forestry Police, who have collected for two times the biometrical parameters of the trees within six monitoring areas: the results of the first analysis, carried out in 1995, were shown by Mason (2004).

The purpose of this work is to describe the stand features using the data of the last monitoring operations (2005) and to compare them with the former ones.

The results provided by the data analysis are the following:

- the growth of the more competitive tree species' crowns such as *Carpinus betulus* (L.) has caused the rise of the canopy coverage, that now is over 90%;
- the death of some 17% of *Quercus robur* (L.) trees, jointly with the lack of regeneration, has resulted in a decreased presence of this species;
- the invasive species (*Quercus rubra* (Buct.), *Platanus hybrida* (Brot.), *Juglans nigra* (L.)) eradication program was successful.

The monitoring area named CA2 shows some signs of drought, such as a poor understorey, an increased presence of xerophile species, a reduced growth of the hydrophile species.

Hence it seems that this area is not really representative of the ideal soil conditions for this kind of forest.

Finally, the hemispherical photography was reviewed as a method for Leaf Area Index calculation by comparing its results with the canopy spatial distribution. They have shown to be well related, other than in the plots with an high presence of shrubs.

2. INTRODUZIONE E OBIETTIVI

Il Bosco della Fontana è una foresta di origini antiche: abbiamo informazioni storiche sulla sua esistenza già a partire dal Basso Medioevo, quando faceva parte del dominio dei Gonzaga, all'epoca signori di Mantova. In quel periodo la vegetazione della Pianura Padana era tipicamente composta da quercu-carpineti, formazioni legate alla presenza di acqua, e la pressione antropica sulle foreste era molto limitata: in particolare, l'attuale Bosco della Fontana faceva parte di una più estesa superficie boscata, utilizzata come riserva di caccia.

Con il passare dei secoli, lo sviluppo umano ed il progressivo incremento demografico hanno causato un depauperamento delle risorse forestali nel loro complesso, accentuato ancor di più dall'attività bellica. La vegetazione della Val Padana è stata gradualmente relegata in aree sempre più ridotte: questi avvenimenti, combinati con il marcato sfruttamento agricolo del territorio, hanno arrecato un consistente danno ecologico ai boschi planiziali.

Il Bosco della Fontana, per la sua estensione, la sua storia ed il suo stato di conservazione, oggi costituisce una delle più importanti aree boschive residue della regione planiziale dell'Italia Settentrionale, rappresentativa di quelle formazioni miste di carpino bianco (*Carpinus betulus* L.) e farnia (*Quercus robur* L.) che un tempo la ricoprivano.

Grazie a queste sue peculiarità, tale area è stata sottoposta a tutela da parte del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali ed ospita il Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale, che conduce attività di studio e gestione delle risorse naturali presenti.

Attualmente il bosco si presenta come un ceduo composto sul quale non vengono effettuati interventi di utilizzazione da circa 60 anni.

Ciò ha permesso il riavvio delle dinamiche naturali dell'ecosistema, che vengono costantemente monitorate per permettere di osservare le tendenze evolutive del popolamento e di evidenziare eventuali problematiche conservative.

Nello specifico viene adottato un sistema di monitoraggio che prevede il rilievo periodico di vari parametri biometrici all'interno di sei aree individuate all'interno del popolamento. Tali operazioni sono state sin'ora effettuate per due volte dai tecnici del Corpo Forestale dello Stato: la prima volta nel 1995, i cui risultati sono stati elaborati e presentati da Mason (2004), e la seconda volta nel 2005.

L'obiettivo di questo lavoro è di effettuare un'analisi della copertura arborea nelle suddette aree, vista l'importanza che riveste in campo ecologico e selvicolturale.

Infatti, oltre ad essere il principale responsabile dell'aspetto esteriore del bosco, l'insieme degli apparati epigei degli alberi ha un'influenza diretta su svariati elementi e funzioni dell'ecosistema forestale: l'affermazione della rinnovazione, la degradazione della lettiera, l'intercettazione della radiazione solare, la flora nemorale, la produzione di biomassa, i processi di umificazione della sostanza organica, l'abbondanza di nicchie ecologiche, ecc...

Sono stati dunque esaminati i numerosi aspetti che, nel complesso, vanno a caratterizzare questa fondamentale componente del bosco:

- utilizzando i dati forniti dall'ultimo monitoraggio si sono determinati composizione specifica, struttura, tessitura, distribuzione orizzontale e verticale delle chiome, area di insidenza di ciascuna specie ed altri parametri dendrometrici;
- sono state poi realizzate, per mezzo di un apposito programma, delle rappresentazioni grafiche della copertura, al fine di poterne meglio apprezzare l'organizzazione spaziale.

In questo modo si è ottenuta una descrizione approfondita della copertura arborea riferita all'anno 2005. Successivamente, sfruttando le fotografie emisferiche che erano state scattate nel medesimo anno, si è proceduto al calcolo dell'Indice di Area Fogliare con lo scopo di testare la validità di questa tecnica ed ampliare la disponibilità di variabili descrittive della copertura.

Infine, alla luce dei propositi del monitoraggio, è stato eseguito un confronto con i dati acquisiti in precedenza, per poter trarre delle deduzioni logiche sui processi dinamici che si sono verificati nel corso del decennio 1995-2005 ed accertare l'esattezza delle previsioni formulate, nonché l'efficacia delle scelte gestionali applicate.

3. IL BOSCO DELLA FONTANA

Denominazione:	Riserva Naturale Statale “Bosco Fontana”
Regione:	Lombardia
Provincia:	Mantova
Comune:	Marmirolo
Superficie catastale:	235,31 ha
Altitudine media:	25 m s.l.m.
Coordinate WGS84:	N 45°12,050’ – E 10°44,380’ (al centro del sito)
Codice NATURA 2000:	IT20B0011

Ente gestore:

Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali

Corpo Forestale dello Stato

Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale “Bosco della Fontana” di Verona (CNBF)

Forme di tutela:

Acquisizione da parte del demanio forestale nel 1910

Dichiarato Monumento Nazionale nel 1921

Riserva Naturale Orientata per i decreti del 29/03/1972 e 10/04/1976 del Ministero dell’Agricoltura e delle Foreste

Riserva Biogenetica per decreto del Ministero dell’Agricoltura e delle Foreste del 02/03/1977

Incluso nel Parco Naturale del Mincio nel 1984

Zona di Protezione Speciale (ZPS) ai sensi della direttiva 79/409/CEE dall’Ottobre 1998

Sito di Importanza Comunitaria (SIC) ai sensi della direttiva 92/43/CEE dal Dicembre 2004

Area di Rilevanza Erpetologica Nazionale dal 2003

Incluso nella Lista delle Foreste Europee di Importanza per Faune Saproxiliche

Incluso nella Rete Nazionale per il Controllo degli Ecosistemi Forestali (CONECOFOR), nella Rete Internazionale EU/Forest Focus e UN/ECE ICP-Forest (Convenzione sull’Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lungo Raggio) dal 2005

Sito della Rete di Monitoraggio di Lungo termine L-TER dal 2007

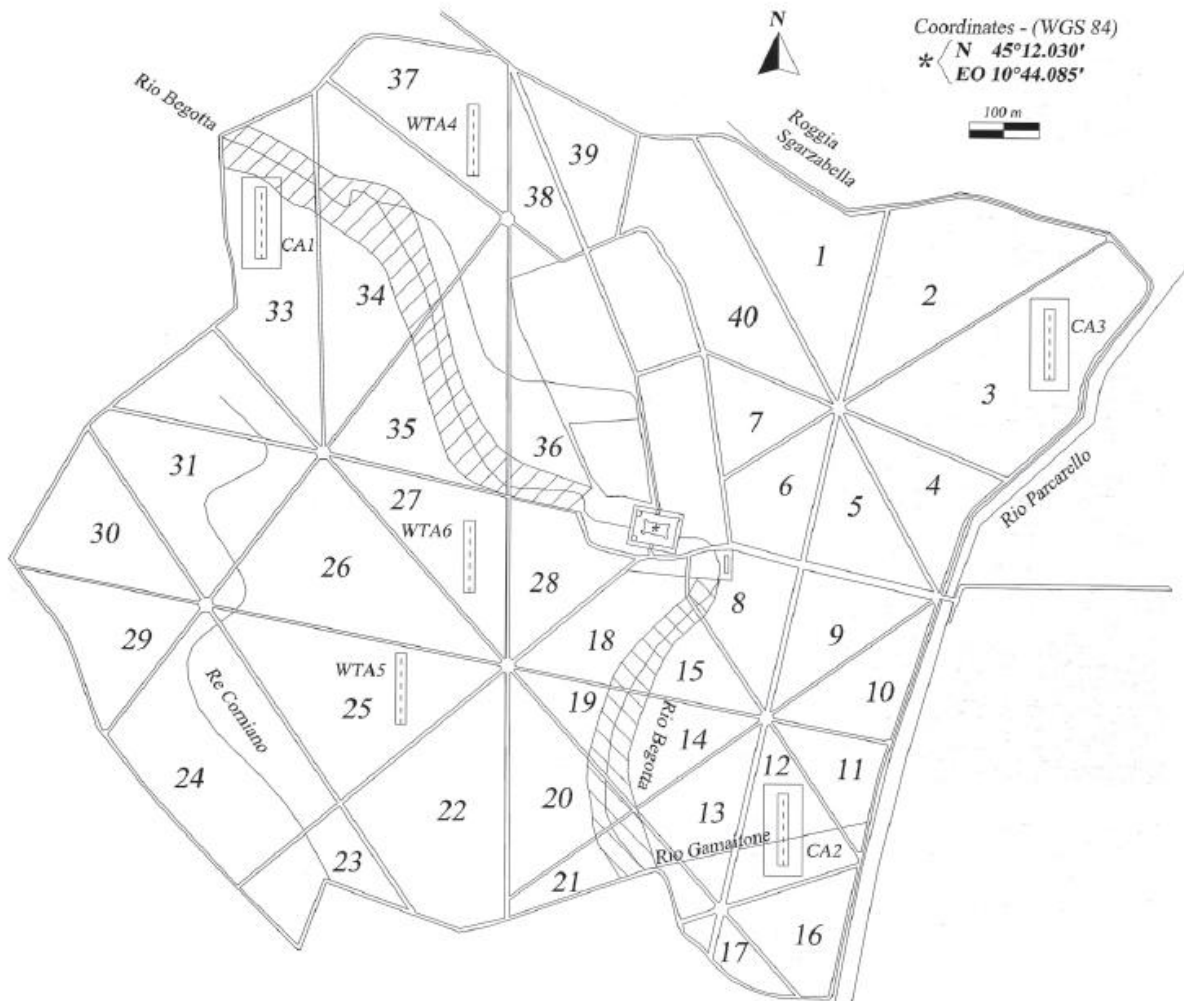


Figura 3.1 – Mappa della Riserva Naturale “Bosco della Fontana”.

Sono rappresentati i principali corsi d’acqua, le aree di monitoraggio permanente, il sistema di viali e piazze e la suddivisione delle particelle numerate (Mason, 2004).

3.1. INQUADRAMENTO STORICO

I quercu-carpineti planiziali sono formazioni forestali potenzialmente presenti in tutta la Pianura Padana. Questa zona, però, è quella che ha storicamente subito il più forte impatto antropico nell'ambito delle regioni alpine italiane. Ai disboscamenti per far spazio all'agricoltura ed allevamento sono seguiti l'urbanizzazione spinta e la costruzione di grandi infrastrutture, portando come conseguenza una drastica riduzione dei boschi planiziali.

Ad oggi essi occupano una superficie totale di circa 8000 ha (Cavalli e Mason, 2003). Si tratta dunque di formazioni relitte, confinate lungo le aste fluviali oppure, come nel caso di Bosco della Fontana, sono residui di antiche proprietà nobiliari.

Il Bosco della Fontana faceva parte del dominio dei Gonzaga, signori di Mantova dal 1328 al 1707, e veniva utilizzato prevalentemente come riserva di caccia: la foresta era popolata da cinghiali, lupi, lepri, volpi, cervi, daini e uccelli. In quel periodo gli unici interventi consistevano nell'apertura di piste o sistemazioni dei corsi d'acqua.

Nella parte nord venne edificato, nel 1496, un muro di recinzione per facilitare l'attività venatoria. La foresta assumeva il nome di "Bosco dello Steccato", poiché probabilmente in precedenza al posto del muro sorgeva una semplice palizzata.

Il prestigio che un tempo rivestiva questo bosco è testimoniato dalla partecipazione dell'Imperatore Carlo V ad una battuta di caccia con Federico II Gonzaga nel 1530 (Mason, 2004).

In questo periodo la denominazione della foresta era "Bosco de la Catia" (Bosco della Caccia) come riportato in un inventario del 1542 (Persico, 1998).

Nel 1592 iniziò la costruzione della grande Palazzina di Caccia tutt'ora presente al centro del bosco, e successivamente di quattro case di servizio attorno a tale edificio, di cui oggi ne rimangono due.

Nel 1631 il Duca di Mantova Carlo I di Nevers fece costruire un eremo affidato ai frati camaldolesi, e nel 1757 gli austriaci, subentrati a Carlo di Nevers, tracciarono i numerosi viali e piazzette circolari attualmente percorribili. Dell'eremo, poi divenuto polveriera, rimangono solo alcuni ruderi.

Nel corso dei secoli la vasta tenuta ricoperta da bosco subì una progressiva riduzione ed abbandono, ed assunse l'attuale conformazione: dai 1200 ha su cui si estendeva a metà del XVII secolo si è giunti agli attuali 235 ha. Inoltre, a partire dalla fine del Settecento, si è

assistito ad un graduale isolamento del bosco, con l'eliminazione delle aree forestali satellite che lo circondavano, sostituite da terreni agricoli.

Ulteriori depauperamenti sono stati apportati a seguito della Prima Guerra Mondiale, in quanto il bosco è stato utilizzato per fornire legname all'esercito in mobilitazione ed alla popolazione mantovana. In particolare, un grave danno è stato il taglio dei migliori individui di farnia utilizzati per ricostruire i ponti sul Piave e sul Tagliamento (Mason, 2004).

Gli interventi di utilizzazione riguardanti il Bosco della Fontana sono stati registrati a partire dal 1871 e sono stati interpretati e riassunti da Hofmann nel piano di assestamento della Riserva (1966).

Dal 1871 al 1880 il metodo di utilizzazione non ha seguito un particolare piano di gestione: si effettuava saltuariamente un taglio a scelta sia per l'altofusto che per il ceduo. Il legname da opera di maggior qualità era destinato alla Marina Militare ed all'Artiglieria, mentre il materiale restante era destinato alla produzione di mobili, carri, traversine ferroviarie, carbone e legna da ardere per fornaci e caseifici.

Nel 1881 venne approvato dal Ministero dell'Agricoltura, Industria e Commercio un piano di gestione della foresta. Le varie particelle del bosco sono state individuate utilizzando i numerosi viali presenti, andando a costituire un totale di 40 particelle di dimensioni variabili tra 0,17 e 11,45 ha. Escludendo alcuni accorpamenti ed alcune suddivisioni delle particelle più ampie, le particelle presenti attualmente sono le medesime. In questo primo piano di gestione si stabiliva come forma di governo il ceduo composto, con turni di 9 anni per la parte a ceduo mentre gli individui governati a fustaia venivano tagliati al raggiungimento di un'età di 120 anni.

Lo stesso piano venne adottato fino al 1940, quando ci si rese conto che la gestione spesso irregolare che si stava eseguendo costituiva un danno per il popolamento, del quale venivano alterate la struttura e la composizione: si assisteva infatti al progressivo sopravvento del carpino bianco ed all'eccessivo invecchiamento e decadimento della fustaia. Venne formulato allora un nuovo piano, che prevedeva una riduzione del turno della fustaia da 120 a 90 anni, ed un allungamento del turno del ceduo da 9 a 15 anni. Le prese divennero allora 15, e si stabilì anche una ripulitura delle tagliate dopo 5 anni dall'utilizzazione e la piantagione di pioppi nelle zone troppo umide. Secondo Mason (2004) questa gestione, proseguita per vent'anni, in realtà non è stata applicata in quanto avrebbe portato alla scomparsa delle querce, che invece nel 1965 erano presenti in una quantità di quasi 2 querce ad ha.

Durante la Seconda Guerra Mondiale il Bosco della Fontana venne occupato dalle truppe tedesche, che ne utilizzarono la polveriera e sfruttarono il bosco come nascondiglio. Per questo motivo in quel periodo le utilizzazioni furono sospese, al contrario di quanto avvenuto nella precedente guerra, a beneficio del bosco.

Il bosco subì dei tagli massicci dopo la guerra, e spesso si tentò di occupare abusivamente le tagliate per utilizzarle a fini agricoli. Nel 1949, a seguito di un violento nubifragio, vennero sradicate 2397 piante per un totale di 1544 m³, scoprendo completamente una superficie di circa 50 ha che si ritenne di dover ripristinare utilizzando quercia rossa, platano, pioppi e noce nero.

Tra il 1950 ed il 1954 vennero attuati ulteriori interventi di taglio che asportarono complessivamente 3800 m³ di legname.

Infine, nel 1955 cessarono le utilizzazioni grazie all'intervento della Sovrintendenza ai Monumenti: nel 1910, infatti, il Bosco della Fontana era passato al Demanio Forestale e dopo undici anni era stato dichiarato Monumento Nazionale.

Negli anni '70 divenne Riserva Naturale Orientata e Riserva Biogenetica, mentre in tempi più recenti, ai sensi delle Direttive Habitat (92/42/CEE) e Uccelli (79/409/CEE), quest'area è stata inclusa nella rete Natura 2000 in quanto Sito di Importanza Comunitaria (SIC) e Zona di Protezione Speciale (ZPS).

Ad oggi sono quindi 56 anni che il bosco non viene sfruttato a fini produttivi.

3.2. INQUADRAMENTO CLIMATICO

Il Bosco della Fontana è interessato dal clima tipico della Pianura Padana, caratterizzato da inverni lunghi e rigidi ed estati calde ed afose. Dall'analisi dei dati riportati nella tabella 3.1 si osservano le seguenti condizioni:

- la temperatura media annua è di 13,2 °C;
- la temperatura media del mese più freddo è di 1,3 °C (Gennaio);
- la temperatura media del mese più caldo è di 24,6 °C (Luglio);
- l'escursione termica annua è di 13,4 °C.

Nella tabella 3.2 vengono riportate le precipitazioni medie mensili, che mostrano un regime pluviometrico caratterizzato da:

- un massimo assoluto in autunno (Ottobre) ed uno relativo in primavera;
- un minimo assoluto in inverno (Febbraio) ed uno relativo in estate;
- una precipitazione media annua di 658 mm.

Dalla combinazione di questi fattori il mese di Luglio risulta coincidere con un periodo di aridità, dovuto alla presenza contemporanea delle temperature più elevate e di scarsa piovosità.

L'umidità relativa si mantiene abbastanza elevata durante il corso dell'anno come si osserva nella tabella 3.3. Come conseguenza si ha una frequente e persistente presenza di nebbia, in particolare nella stagione invernale (Mason, 2004).

I venti dominanti provengono generalmente da est e nord-est, soprattutto in primavera e in estate (Bonisoli, 1985).

T	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Media	1,3	3,9	8,5	13,1	17,9	22,2	24,6	23,9	19,4	14	7,7	2,8
Min	-1,3	0,5	4,4	8,6	13,2	17,2	19,5	19	15,6	10,5	5	0,5
Max	4	7,3	12,6	17,6	22,6	27,2	29,8	28,8	24,2	17,6	10,4	5,4

Tabella 3.1 – Andamento delle temperature (espresse in °C) registrate dall'Osservatorio Meteorologico di Mantova dal 1828 al 1856 e dal 1864 al 1997 (Bellumè *et al.*, 1998).

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Precip	42,4	37,6	46,3	58,1	67,1	59,9	45,5	51,5	58,7	76,5	64,9	49,4

Tabella 3.2 – Precipitazioni medie mensili (espresse in mm) registrate dall'Osservatorio Meteorologico di Mantova dal 1840 al 1997 (Bellumè *et al.*, 1998).

UR	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
%	86	77,9	70,8	63,1	61,6	58,2	78,4	62,7	67,9	76,9	84	85,5

Tabella 3.3 – Umidità relativa (medie mensili) registrata dall'osservatorio Meteorologico di Mantova dal 1972 al 1985 (Bonisoli, 1985).

3.3. INQUADRAMENTO GEO-PEDOLOGICO

(Tratto da Campanaro *et al.*, 2007)

Il Bosco della Fontana è situato su una superficie costituita da depositi di origine fluvio-glaciale in una zona di transizione fra l'alta pianura, dove troviamo l'anfiteatro morenico modellato dallo scioglimento del ghiacciaio quaternario del Garda, e la bassa pianura ghiaiosa formatasi in seguito alla successione di alluvioni dei corsi d'acqua postglaciali.

Nel complesso il suolo all'interno del bosco è prevalentemente ghiaioso-sabbioso, assimilabile ad una terra bruna, con le seguenti caratteristiche specifiche:

- orizzonte A sottile e molto permeabile, dotato di un mull forestale;
- orizzonte B rossastro per la presenza di sali di ferro, con profondità variabile tra 50 e 90 cm;
- orizzonte Ck petrocalcico, ovvero suolo indurito e cementato per l'accumulo di carbonato di calcio. La formazione di questo orizzonte è stata favorita dall'abbassamento del livello della falda acquifera: il calcare si è infatti depositato a livello della vecchia quota di falda. Questo orizzonte è di particolare rilievo per lo sviluppo della vegetazione poiché è in grado di ostacolare la circolazione dell'acqua e l'espansione degli apparati radicali delle piante;
- abbondante presenza di ciottoli.

Il suolo viene pertanto classificato secondo il metodo U.S.D.A. come Petrocalcic Palexeralfs loamy skeletal, mixed, mesic (Grassi *et al.*, 1997).

3.4. INQUADRAMENTO FLORISTICO

Come riporta Andreatta (2001) nel corso degli anni sono state eseguite numerose ricerche all'interno del Bosco della Fontana in campo vegetazionale, geobotanico e selvicolturale: tra questi si ricordano i lavori di Pignatti (1953), Agostini (1965), Hofmann (1981), Bonisoli (1985) e Persico (1998) nonché dello stesso Andreatta. Egli sottolinea come, all'interno del bosco, si possano individuare due aree tra loro differenti a livello fitosociologico.

La prima area si estende su 189,8 ha (Campanaro *et al.*, 2007) e fa parte dei seguenti syntaxa:

Classe: *Quercus – Fagetea*

Ordine: *Fagetalia sylvaticae*

Alleanza: *Carpinion betuli*

Associazione: *Polygonatum multiflori – Quercetum roboris*

Sottoassociazione: *Carpinesotum betuli*

Si tratta quindi della flora tipica del quercu-carpineto. Le specie caratterizzanti lo strato arboreo sono la farnia (*Quercus robur* L.) ed il carpino bianco (*Carpinus betulus* L.), accompagnate principalmente da ciliegio (*Prunus avium* L.), orniello (*Fraxinus ornus* L.), acero campestre (*Acer campestre* L.), melo selvatico (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) ed olmo (*Ulmus minor* (L.) Mill.).

Diffuse sono pure le specie arbustive, quali nocciolo (*Corylus avellana* L.), biancospino (*Crataegus oxyacantha* L. e *Crataegus monogyna* Jacq.), prugnolo (*Prunus spinosa* L.) e pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.) mentre le specie erbacee più significative sono il bucaneve (*Galanthus nivalis* L.), il sigillo di salomone (*Polygonatum multiflorum* (L.) All.), l'asparago selvatico (*Asparagus tenuifolius* Lam.), la pervinca (*Vinca minor* L.), l'anemone giallo (*Anemone ranunculoides* L.), l'anemone bianco (*Anemone nemorosa* L.), ed il narciso (*Narcissus poeticus* L.). Presenti in tutto il bosco edera (*Hedera elix* L.) e vitalba (*Clematis vitalba* L.).

All'interno di questa associazione è presente una variante mesoxerica peculiare di Bosco della Fontana, caratterizzata dalla presenza di cerro (*Quercus cerris* L.) che sostituisce la farnia, nonché di orniello (*Fraxinus ornus* L.), ciavardello (*Sorbus torminalis* L.), corniolo (*Cornus mas* L.) e violetta bianca (*Viola alba* Besser). Questa variante si concentra nella parte settentrionale della foresta, in quanto essa si trova ad una quota leggermente più elevata (26 m s.l.m.) rispetto alla parte meridionale (24 m s.l.m.). Tale dislivello, seppur lieve,

condiziona la profondità della falda e di conseguenza anche la vegetazione deve sopportare una minor disponibilità idrica.

La seconda area differenziata a livello fitosociologico si trova nelle zone mesoidriche del bosco, nella parte centrale e lungo i corsi d'acqua. Quest'area si estende su 26,4 ha (Campanaro *et al.*, 2007) e fa parte dei seguenti syntaxa:

Classe: *Alnetaea glutinosae*

Ordine: *Alnetalia*

Alleanza: *Alnion glutinosae*

Associazione: *Carici elongatae – Alnetum glutinosae*

La fitocenosi è caratterizzata dalla dominanza di ontano nero (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) nelle vicinanze dell'acqua, sostituito dal frassino meridionale (*Fraxinus oxycarpa* Bieb.) quando ci si allontana verso l'interno del bosco. Abbondanti le specie arbustive ed erbacee, quali sambuco (*Sambucus nigra* L.), palla di neve (*Viburnum opulus* L.), salice cinereo (*Salix cinerea* L.), campanellino (*Leucojum vernum* L.), fusaggine (*Euonymus europaeus* L.), rovo (*Rubus caesius* L.), pulmonaria (*Pulmonaria officinalis* L.), aglio degli orsi (*Allium ursinum* L.), calta palustre (*Caltha palustris* L.), varie specie di carice (*Carex acutiformis* Ehrh., *Carex pendula* Huds., *Carex remota* L.), tifa (*Typha latifolia* L.), sedanina d'acqua (*Berula erecta* (Huds.) Coville), iris giallo (*Iris pseudacorus* L.) e numerose specie acquatiche.

Nella figura 3.2 viene mostrata la distribuzione delle quattro specie che caratterizzano le altrettante varianti fitosociologiche.

Oltre a queste due aree ricoperte da vegetazione forestale, a formare la superficie totale della riserva (235,31 ha) sono presenti 33 ha di prati e viali e 2 ha occupati dalle acque superficiali (Campanaro *et al.*, 2007). Le praterie, mantenute artificialmente tramite sfalcio, sono costituite da specie erbacee comuni provenienti da vecchie coltivazioni e dai prati circostanti.

Gli ambienti acquatici che interessano la Riserva sono i seguenti:

- tre corsi d'acqua, di cui uno naturale denominato Rio Begotta e due artificiali denominati Roggia Sgarzabella e Rio Parcarello;
- la risorgiva Fontana, che dà il nome al bosco, e la risorgiva San Giuseppe;
- la zona umida centrale creata artificialmente nel 1998;
- due pozzi artesiani e canali di drenaggio per una lunghezza complessiva di 25 km;
- eventuali acque astatiche provocate dall'innalzamento della falda.

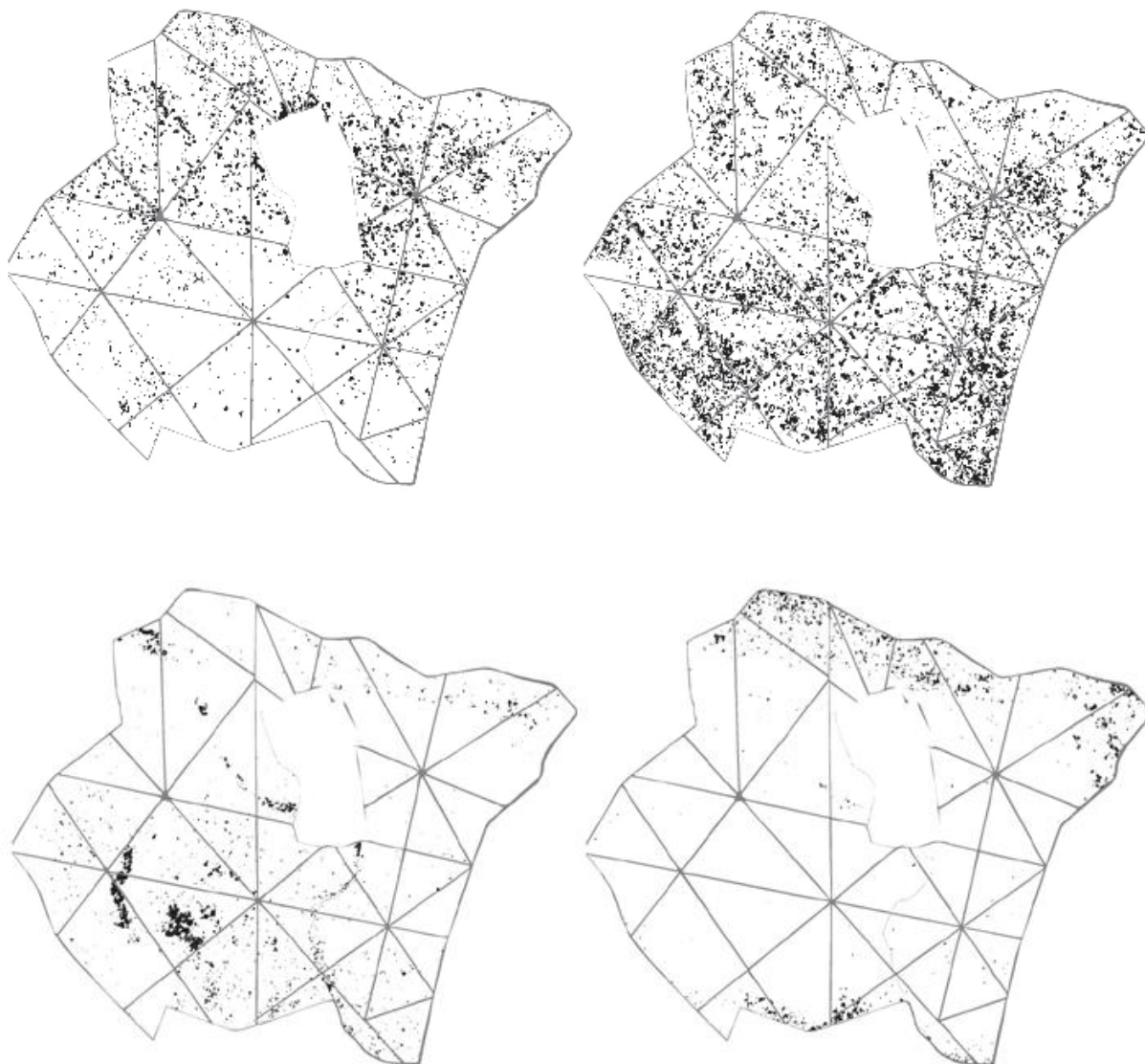


Figura 3.2 – Distribuzione delle principali specie arboree che caratterizzano le quattro differenti fitocenosi del bosco (Gianelle *et al.*, 2007).

In alto: *Quercus cerris* (a sinistra) e *Quercus robur* (a destra).

In basso: *Alnus glutinosa* (a sinistra) e *Fraxinus oxycarpa* (a destra).

3.5. INQUADRAMENTO SELVICOLTURALE

Il Bosco della Fontana viene inquadrato da Del Favero (2002) come variante orientale del quercu-carpineto della bassa pianura, aggregata per affinità alle formazioni orientali della Pianura Padana. Il quercu-carpineto è una categoria di bosco che comprende vari tipi differenziati tra loro dalla collocazione geografica. Infatti, ferma restando la presenza del carpino bianco, si possono individuare i seguenti tipi più frequenti:

- nella regione planiziale, grazie alla presenza di condizioni mesiche, il carpino bianco è accompagnato dalla farnia, andando a formare il quercu-carpineto planiziale;
- nella regione avanalpica-collinare si distinguono stazioni più mesiche ancora con presenza di farnia, e stazioni più xeriche dove essa è sostituita dal rovere (*Quercus petraea*). Questo avviene a causa delle diverse esigenze ecologiche delle sue specie. Infatti, mentre la farnia ha un apparato radicale superficiale ed è scarsamente efficiente nell'uso dell'acqua, il rovere ha radici più profonde e si adatta ad una minor disponibilità idrica (Cutini e Mercurio, 1995). Questo tipo è denominato quercu-carpineto collinare;
- nella fascia basale della regione esalpica vi è una netta prevalenza del carpino bianco, che va a formare il Carpineto esalpico con presenza minoritaria della farnia;
- nella fascia submontana della regione esalpica troviamo invece il Carpineto con ostraia, con la compresenza quindi di carpino bianco e carpino nero (*Ostrya carpinifolia*).

Nello specifico, i quercu-carpineti planiziali (nei quali rientra il Bosco della Fontana) costituiscono sistemi di tipo A (Del Favero, 2004) strettamente condizionati dalla dinamica idrica del suolo, legati quindi alla geomorfologia fluviale che determina la formazione di una vegetazione stabile o in lenta evoluzione verso cenosi complesse (Sartori e Bracco, 1995). La porzione di suolo adiacente ai fiumi è generalmente costituita da materiale grossolano, trasportato dalle esondazioni, seguita da una fascia a materiale più fine, sabbioso-limoso, dove le inondazioni non avvengono o si verificano solo saltuariamente. E' in quest'ultima fascia che il quercu-carpineto planiziale trova la sua naturale collocazione. Il carpino bianco non tollera infatti le sommersioni, mentre la farnia, pur essendo adattata a queste condizioni, presenta alcune problematiche:

- difficoltà di rinnovazione: la farnia, nelle annate di pasciona, ha un'abbondante produzione di seme, che è però soggetto ad una elevata mortalità le cui cause non sono del tutto note, anche se la carenza di luce è ritenuta essere una delle principali (Ragazzi,

1991; Cattaneo *et al.*, 1992; Bogliani e Furlanetto, 1995; Luisi *et al.*, 1996; Grassi *et al.*, 1997; Calvo *et al.*, 2000);

- deperimento degli individui adulti: raggiunta un'età di 60-70 anni si nota un progressivo disseccamento della chioma e la comparsa di marciumi radicali, che insieme alla scarsa stabilità meccanica dovuta alla superficialità dell'apparato radicale favoriscono gli schianti da vento;
- fototemperamento: tra le due specie, il carpino risulta essere più aggressivo in quanto tollerante l'ombra, mentre la farnia è una specie eliofila la cui rinnovazione richiede l'apertura di sufficienti spazi per ricevere la luce solare;
- modalità di accrescimento: a livello teorico, i rami della farnia tendono a svilupparsi in direzione ortogonale al terreno, per cui per ogni metro di accrescimento laterale deve produrre rami lunghi due metri, mentre il carpino bianco sviluppa i propri rami in direzione parallela al suolo, così l'accrescimento laterale e la lunghezza dei rami coincidono (Mason, 2004). Questa caratteristica determina una maggior efficienza energetica del carpino bianco, a scapito della farnia;

Per queste ragioni nei quercu-carpineti planiziali si sta assistendo negli ultimi tempi ad una regressione della farnia, con un cambiamento della composizione verso il Carpineto puro. La farnia si potrebbe considerare dunque come un ospite del Carpineto, legato a condizioni di disturbo che provochino una maggior primitività del suolo (ad esempio risalita dell'acqua di falda in quanto il carpino bianco non tollera la sommersione, oppure lo schianto di vecchi individui che rimescoli gli orizzonti superficiali del suolo, rendendolo più minerale).

In passato la farnia era anche diffusa artificialmente dall'uomo, che la favoriva per la produzione di legname da opera. Nei sistemi naturali il quercu-carpineto dovrebbe manifestare una struttura biplana, con grandi chiome di farnia ed un fitto piano dominato di carpino bianco. La quota di farnia dovrebbe essere di 70-100 individui ad ettaro (Del Favero, 2004).

Il Bosco della Fontana si presenta attualmente come un ceduo composto sul quale non vengono effettuati interventi da circa 60 anni. Questo ha portato come conseguenza un invecchiamento del ceduo, portando i polloni del carpino bianco nel piano dominante, in concorrenza con la farnia, formando una struttura chiusa e compatta. Il popolamento si trova quindi nella fase di stabilizzazione. Questo rappresenta un problema per la rinnovazione della farnia per i motivi sopra citati.

3.5.1. OBIETTIVI GESTIONALI

La gestione forestale di questa Riserva Naturale ha come obiettivo il riavvio dei processi dinamici che consentono di assicurare la presenza delle specie autoctone (in particolare della farnia) e la normalizzazione dei parametri propri di una foresta matura pluristratificata (*old-growth forest*) (Campanaro *et al.*, 2007). In particolare si mira ad ottenere:

- una provvigione i 350-400 m³/ha;
- una statura attorno ai 35-40 m;
- un'apertura del 30-35%;
- individui con un'età massima di 600-700 anni per la farnia (attualmente è di 200-250 anni) e 300-350 anni per il carpino bianco;
- un quantitativo di legno morto di circa 60 m³/ha, che sale a 100-150 m³/ha in corrispondenza delle zone in fase di decadimento;

Sono previsti degli interventi specifici per quanto riguarda la conservazione della farnia:

- eliminazione delle specie aliene: 1952 ed il 1958 sono state introdotte per rimboschimenti la quercia rossa (*Quercus rubra* Buct.), il platano (*Platanus hybrida* Brot.) ed il noce nero (*Juglans nigra* L.). Queste specie si sono poi rivelate molto dannose nei confronti del quercio-carpineto naturale, per questo è stato finanziato il progetto LIFE Natura NAT/IT/99/6245, che ha come obiettivo l'eradicazione di tali specie ed il loro utilizzo al fine di incrementare il quantitativo di legno morto. Le necromasse del legno hanno infatti un ruolo chiave negli ecosistemi forestali: sequestrano il carbonio, migliorano l'efficienza idrogeologica dei versanti, contribuiscono alla conservazione della diversità biologica, favoriscono la formazione di humus recettivi per la rinnovazione ed incrementano la produttività complessiva della foresta. Gli alberi vengono dunque abbattuti e spezzati oppure vengono prodotte cavità artificiali nel fusto creando "alberi habitat" per invertebrati e specie ornitiche. (Cavalli e Mason, 2003).
- contenimento del carpino bianco: questo programma inizierà una volta ultimata l'eliminazione delle specie aliene, ed interesserà le particelle 1, 4-11, 13-20, 32, 34-40 (si veda la mappa, figura 3.1). Ogni anno si avrà il sorteggio di cinque tra le suddette particelle, in ciascuna delle quali verrà eliminato (tramite sradicamenti e cercinature) il del 20% dei carpini aventi diametro ≥ 60 cm, in gruppi di 2-3 soggetti distribuiti in modo

casuale. Qualora non vi siano soggetti aventi un tale diametro non verranno effettuati interventi e si passerà all'anno successivo. Inoltre, nel caso si verificano perturbazioni che provochino aperture superiori al 10% della superficie complessiva, il trattamento verrà sospeso per 10 anni.

- allagamenti artificiali: questi verranno effettuati in affiancamento ai metodi sopra elencati in due diverse particelle ogni anno, poiché hanno dimostrato di favorire l'espansione della farnia per la sua maggior resistenza alla sommersione. L'acqua non dovrà rimanere sulla stessa superficie per più di due stagioni vegetative. Tutto il legno morto prodotto dalle operazioni di sradicamento e inondazione verrà lasciato sul posto.

4. MONITORAGGIO DELLA DINAMICA FORESTALE

4.1. SIGNIFICATO ECOLOGICO DELLA DINAMICA FORESTALE

Lo studio dell'ecologia ci permette di comprendere come la foresta non sia un insieme di elementi statici, bensì una realtà dinamica definita ecosistema in cui la comunità biotica e l'ambiente fisico interagiscono, determinando un flusso di energia (livelli trofici, cicli biogeochimici) (Smith e Smith, 2009).

La variazione temporale della struttura dell'ecosistema e dei suoi flussi energetici porta ad un cambiamento fisionomico del bosco stesso, andando a delineare diverse fasi evolutive dell'ecosistema forestale (Del Favero, 2004):

- Fase di rinnovazione, che inizia con la morte delle piante del ciclo precedente oppure a causa di un disturbo. Si insediano i semenzali grazie all'aumentata disponibilità di risorse (acqua, luce, ecc...) ed ha inizio un nuovo ciclo;
- Fase di competizione, durante la quale i giovani individui sono sottoposti alla selezione naturale e si distinguono individui dominanti e dominati;
- Fase di stabilizzazione, in cui le piante si appropriano delle risorse e si accrescono in funzione della loro posizione sociale;
- Fase di decadenza, innescata da fenomeni di senescenza che provocano la morte delle piante e permettono l'inizio di un nuovo ciclo con la fase di rinnovazione.

L'alternarsi di queste fasi non coinvolge però soltanto la componente arborea: la presenza di una struttura, che lega gli elementi dell'ecosistema, fa sì che al variare di una componente anche le altre ne risultino influenzate.

Durante il ciclo evolutivo del popolamento forestale vi è quindi un continuo mutamento della disponibilità di risorse, della biomassa, della flora nemorale, della fauna, ecc...

Al fine di valutare l'evoluzione nel tempo dell'ecosistema risulta però più immediato fare riferimento principalmente alla dinamica della componente arborea, ovvero quella che è soggetta alle variazioni più evidenti. In particolare, il monitoraggio della dinamica forestale può basarsi sull'osservazione di parametri biometrici e strutturali quali copertura, tessitura, densità, distribuzione diametrica ed ipsometrica o altri.

4.2. LE AREE DI MONITORAGGIO NEL BOSCO DELLA FONTANA

Il Bosco della Fontana costituisce un'area forestale sulla cui dinamica viene posta particolare attenzione: oltre ad essere uno dei rari esempi di quercu-carpineto planiziale presenti nel nostro Paese e pertanto meritevole di studio e tutela, all'interno di questa riserva naturale non vengono effettuati interventi di utilizzazione da circa 60 anni (si veda il capitolo 3.1).

Dalla vecchia struttura a ceduo composto si sta gradualmente ritornando ad una condizione di "naturalità", con un'accentuazione dei processi dinamici. L'attuale stadio evolutivo risulta inoltre essere importante per la conservazione stessa del popolamento in quanto l'abbandono del trattamento selvicolturale ha portato degli effetti significativi sulla composizione e di conseguenza, ricollegandosi a quanto appena detto, su tutte le altre componenti dell'ecosistema (Mason, 2004).

Per questi motivi, dal 1995, è in atto all'interno della riserva il monitoraggio permanente della dinamica forestale, basato sul sistema nidificato di Koop (1989).

In sintesi, tale monitoraggio viene effettuato:

- per avere un continuo controllo dell'evoluzione del bosco;
- per arricchire i dati forniti dai cavallettamenti totali degli anni 1965, 1985, 1995 ed avere una panoramica più completa dei parametri strutturali del popolamento;
- per verificare gli effetti nel tempo della gestione applicata;
- per disporre di una base di dati fondamentali per gli studi che vengono condotti sulle varie risorse presenti;
- per consentire il confronto con altre situazioni (in particolare le altre foreste planiziali europee) trattandosi di un sistema standardizzato (codificato IUFRO).

Questo sistema è articolato su quattro livelli di monitoraggio, rappresentati nella figura 4.1, all'interno dei quali vengono rilevati diversi parametri (Mason, 2004):

- *Forest Type Area (FTA)*, corrisponde alla superficie delle particelle in cui è diviso il bosco. Su questo livello viene condotta l'analisi dei *gap*.
- *Core Area (CA)*, è una superficie di 70x140 metri (≈ 1 ha), con asse maggiore orientato verso il nord magnetico. Su questo livello vengono rilevati numerosi parametri biometrici delle singole piante, per i quali si rimanda al capitolo 6.2, utilizzando una griglia di quadrati delle dimensioni di 10x10 metri (allegato B).

- *Woody Transect Area* (WTA), è una superficie di 10x100 metri, collocata sull'asse centrale della *Core Area*, della quale viene realizzato un disegno in scala 1:200 con la rappresentazione di tutte le piante (rami fino al terzo ordine) e lo strato arbustivo.
- *Herbaceous Transect Area* (HTA), è una superficie costituita da 50 *plot* adiacenti di 2x2 metri in cui viene rilevata la vegetazione erbacea ed arbustiva con altezza inferiore a 40 cm.

Inoltre il sistema di monitoraggio prevede anche il rilievo delle caratteristiche del legno morto. La cadenza temporale dei rilievi sui vari livelli è riepilogata nella tabella 4.1.

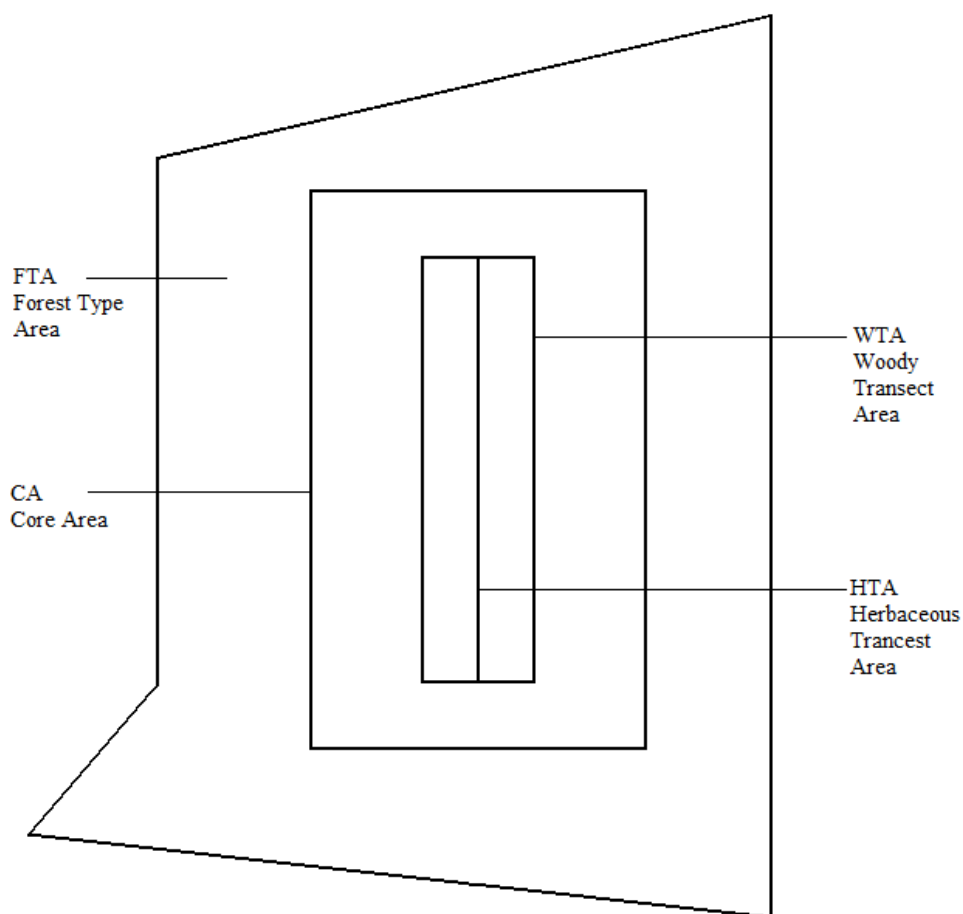


Figura 4.1 – Rappresentazione della struttura delle aree di monitoraggio.

Livello	Dimensioni	Frequenza
<i>Forest Type Area</i>	-	10 anni
<i>Core Area</i>	70 x 144 m	5-10 anni
<i>Woody Transect Area</i>	10 x 100 m	5-10 anni
<i>Herbaceous Transect Area</i>	2 x 100 m	3-5 anni

Tabella 4.1 – Riepilogo delle dimensioni delle aree di monitoraggio e della relativa cadenza temporale dei rilievi (Mason, 2004).

All'interno del Bosco della Fontana sono presenti sei aree di monitoraggio permanente (si veda la mappa della riserva, figura 3.1), la cui collocazione è stata scelta all'interno di particelle ritenute rappresentative del Bosco della Fontana. In particolare si è tenuto conto delle differenze nella composizione floristica (si veda il capitolo 3.4):

- La CA1 è ubicata nella particella 33, in corrispondenza della variante mesoxerica del quercu-carpineto;
- La CA2 è ubicata nella particella 12, all'interno del quercu-carpineto tipico;
- La CA3 è ubicata nella particella 3, zona con maggior disponibilità idrica, in cui sono presenti *Alnus glutinosa* e *Fraxinus oxycarpa*;
- La WTA4 è ubicata nella particella 37, in una zona che è stata sottoposta a rinnovazione artificiale di farnia negli anni '90;
- La WTA5 e la WTA6 sono rispettivamente ubicate nelle particelle 25 e 27, e comprendono aree ad elevata presenza di quercia rossa.

In totale, quindi, sono presenti 3 *Core Area*, 6 *Woody Transect area* e 6 *Herbaceous Transect area*. Ciascuna di esse è stata georeferenziata utilizzando il sistema GPS (Mason, 2004)

5. RUOLO DELLA COPERTURA NEGLI ECOSISTEMI FORESTALI

5.1. IMPORTANZA ECOLOGICA E SELVICOLTURALE

(Tratto da Cappelli, 1991; Del Favero, 2004; Smith e Smith, 2009)

La copertura arborea, intesa *sensu lato* come insieme delle chiome degli alberi che formano una foresta, è un fattore di grande importanza sia dal punto di vista ecologico che selvicolturale. Nello specifico, questa caratteristica determina quella che viene tecnicamente chiamata struttura, ovvero l'aspetto esterno di un popolamento: esso deriva dalla distribuzione spaziale delle chiome, ed è una conseguenza dell'evoluzione naturale e degli eventuali interventi effettuati dall'uomo.

La copertura arborea dipende da molteplici fattori:

- **Composizione:** a seconda delle specie presenti possiamo avere differenze nel portamento (monopodiale e simpodiale) e nella forma e dimensione di foglie e rami. Inoltre possiamo avere specie con fototemperamento eliofilo, con una chioma meno densa, e specie tolleranti l'ombra con una chioma più densa. Infine possiamo avere piante decidue o piante a foglie persistenti;
- **Densità:** influisce a sua volta sul portamento, poiché la cosiddetta forma naturale tipica della specie viene mutata in forma forestale dovuta alla minor disponibilità di spazio e luce, innescando inoltre il fenomeno dell'autopotatura;
- **Distribuzione verticale:** può essere monoplana, biplana, multiplana, quindi con una diversa sovrapposizione delle chiome;
- **Distribuzione orizzontale:** può essere colma, scarsa, lacunosa, aggregata, a cespi e determina una differente distribuzione dei *gap*;
- **Fase evolutiva:** la copertura esercitata dal popolamento cambia a seconda che esso sia, ad esempio, nella fase di decadenza (presenza di *gap*) oppure nella fase di competizione (chiusura delle chiome). Inoltre la posizione sociale, che si manifesta con la fase di competizione, permette agli individui dominanti di espandersi maggiormente rispetto a quelli dominati;
- **Tessitura:** consiste nel modo in cui i gruppi appartenenti alle diverse fasi evolutive (rinnovazione, spessina, perticaia, ecc...) si mescolano tra loro;

- Altri fattori: lo stato fitosanitario (defogliazione, morte di alcuni individui, deperimento, ecc...), l'età, le condizioni stazionali (clima, fertilità, disponibilità idrica, ecc...), azione di animali e umane possono influire sulla copertura.

Oltre alla correlazione con i suddetti elementi, la copertura condiziona altri fenomeni quali:

- La disponibilità radiativa all'interno dell'ecosistema e di conseguenza i processi fisiologici della vegetazione (si veda il capitolo successivo);
- L'intercettazione delle precipitazioni, il ciclo dell'acqua, i fenomeni erosivi ed il microclima interno al popolamento;
- La produzione di seme e l'affermazione della rinnovazione: chiome ampie hanno una maggior capacità di disseminazione rispetto a chiome ridotte. Inoltre per l'affermazione della rinnovazione è necessaria la presenza di interruzioni della copertura più o meno ampie a seconda del fototemperamento della specie.
- L'humus forestale: livelli di copertura troppo bassi favoriscono una rapida mineralizzazione della lettiera, dando origine per lo più a moder micogenico. Lo stesso prodotto si ottiene in caso di una copertura troppo fitta, con accumulo di uno spesso strato di lettiera in lenta decomposizione. In entrambi i casi si ha dunque un peggioramento delle caratteristiche edafiche poiché possono verificarsi difficoltà nella rinnovazione, motivo per cui è opportuno dosare correttamente la copertura.
- Il sottobosco: la presenza di una copertura elevata impedisce lo sviluppo di specie erbacee ed arbustive nei piani inferiori del bosco, con un riflesso negativo anche sulla qualità dell'humus.
- La produzione e qualità tecnologica del legname: una copertura sufficientemente elevata favorisce l'accrescimento ed i fenomeni di autopotatura e permette alle piante di assumere la forma forestale, più adatta ai fini produttivi, con topi da sega più cilindrici e meno nodosi. Infine, nel caso di foreste sottoposte a tagli di utilizzazione, influenza anche la frequenza e l'intensità dei tagli.

Il fatto che la copertura sia in relazione a tutti questi fattori fa capire che questa caratteristica sia importante da monitorare, oltre che per la sua evidenza ed immediatezza, anche per il suo significato ecologico e selvicolturale.

5.2. IL LEAF AREA INDEX E GLI EFFETTI SULLA RADIAZIONE SOLARE

Com'è noto la radiazione solare è la sorgente di energia su cui si reggono gli ecosistemi: attraverso la fotosintesi clorofilliana l'energia luminosa viene incanalata dagli organismi autotrofi (produttori) all'interno dei popolamenti, entrando nei flussi di materia ed energia che determinano i vari livelli trofici e le reti alimentari.

La luce non è però distribuita egualmente in tutti i punti dell'ecosistema: questo fenomeno è più evidente nei popolamenti forestali, ovvero in quegli ecosistemi con una maggior distribuzione verticale. La radiazione solare viene infatti assorbita e riflessa dalle foglie degli alberi, subendo un'attenuazione.

Ne deriva che all'aumentare della copertura esercitata dalle foglie si avrà una diminuzione della disponibilità radiativa: ad esempio scendendo dalla sommità delle chiome verso il suolo aumenta lo spessore delle chiome sovrastanti e di conseguenza si ha una maggior attenuazione.

Questo legame tra luce e copertura può essere meglio chiarito introducendo un importante parametro quantitativo degli ecosistemi terrestri: il *Leaf Area Index* (LAI) o Indice di Area Fogliare. Quest'ultimo viene definito come la superficie fogliare totale che intercetta l'energia luminosa espressa in relazione all'area di terreno sottostante (Smith e Smith, 2009).

$$LAI = \frac{\text{superficie fogliare totale (m}^2\text{)}}{\text{area terreno (m}^2\text{)}}$$

Il LAI può assumere valori molto variabili anche se, ad eccezione del deserto e della tundra, negli altri biomi normalmente oscilla tra 2 e 6 m²/m², con i massimi valori nelle foreste temperate e tropicali (si veda la tabella 5.1).

La superficie fogliare della vegetazione dipende da vari fattori, tra cui la composizione specifica, lo stadio di sviluppo, le condizioni stazionali, la stagione, i metodi di gestione, ecc... Si tratta quindi di un parametro dinamico, che può cambiare di giorno in giorno e di anno in anno. Inoltre variazioni di LAI possono essere osservate anche in base al metodo di determinazione di tale indice (capitolo 5.2.1).

Bioma	Durata stagione vegetativa (giorni)	NPP giornaliera per unità di superficie ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	LAI (m^2/m^2)	NPP giornaliera per unità di superficie fogliare ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$)
Foresta tropicale	365	6,8	6,0	1,14
Foresta temperata	250	6,2	6,0	1,03
Foresta boreale	150	2,5	3,5	0,72
Macchia mediterranea	200	5,0	2,0	2,50
Savana e prateria tropicale	200	5,4	5,0	1,08
Prateria temperata	150	5,0	3,5	1,43
Deserto	100	2,5	1,0	2,50
Tundra artica	100	1,8	1,0	1,80
Coltivazioni (cereali)	200	3,1	4,0	0,76

Tabella 5.1 – Confronto tra gli indici di area fogliare (LAI) e della produttività primaria netta (NPP) nei vari biomi terrestri (Saugier *et al.*, 2001)

Tornando al legame tra LAI e radiazione, esso è definito dalla legge di Lambert-Beer, che descrive l'estinzione della luce in base alle variazioni di superficie fogliare:

$$I = I_0 e^{-k \text{ LAI}}$$

Dove:

- I = radiazione luminosa (W/m^2) risultante dall'attenuazione;
- I_0 = radiazione luminosa (W/m^2) rilevata sulla sommità delle chiome;
- e = numero di Nepero ($\approx 2,718$);
- k = coefficiente di estinzione della luce, che può assumere valori variabili da 0 a 1 in base all'inclinazione ed alle proprietà geometriche ed ottiche delle foglie (Smith e Smith, 2009)(tabella 5.2).

Specie	k	Specie	k
<i>Picea abies</i>	0,28-0,37	<i>Quercus petraea</i>	0,29-0,58
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,40	<i>Fagus sylvatica</i>	0,43-0,44
<i>Larix decidua</i>	0,58	<i>Betula sp.</i>	0,57

Tabella 5.2 – Esempi di coefficiente di estinzione per alcune specie comuni (Bréda *et al.*, 2002)

Avendo una così stretta relazione con la distribuzione della luce, il LAI risulta essere un parametro determinante per le varie funzionalità degli ecosistemi come l'evapotraspirazione, l'assorbimento di carbonio, la rinnovazione, l'intercettazione delle precipitazioni, gli scambi gassosi tra piante ed atmosfera, ecc... L'attività fotosintetica, ad esempio, dipende dalla disponibilità luminosa, la quale a sua volta è legata al LAI (figura 5.1 e 5.2).

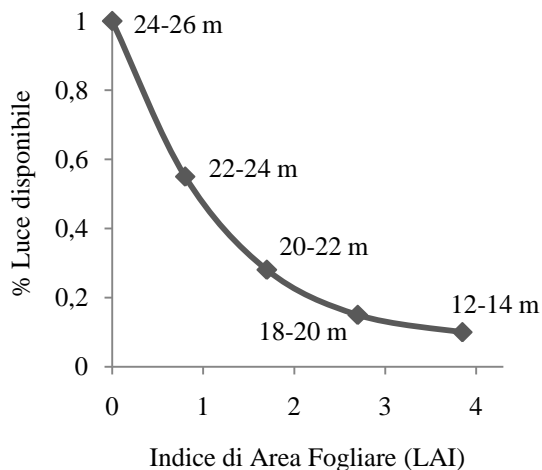


Figura 5.1 – Procedendo dalla sommità della chioma fino al suolo aumenta il LAI, di conseguenza diminuisce la disponibilità luminosa (Smith e Smith, 2009).

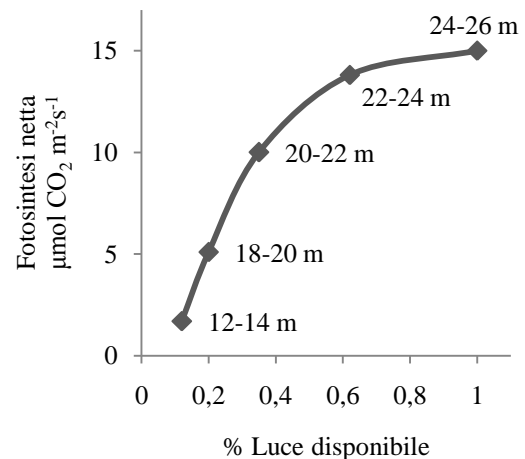


Figura 5.2 – Procedendo verso la sommità della chioma diminuisce il LAI, quindi aumenta la luce disponibile ed anche la fotosintesi netta (Smith e Smith, 2009).

Eventi come la morte di una pianta senescente o lo schianto di un gruppo di alberi in seguito ad una perturbazione comportano una riduzione del LAI e provocano un effetto diretto sulla produttività dell'ecosistema. Tali eventi, però, sono altrettanto indispensabili alla perpetuazione del popolamento: causano infatti la formazione di aperture o *gap* nella copertura, all'interno delle quali la luce riesce penetrare consentendo alla rinnovazione di svilupparsi.

Generalmente nelle foreste temperate di latifoglie come Bosco della Fontana i *gap* si formano con una media del 0,5-2% all'anno (Mason, 2004).

5.2.1. METODI DI CALCOLO DEL LAI

Il calcolo del *Leaf Area Index* (Jonckheere *et al.*, 2004; Matta, 2006; Bredà, 2003) può essere fatto utilizzando vari metodi, così classificati:

- metodi diretti, che comportano la misurazione effettiva della superficie fogliare. Sono più accurati, ma in compenso richiedono molto tempo e lavoro per essere applicati, e sono distruttivi avendo necessità di raccogliere le foglie oppure di utilizzare degli alberi modello. Di conseguenza non sono adatti al monitoraggio *long-term* della dinamica, ma rivestono comunque una certa importanza per validare e calibrare i metodi indiretti;
- metodi indiretti, i quali invece permettono di ricavare il LAI attraverso l'analisi di altri parametri ad esso correlati, ma che hanno la caratteristica di essere più facilmente e rapidamente rilevabili, anche su larga scala. I metodi indiretti più diffusi si basano su misure ottiche, come nel caso della fotografia emisferica o del LIDAR, oppure rilevano tramite apposita strumentazione la radiazione solare e fanno riferimento alla sopra citata legge di Lambert-Beer per cui, invertendo l'equazione, risulta:

$$\text{LAI} = \frac{-1}{k \ln(I/I_0)}$$

I metodi che si basano su misure ottiche o sull'attenuazione della luce presentano una discrepanza con i metodi diretti dovuta al fatto che non distinguono la copertura fogliare da quella esercitata da rami e fusti. Inoltre, nel caso della fotografia emisferica, un'altra problematica è rappresentata dal cosiddetto *clumping*, ovvero dalla sovrapposizione delle superfici fogliari, che causa una sottostima dell'effettivo LAI.

Esistono anche ulteriori metodi classificati come tecniche allometriche, che si basano sulle relazioni esistenti tra i diversi parametri biometrici della pianta: ad esempio è stata riscontrata una forte correlazione della superficie fogliare con il diametro (Le Dantec *et al.*, 2000), oppure con la quantità di alburno (Gower e Norman, 1991; Smith *et al.*, 1991). Anche queste ultime tecniche richiedono però più tempo per poter essere applicate.

6. MATERIALI E METODI

6.1. CALCOLO DEL LAI TRAMITE FOTOGRAFIA EMISFERICA

La fotografia emisferica fa parte dei metodi indiretti di calcolo del LAI. Questa tecnica utilizza macchine fotografiche dotate delle cosiddette lenti *fish-eye*, ovvero obiettivi con un estremo angolo di osservazione, generalmente non inferiore a 180°. Come si può osservare nella figura 6.1, la fotografia fornisce quindi la proiezione di un'immagine emisferica su un piano (Rich, 1990).



Figura 6.1 –

A sinistra: esempio di fotografia emisferica originale del punto 65 (*Core Area 1*).

A destra: la stessa foto in formato bianco e nero utilizzato per il calcolo del LAI.

La macchina fotografica può essere posizionata sotto le chiome, rivolta verso lo zenit, oppure sopra le chiome, rivolta verso il nadir.

La fotografia che ne risulta si presenta circolare e, se scattata verso l'alto, permette di avere una visuale completa del cielo, con lo zenit al centro dell'immagine e l'orizzonte lungo la circonferenza. Tale immagine fornisce una descrizione precisa della distribuzione geometrica delle chiome, sulla loro dimensione ed architettura, sulla dimensione e posizione dei *gap* e di conseguenza anche sulla attenuazione della radiazione solare all'interno del bosco.

Anche la dinamica temporale di queste caratteristiche (ad esempio le fasi fenologiche o la formazione e chiusura di nuovi *gap*) può essere osservata, ripetendo i rilievi nelle medesime postazioni.

Dopo aver scattato le fotografie si entra nella fase di elaborazione delle immagini, utilizzando uno dei vari *software* disponibili (come Gap Light Analyzer, SideLook, Hemiview, Can-Eye o altri). Per poter effettuare una discriminazione tra cielo e *canopy* al fine di calcolare il LAI, è necessario eseguire il cosiddetto *thresholding*, ovvero impostare una soglia di discriminazione dei colori che permetta di distinguere cielo e *canopy*. In questo modo il *software* restituisce un'immagine binaria (figura 6.1), ovvero in bianco e nero, con una separazione netta tra cielo e copertura. Infine si può procedere con il calcolo del LAI, basato sul conteggio dei pixel.

Un'ulteriore applicazione della fotografia emisferica riguarda la sovrapposizione delle fotografie alla traiettoria percorsa dal sole nel cielo: in questo modo è possibile analizzare la distribuzione della radiazione nel corso della giornata, e distinguere la luce diretta da quella diffusa (Evans e Coombe, 1959; Anderson, 1964).

Le motivazioni a favore dell'uso della fotografia emisferica per il calcolo del LAI e per lo studio dell'ambiente luminoso sotto copertura fanno riferimento soprattutto all'economicità e rapidità dei rilievi in confronto alle altre tecniche. Viene spesso sottolineato come il rapido sviluppo di nuovi sistemi di elaborazione delle immagini ed il progressivo miglioramento della qualità di queste ultime rendano questo metodo anche maggiormente affidabile.

Inoltre la possibilità di archiviare le immagini ne consente una futura rielaborazione ed applicazione in presenza di eventuali *software* più avanzati.

6.1.1. RACCOLTA ED ELABORAZIONE DELLE FOTOGRAFIE

Le fotografie emisferiche utilizzate in questo lavoro sono state scattate nelle aree di monitoraggio permanente dai tecnici del Corpo Forestale dello Stato nel periodo di piena fase vegetativa dell'anno 2005, tra il giorno 19 Luglio ed il giorno 11 Agosto, in presenza di cielo nuvoloso o, in alternativa, alle prime luci dell'alba.

Queste condizioni sono state scelte per avere una situazione di luce ideale, in quanto consentono di evitare la radiazione solare diretta e di avere un miglior contrasto tra cielo e *canopy*, al fine di ottenere una stima più precisa dell'Indice di Area Fogliare.

I punti in cui sono state scattate le fotografie sono stati individuati utilizzando le griglie di quadrati delle dimensioni di 10x10 metri in cui sono suddivise le *Core Area* e le *Woody Transect Area* (si veda l'allegato A). In corrispondenza dei vertici di tali quadrati sono state scattate le fotografie in due formati (raw e jpg) e in due direzioni (verso l'alto e verso il basso). Si tratta di 360 immagini complessive per le *Core Area* e di 66 immagini complessive per le *Woody Transect Area*, per un totale di 426 immagini per ciascun formato e per ciascuna direzione.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione delle fotografie era costituita da una macchina fotografica digitale Nikon Coolpix 4500 (4.0 Megapixel) equipaggiata con obiettivo fisheye Nikon Fisheye Converter FC-E8 .

La macchina fotografica è stata posizionata su cavalletto a 1 metro da terra, orientata a nord e livellata orizzontalmente con livella a bolla di precisione.

Le immagini emisferiche così acquisite sono state trasferite su dispositivo di archiviazione (DVD e hard disk) in formato jpg.

Le fotografie archiviate sono state successivamente utilizzate per il calcolo del LAI. Il procedimento di elaborazione seguito può essere suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Separazione del canale Blu dell'immagine tramite Adobe Photoshop;
- b) Individuazione automatica della soglia (*threshold*) tramite SideLook;
- c) Calcolo dell'Indice di Area Fogliare tramite Gap Light Analyzer.

Di seguito vengono descritti nel dettaglio i singoli procedimenti:

- a) La separazione del canale Blu dell'immagine potrebbe in realtà essere evitata, ma in questo caso è stata effettuata perché nella letteratura di riferimento (Lee *et al.*, 1983; Frazer *et al.*, 1999, 2001; Nobis e Hunziker, 2005) si ritiene che le immagini contenenti solo questo colore siano più adatte per la successiva fase di *thresholding*.

Per facilitare questa operazione è stato utilizzato il *software* Adobe Photoshop CS4 Extended (versione 11.0, Adobe System Inc., U.S.A.), che consente di automatizzare il procedimento per separare i canali RGB (Rosso, Giallo e Blu) e salvare una copia di ciascuna fotografia con il solo canale Blu nel formato jpg in una cartella di destinazione.

- b) Per ogni immagine è necessario impostare una soglia (*threshold*) di separazione che permette al programma di distinguere i pixel di cielo (*gap fraction*) dagli altri pixel (ovvero la *canopy*). Tale operazione può essere fatta manualmente, ovvero testando vari livelli di *threshold* e confrontando l'immagine risultante con quella originale, per verificare la corrispondenza dei *gap* e la loro estensione. Molti autori (Chan *et al.*, 1986; Rich, 1990; Machado e Reich, 1999; Frazer *et al.*, 2001; Diaci e Thormann, 2002; Jonckheere *et al.*, 2004; Nobis e Hunziker, 2005) suggeriscono, però, l'utilizzo di *software* che calcolino automaticamente la soglia per evitare di introdurre l'errore dovuto alla soggettività dell'operatore. Il *thresholding* automatico è inoltre consigliabile in particolare quando si analizzano numerose fotografie, poiché è facilmente riproducibile e soprattutto è più speditivo. Per fare questo è stato utilizzato il *software* SideLook (versione 1.1.01, ApplEco by M. Nobis) con il quale è stata aperta singolarmente ciascuna fotografia nel canale Blu e su queste è stato calcolato il *threshold* in modo automatico (comandi: `threshold – channel: blue – modus: edge value – max`).

E' stato comunque necessario correggere manualmente la soglia di alcune fotografie che risultavano essere sovraesposte e pertanto causavano una sovrastima da parte del programma. L'allegato B raccoglie l'elenco completo dei *threshold* stabiliti.

- c) Per il calcolo del LAI, si è ricorso all'utilizzo del *software* Gap Light Analyzer (versione 2.0, Simon Fraser University, Canada). Inizialmente è stata eseguita la configurazione con i parametri riportati nell'allegato F: questi ultimi permettono di specificare le

caratteristiche del sito analizzato (latitudine, longitudine, altitudine), la scelta del tipo di proiezione azimutale, ecc...

Si è passati poi alla fase di registrazione dell'immagine, per cui tramite l'attribuzione di precise coordinate (allegato F) viene definito il centro della fotografia (corrispondente allo zenit) ed i limiti all'interno dei quali il programma dovrà lavorare. Dopo aver completato queste operazioni preliminari è stato inserito il *threshold* calcolato con Sidelook, ottenendo così un'immagine binaria, poi utilizzata per calcolare il LAI, del quale Gap Light Analyzer fornisce due versioni: il LAI 4° anello, che riguarda la copertura compresa tra lo zenit e 60°, ed il LAI 5° anello, che riguarda invece la copertura compresa tra lo zenit e 75°, quindi una fascia più ampia. Inoltre viene calcolata la percentuale di *canopy openness*, ovvero di apertura delle chiome.

Tutti i parametri calcolati sono stati archiviati su foglio di calcolo e sono consultabili negli allegati C, D, E. Per la successiva analisi della copertura nelle singole aree di monitoraggio (capitolo 7) si sono invece utilizzati dei valori medi (media aritmetica) che rappresentassero l'intera area.

6.2. CALCOLO DEI PARAMETRI BIOMETRICI

Il Bosco della Fontana, come spiegato nel capitolo 4, è sottoposto al monitoraggio permanente della dinamica forestale, effettuato secondo il sistema nidificato di Koop.

Questo metodo prevede la raccolta periodica (con cavalletto dendrometrico, cordella metrica e ipsometro Vertex) all'interno delle sei aree di monitoraggio dislocate all'interno del bosco di vari parametri biometrici del popolamento, riportati nella tabella 6.1:

Parametro	Descrizione
BX, BY	Coordinate della posizione della pianta
T	Altezza della pianta
DBH	Diametro del fusto a 1,3 m
CT	Altezza del punto di maggior larghezza periferica della chioma
C	Altezza della base della chioma
F	Altezza della prima branca vivente
N, S, W, E	Proiezione della chioma sul terreno in direzione dei punti cardinali
Specie	Nome scientifico della pianta
Vitalità	Classificata secondo il sistema IUFRO in alberi sviluppati in rango, alberi normalmente sviluppati, alberi scarsamente sviluppati
CCI	Copertura interna della chioma, valutata in classi percentuali (ad es. copertura tra 15 e 25 %)
GWPT	Crescita potenziale, per cui si distinguono alberi potenziali, alberi del presente ed alberi del passato
DMG	Consistenza (assente, leggero, moderato, pesante) e causa (biotico, abiotico, complesso, fauna selvatica) del danno, classificate secondo il sistema IUFRO.

Tabella 6.1 – Parametri rilevati ai fini del monitoraggio (Mason e Ferrari, 2000).

Inoltre vengono rilevati ulteriori parametri sul legno morto (posizione, dimensioni, tasso di decomposizione, ecc...). Queste operazioni sono state sin'ora effettuate per due volte: la prima nel 1995, i cui risultati sono esposti da Mason (2004) e la seconda nel 2005.

In questo lavoro si sono utilizzati i dati ricavati dal secondo monitoraggio, rilevati dal personale del Corpo Forestale dello Stato nella stagione invernale dell'anno 2005 e registrati su supporto cartaceo ed informatico (dBase IV).

Inserendo i dati nel *software* Forest Monitor (versione 1.0, Corpo Forestale dello Stato) vengono realizzate delle rappresentazioni grafiche delle aree di monitoraggio in cui possono essere mostrate le caratteristiche desiderate: ad esempio i modelli delle chiome, i diametri, le altezze, si può includere od escludere il legno morto, visualizzare solo alcune specie, ecc... Inoltre il programma calcola automaticamente alcune statistiche biometriche, mettendo rapidamente a disposizione della basi di dati da poter analizzare e confrontare.

In particolare, in questo lavoro si sono realizzate le rappresentazioni grafiche della copertura arborea di ciascuna area di monitoraggio, vista di profilo e dall'alto. Quest'ultima prospettiva è stata suddivisa in tre strati di altezza per renderne più facile la comprensione:

- Strato inferiore, comprende gli alberi con $0,4 \text{ m} < h \leq 10 \text{ m}$;
- Strato intermedio, comprende gli alberi con $10 \text{ m} < h \leq 20 \text{ m}$;
- Strato superiore, comprende gli alberi con $h > 20 \text{ m}$.

Inoltre sono stati calcolati i parametri riportati nella tabella 6.2, suddivisi per ciascuna specie.

Parametro	Descrizione
N	Numero di piante*
N/ha	Numero di piante ad ettaro, calcolato per proporzione
V_c	Somma dei volumi delle chiome di tutti gli individui, calcolati assimilando la forma della chioma ad un ellissoide*
Area di insidenza	Superficie totale occupata dalla proiezione delle chiome sul terreno*
$d_{\max} - d_{\min} - d_{\text{avg}}$	Valori massimi e minimi di diametro, media aritmetica dei diametri*
$h_{\max} - h_{\min} - h_{\text{avg}}$	Valori massimi e minimi di altezza, media aritmetica delle altezze*
d_g	Diametro medio, calcolato utilizzando i dati del cavallettamento totale
h_g	Altezza media, stimata con metodo grafico utilizzando i dati del cavallettamento totale
V V/ha	Volume dendrometrico stimato con tavole di cubatura stereometriche a doppia entrata* e Volume ad ettaro, calcolato per proporzione
G G/ha	Area basimetrica totale* Area basimetrica ad ettaro, calcolata per proporzione

Tabella 6.2 – Parametri calcolati utilizzando i dati rilevati dal monitoraggio permanente.

I dati calcolati in automatico dal programma Forest Monitor sono indicati con un asterisco (*) mentre per gli altri è indicato il metodo con cui sono stati ricavati.

7. RISULTATI E DISCUSSIONE

In questo capitolo vengono esposti, suddivisi nelle tre *Core Area*, i risultati ottenuti dai rilievi eseguiti nel 2005 e dalle fotografie emisferiche raccolte nel medesimo anno. Le *Woody Transect Area* 4, 5, 6, non essendo inglobate in altrettante *Core Area*, forniscono una minor quantità di dati, pertanto verranno esaminate congiuntamente.

Per ciascuna area, tramite tabelle e figure, vengono elencati i seguenti elementi (per il significato delle abbreviazioni si veda il capitolo 6.2):

- Composizione specifica;
- Caratteristiche dimensionali delle chiome;
- Parametri biometrici;
- Valori di LAI e copertura.

Questi dati vengono poi analizzati per ottenere un quadro completo della copertura arborea nell'anno 2005 e vengono inoltre comparati con quelli del monitoraggio precedente, effettuato nell'anno 1995 e discusso da Mason (2004), per valutarne la dinamica.

E' necessario tener conto, in particolare per i confronti eseguiti sugli strati di altezza inferiori, che nel presente lavoro è stata utilizzata una soglia di cavallettamento di 5 cm di diametro, mentre nel monitoraggio precedente si adottava una soglia di altezza di 0,4 m (che comprendeva quindi anche diametri minori).

Ad arricchire il dato numerico sono state inserite le rappresentazioni grafiche della copertura, così ripartite:

- copertura orizzontale vista in pianta, sia complessiva sia distinta nei tre strati di altezza (strato inferiore $0,4 \text{ m} < h \leq 10 \text{ m}$; strato intermedio $10 \text{ m} < h \leq 20 \text{ m}$; strato superiore $h > 20 \text{ m}$);
- copertura verticale vista di profilo, lungo l'asse nord-sud, suddivisa in sette fasce di $10 \times 140 \text{ m}$ corrispondenti alla griglia di monitoraggio (allegato A). Quest'ultima rappresentazione viene confrontata con l'andamento del LAI calcolato tramite fotografia emisferica per verificare l'attendibilità di quest'ultimo.

La terminologia utilizzata per la descrizione della distribuzione orizzontale e verticale della copertura è quella suggerita da Del Favero (2004).

7.1. CORE AREA 1

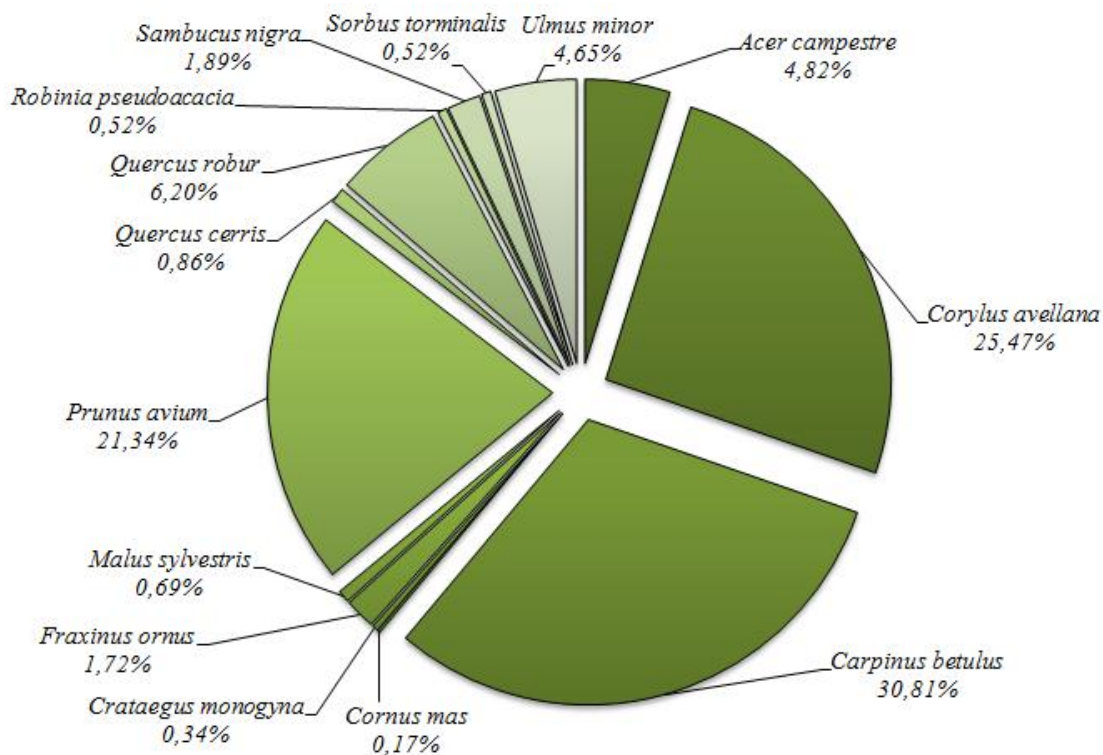


Figura 7.1 – Composizione della Core Area 1

Specie	N	V _c (m ³)	Area di insidenza (%)	Area di insidenza (m ²)
<i>Carpinus betulus</i>	179	115.541,00	55,02%	12.320,24
<i>Quercus robur</i>	36	35.230,53	16,72%	3.742,93
<i>Corylus avellana</i>	148	11.765,93	11,55%	2.585,61
<i>Prunus avium</i>	124	8.095,80	7,76%	1.736,56
<i>Quercus cerris</i>	5	5.261,24	2,67%	597,29
<i>Acer campestre</i>	28	2.629,01	2,38%	532,90
<i>Ulmus minor</i>	27	2.095,87	1,89%	423,06
<i>Fraxinus ornus</i>	10	717,28	0,52%	117,54
<i>Sambucus nigra</i>	11	375,51	0,45%	100,77
<i>Sorbus torminalis</i>	3	597,31	0,30%	66,15
<i>Malus sylvestris</i>	4	396,14	0,28%	63,50
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3	331,91	0,26%	57,52
<i>Crataegus monogyna</i>	2	182,09	0,15%	34,11
<i>Cornus mas</i>	1	33,20	0,06%	12,35
Totale	581	183.252,82	100,00%	22.390,53

Tabella 7.1 – Distribuzione di frequenza delle specie e volume delle chiome ordinate secondo le relative aree di insidenza.

Specie	d _g (cm)	d _{min} (cm)	d _{max} (cm)	h _g (m)	h _{min} (m)	h _{max} (m)	G (m ²)	V (m ³)
<i>Carpinus betulus</i>	29,52	5,00	58,00	21,50	4,00	35,00	12,091	168,78
<i>Quercus robur</i>	51,98	28,00	80,00	27,50	22,00	32,00	7,862	131,21
<i>Corylus avellana</i>	6,37	5,00	14,00	9,00	4,00	16,00	0,547	2,98
<i>Prunus avium</i>	10,44	5,00	42,00	13,00	6,00	26,00	1,075	8,52
<i>Quercus cerris</i>	52,15	42,00	56,00	24,00	22,00	29,00	1,039	15,10
<i>Acer campestre</i>	9,50	5,00	26,00	9,50	6,00	17,00	0,203	1,31
<i>Ulmus minor</i>	9,62	5,00	17,00	10,50	7,00	16,00	0,197	1,36
<i>Fraxinus ornus</i>	10,96	6,00	20,00	12,00	8,00	14,00	0,098	0,65

Tabella 7.2 – Parametri biometrici delle principali specie.

	Copertura (%)	LAI 4 (m ² /m ²)	LAI 5 (m ² /m ²)
media	94,19	3,33	3,05
min	91,00	2,65	2,65
max	96,31	4,10	3,98

Tabella 7.3 – Valori di *Leaf Area Index* e copertura determinati tramite fotografia emisferica

N/ha	G/ha (m ² /ha)	V/ha (m ³ /ha)
593	23,77	338,15

Tabella 7.4 – Parametri biometrici rapportati all'ettaro

Rispetto alle altre due CA, la *Core Area* 1, collocata nella parte nord-ovest della riserva, è quella che presenta una maggior copertura (94,19%) e un valore medio di LAI più elevato, stando ai dati ottenuti da fotografia emisferica (tabella 7.3), ed è seconda solo alla *Core Area* 3 per quanto riguarda l'area di insidenza totale delle chiome (tabella 7.1). Questo dato risulta essere particolarmente significativo se si considera che quest'area ha subito due rilevanti disturbi negli ultimi decenni: uno nel 1979 ed un altro nel 1993, entrambi dovuti a perturbazioni che hanno ridotto fortemente la copertura portandola, secondo il rilievo del 1995, al 65% circa (Mason, 2004). Nell'arco di 10 anni, quindi, c'è stato un notevole incremento di questo parametro: i *gap* che si erano formati sono stati rapidamente riempiti da altre specie che hanno incrementato l'effettivo ed il volume delle chiome. Quest'ultimo, in particolare, ha realizzato le seguenti variazioni:

- il carpino bianco è passato da 77.237,00 a 115.541,00 m³;
- il ciliegio è raddoppiato, passando da 4.045,60 a 8.095,80 m³;
- il nocciolo è passato da 6.507,20 a 11.765,93 m³;
- l'acero campestre e l'olmo sono triplicati, passando rispettivamente da 959,00 a 2.629,00 m³ e da 579,4 a 2.095,87 m³.

Inoltre ciliegio, acero campestre ed olmo sono saliti dallo strato inferiore a quello intermedio ($10\text{ m} < h \leq 20\text{ m}$), nel quale erano assenti. Nel precedente rilievo si prevedeva una risalita di queste specie, effettivamente avvenuta, ma si manifestava incertezza per l'olmo per il quale si temeva una mortalità causata da grafiosi. Questa problematica non si è verificata, come riscontrabile dai dati: l'altezza media è cresciuta da 3,2 a 10,5 m.

Per quanto riguarda le specie quercine, si è avuta una diminuzione degli individui di farnia (da 47 a 36), mentre il cerro è rimasto invariato. Come previsto nel 1995, la farnia sta scomparendo da quest'area poiché ha raggiunto la fase di decadenza e non riesce a perpetuarsi: oltre ad avere problemi di competizione con il carpino bianco, la farnia non riesce a rinnovarsi a causa della fitta copertura come spiegato nel capitolo 3.5.

Questa evoluzione della fitocenosi ha delineato una distribuzione verticale concentrata al di sotto dei 20 metri di altezza, costituita da (figura 7.6):

- uno strato inferiore ricco di nocciolo (89 individui) e ciliegio (35);
- un fitto strato intermedio che racchiude la maggior parte degli individui, in particolare ciliegio (86 individui), carpino bianco (65) e nocciolo (59);
- uno strato superiore largamente dominato dal carpino bianco (104) accompagnato dalla farnia (36);

La distribuzione orizzontale, come si può osservare nelle rappresentazioni grafiche (figure 7.2, 7.3, 7.4, 7.5), è caratterizzata da:

- una copertura regolare colma, soprattutto grazie alle grandi chiome di carpino bianco che riempiono aree altrimenti lacunose sia nello strato intermedio sia in quello superiore;
- una tessitura intermedia: le diverse fasi evolutive vanno a costituire alcuni gruppi aggregati. Questo è probabilmente dovuto al fatto che la rinnovazione si è sviluppata soprattutto in quelle aperture provocate dai disturbi sopra menzionati.

In generale, si può affermare che tali perturbazioni hanno portato un beneficio in termini di biodiversità, poiché hanno permesso l'ingresso/aumento di altre specie (ciliegio, acero campestre, olmo) ed una differenziazione della struttura del popolamento, andando ad rompere la monotona copertura compatta del vecchio ceduo composto. Dall'altro lato, però, queste specie potrebbero rivelarsi negative per la rinnovazione della farnia, in quanto accrescono la copertura, sono più competitive nella conquista della luce e, nel caso dell'acero (Del Favero, 2004), più plastiche e specializzate nella ricolonizzazione delle aperture.

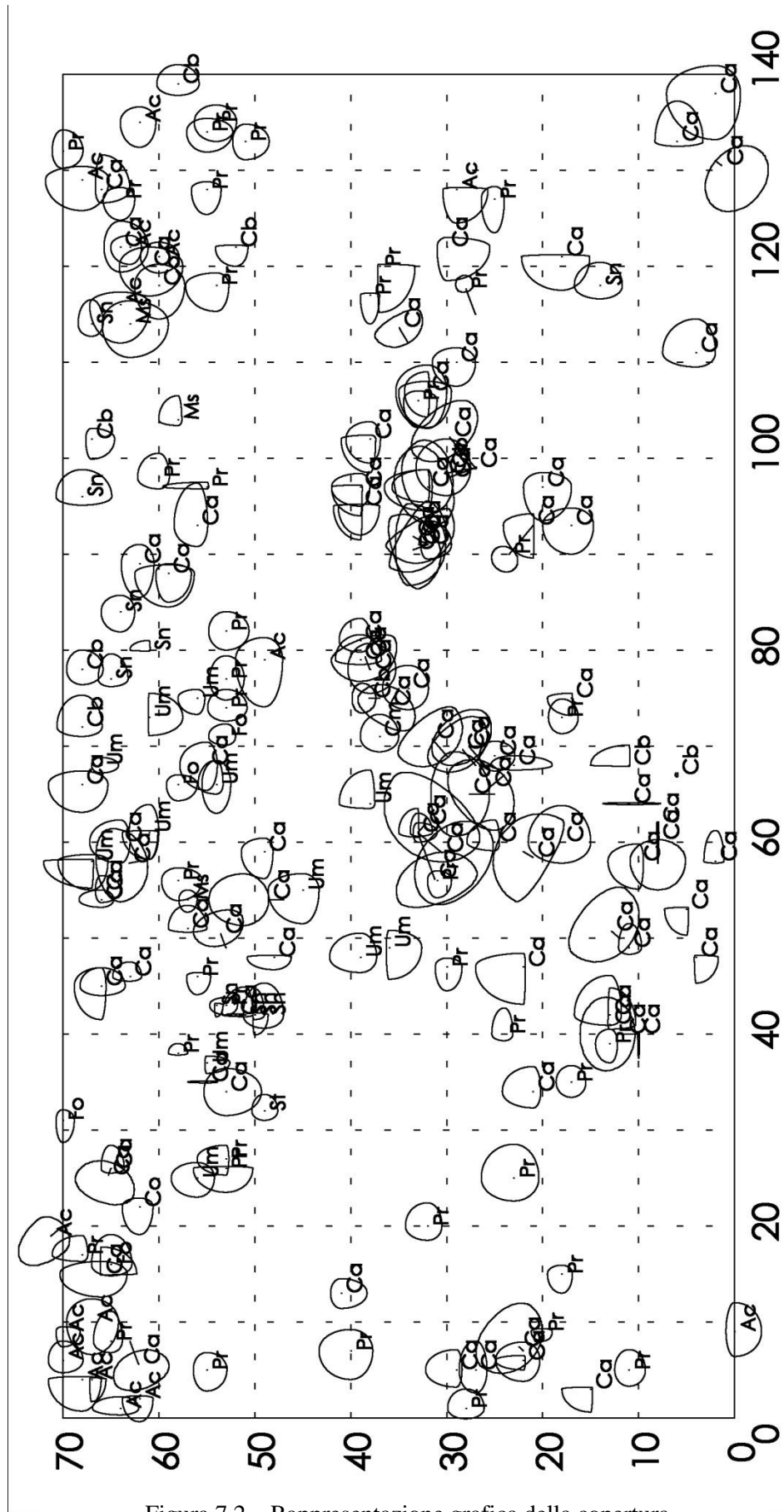


Figura 7.2 – Rappresentazione grafica della copertura
 nella CA1 (piante con $0 \text{ m} < h \leq 10 \text{ m}$)

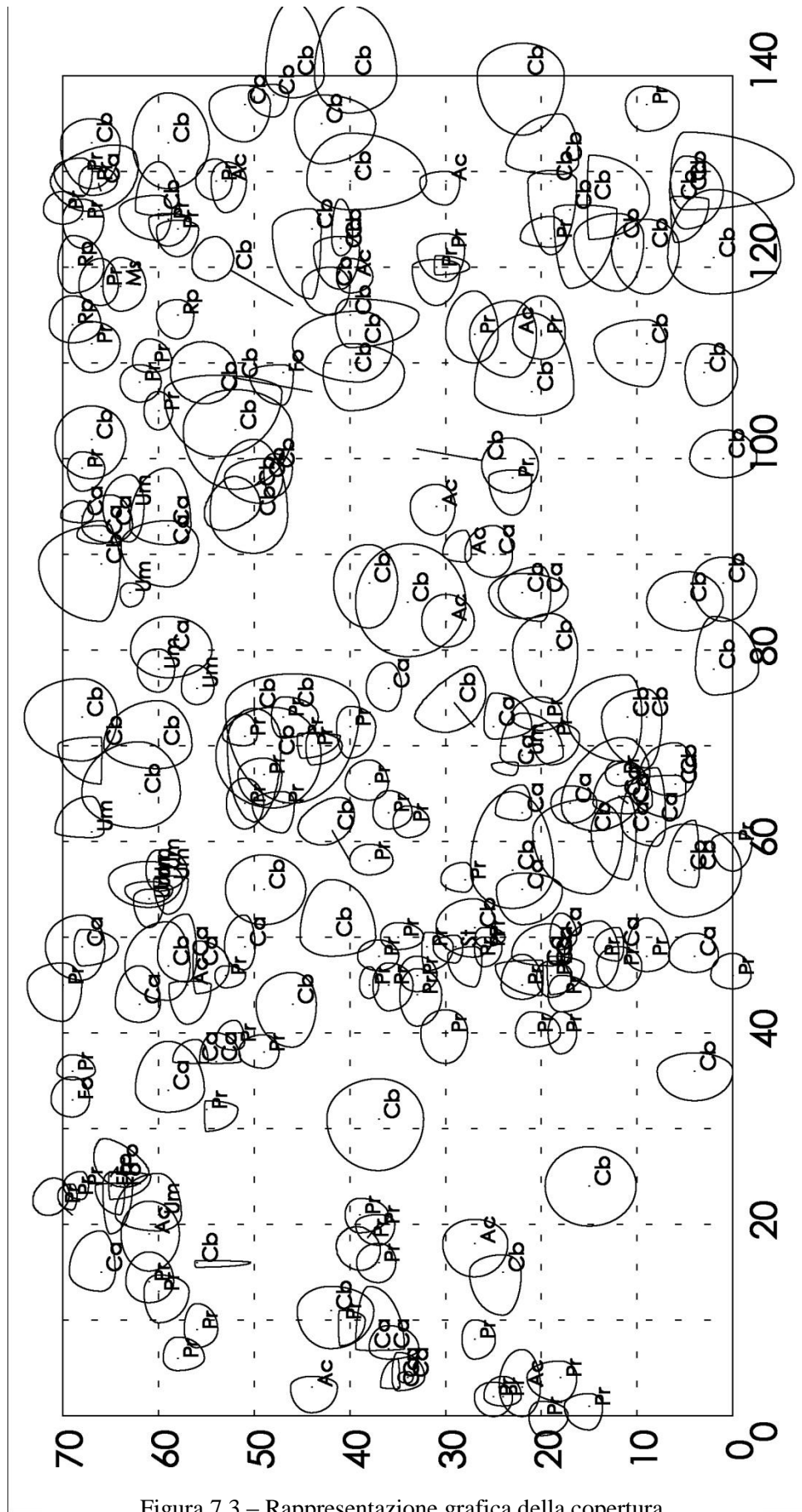


Figura 7.3 – Rappresentazione grafica della copertura
 nella CA1 (piante con $10\text{ m} < h \leq 20\text{ m}$)

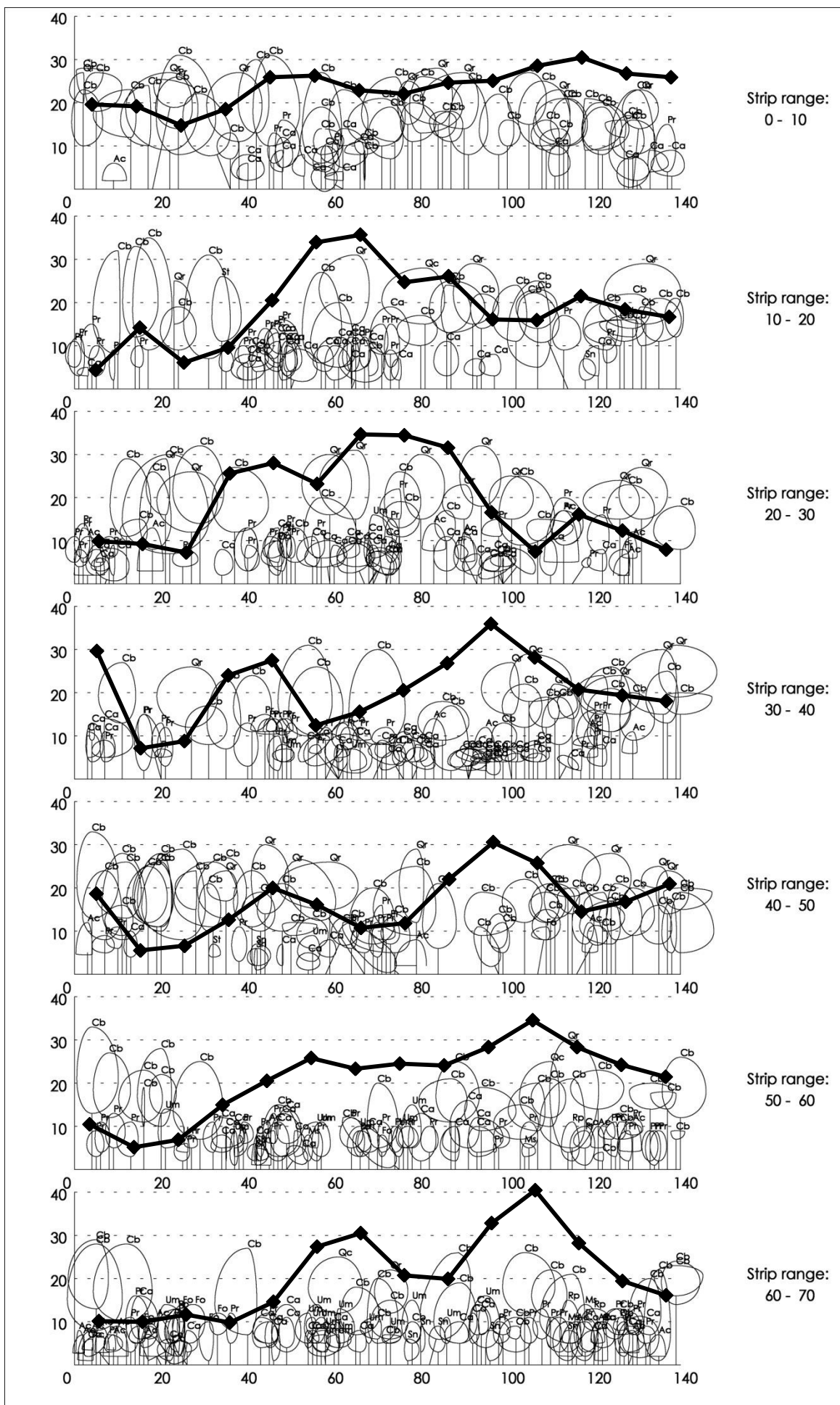


Figura 7.6 – Rappresentazione grafica dei profili CA1 e confronto con l'andamento del LAI

7.2. CORE AREA 2

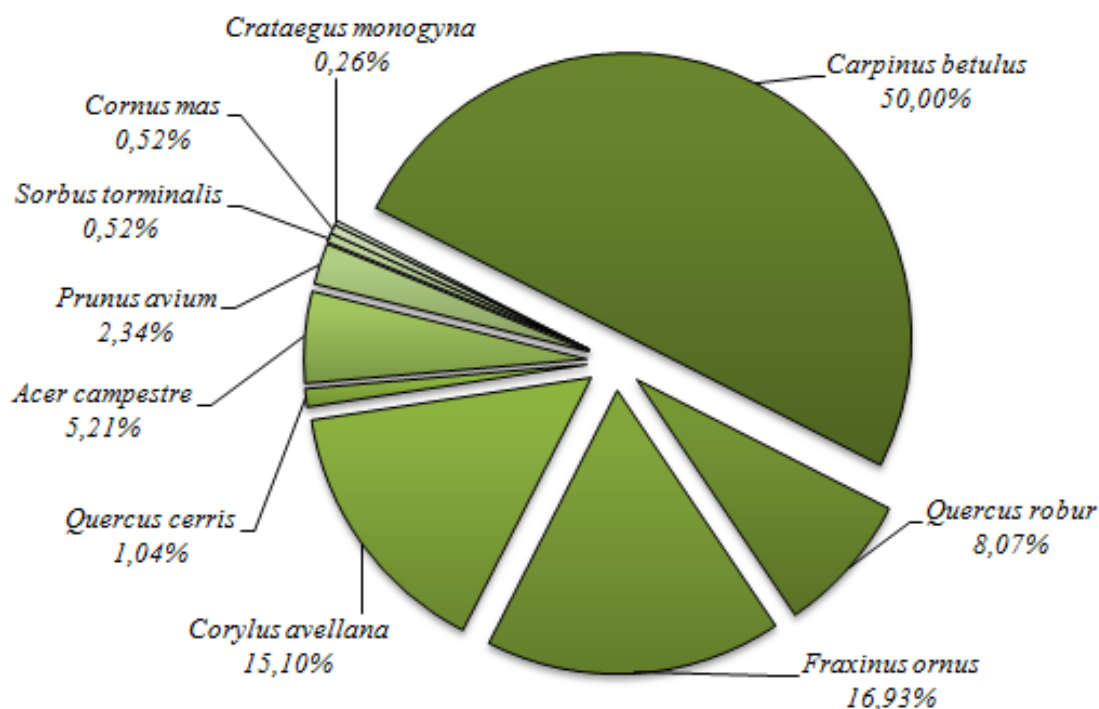


Figura 7.7 – Composizione della *Core Area 2*

Specie	N	V _c (m ³)	Area di insidenza (%)	Area di insidenza (m ²)
<i>Carpinus betulus</i>	192	83.422,09	54,99%	9.228,42
<i>Quercus robur</i>	31	29.463,50	17,74%	2.976,87
<i>Fraxinus ornus</i>	65	14.990,43	13,99%	2.347,33
<i>Corylus avellana</i>	58	2.638,01	5,90%	989,92
<i>Quercus cerris</i>	4	5.482,93	2,98%	500,54
<i>Acer campestre</i>	20	2.330,32	2,57%	430,66
<i>Prunus avium</i>	9	1.991,98	1,46%	244,80
<i>Sorbus torminalis</i>	2	124,90	0,18%	29,46
<i>Cornus mas</i>	2	36,38	0,17%	28,01
<i>Crataegus monogyna</i>	1	7,99	0,04%	5,97
Totale	384	140.488,53	100,00%	16.781,97

Tabella 7.5 – Distribuzione di frequenza delle specie e volume delle chiome ordinate secondo le relative aree di insidenza.

Specie	d _g (cm)	d _{min} (cm)	d _{max} (cm)	h _g (m)	h _{min} (m)	h _{max} (m)	G (m ²)	V (m ³)
<i>Carpinus betulus</i>	27,72	6,00	70,00	23,00	4,00	32,00	11,647	170,66
<i>Quercus robur</i>	59,42	23,00	96,00	29,50	14,80	34,40	8,568	153,63
<i>Fraxinus ornus</i>	22,74	5,00	260,00	19,50	7,40	26,00	7,829	68,84
<i>Corylus avellana</i>	5,49	5,00	9,00	7,00	3,50	10,00	0,176	0,73
<i>Quercus cerris</i>	60,78	35,00	73,00	30,00	28,00	32,00	1,137	19,46
<i>Acer campestre</i>	18,13	5,00	41,00	17,00	2,00	24,00	0,512	5,20
<i>Prunus avium</i>	28,92	6,00	48,00	22,00	8,50	28,00	0,588	7,87

Tabella 7.6 – Parametri biometrici delle principali specie.

	Copertura (%)	LAI 4 (m ² /m ²)	LAI 5 (m ² /m ²)
media	93,58	3,19	2,98
min	91,16	2,61	2,52
max	95,47	4,09	3,70

Tabella 7.7 – Valori di *Leaf Area Index* e copertura determinati tramite fotografia emisferica

N/ha	G/ha (m ² /ha)	V/ha (m ³ /ha)
392	31,12	435,38

Tabella 7.8 – Parametri biometrici rapportati all'ettaro

La *Core Area 2*, collocata nella parte sud-est della riserva, rispetto alle altre due aree è quella caratterizzata dal minor grado di copertura. Tale peculiarità si può dedurre dall'osservazione:

- del numero di individui ad ettaro, che è nettamente inferiore: 392/ha, contro i 593/ha della CA1 ed i 560/ha della CA3 (tabella 7.8);
- dell'area di insidenza totale delle chiome, minore rispetto alle altre: 16.781,97 m², contro i 22.390,53 m² della CA1 ed i 28.586,95 m² della CA3 (tabella 7.5);
- del LAI e della percentuale di copertura ottenuti da fotografia emisferica (tabella 7.7), che risultano essere lievemente più bassi;
- delle rappresentazioni grafiche dell'area (figure 7.8, 7.9, 7.10, 7.11).

L'area basimetrica totale, invece, raggiunge i valori più elevati insieme a quella della CA3 (rispettivamente 31,12 m²/ha e 32,56 m²/ha, mentre per la CA1 sono 23,77 m²/ha) e così anche il volume legnoso (435,38 m³/ha nella CA2, 496,12 m³/ha nella CA3, 338,15 m³/ha per

la CA1) probabilmente perché gli alberi, seppur più esigui in numero, hanno un'età più avanzata.

Analizzando la composizione della *Core Area 2* si notano alcune differenze sostanziali in confronto alle altre due aree:

- un'elevata presenza di orniello e l'assenza di olmo: il primo costituisce il 17% circa della composizione, ed è secondo solo al carpino bianco come effettivo (figura 7.7). Questa situazione fa pensare ad una tendenza xerica della stazione, in quanto l'orniello è notoriamente una specie efficiente nell'uso dell'acqua, mentre l'olmo preferisce suoli più freschi (Del Favero, 2004). Quest'ultima specie, inoltre, era stata rilevata nel precedente monitoraggio (Mason, 2004): erano presenti 21 individui con un diametro medio di 1 cm. Considerando la differente soglia di cavallettamento (5 cm) utilizzata per questo lavoro, il fatto che in dieci anni nessun individuo abbia raggiunto tale diametro fa supporre una mancata affermazione della rinnovazione di tale specie, legata appunto all'insufficiente disponibilità idrica.
- una diminuzione sostanziale degli individui di nocciolo: -60% rispetto alla CA1 e -70% rispetto alla CA3. In generale, lo strato inferiore della CA2 è molto meno ricco: 84 individui (di tutte le specie) contro i 197 della CA3 e i 208 della CA1. Questo dato potrebbe essere una conferma delle peggiori condizioni stazionali della CA2, oppure potrebbe segnalare, al pari dell'area basimetrica, una maggior maturità del popolamento, caratteristica che limita l'invasione da parte di specie tipicamente colonizzatrici dei *gap* come il nocciolo.

Dal punto di vista della dinamica, i mutamenti più significativi rispetto alla situazione rilevata nel precedente monitoraggio sono:

- una risalita del carpino bianco: nel 1995 la maggior parte degli individui di questa specie (106) erano concentrati nello strato intermedio, mentre erano meno presenti nello strato superiore (80). Nell'ultimo rilievo, invece, la situazione si è capovolta: 54 carpini nello strato intermedio e 128 nello strato superiore.
- una diminuzione dell'effettivo di orniello, sceso da oltre cento a 65 individui: tale evoluzione veniva già prevista da Mason (2004), secondo il quale "l'invasione di *Carpinus betulus* si esplica con l'esclusione delle chiome dell'eliofilo *Fraxinus ornus*"

che sono “comprese e rimangono in difficoltà competitiva sia con *Carpinus betulus* che con i grandi individui di *Quercus robur*”.

La distribuzione verticale della CA2 risulta costituita da (figura 7.12):

- uno strato inferiore decisamente sguarnito, per lo più composto dai pochi (58) noccioli presenti, quasi tutti concentrati in un'unica area ubicata nel settore centro-meridionale dell'area di monitoraggio;
- uno strato intermedio piuttosto povero, dominato da carpino bianco ed orniello;
- uno strato superiore più fitto, in cui si radunano le chiome della maggioranza degli alberi;

La distribuzione orizzontale, come si può osservare nelle rappresentazioni grafiche (figure 7.8, 7.9, 7.10, 7.11), è caratterizzata da:

- una copertura regolare scarsa, dovuta al minor effettivo di quest'area;
- una tessitura tendente al grossolano in quanto, mentre i soggetti adulti sono ben distribuiti su tutta la superficie, le fasi giovanili costituiscono dei gruppi aggregati facilmente distinguibili.

Durante il sopralluogo effettuato sull'area, ad ulteriore prova delle ipotizzate condizioni di *stress* idrico, si sono osservate delle manifestazioni di scarsa salute e minori potenzialità delle piante:

- la farnia, in particolare, presenta microfillia, deperimenti e foglie accartocciate, nonché crolli di alcune grosse branche;
- il carpino bianco ha chiome ridotte nonostante la maggior disponibilità di spazio.

Quest'ultima affermazione è avvalorata anche dai dati numerici poiché il carpino bianco, comparato con la CA1 (più simile per composizione ed età degli individui di questa specie) mostra un rapporto V_c/N inferiore del 33%.

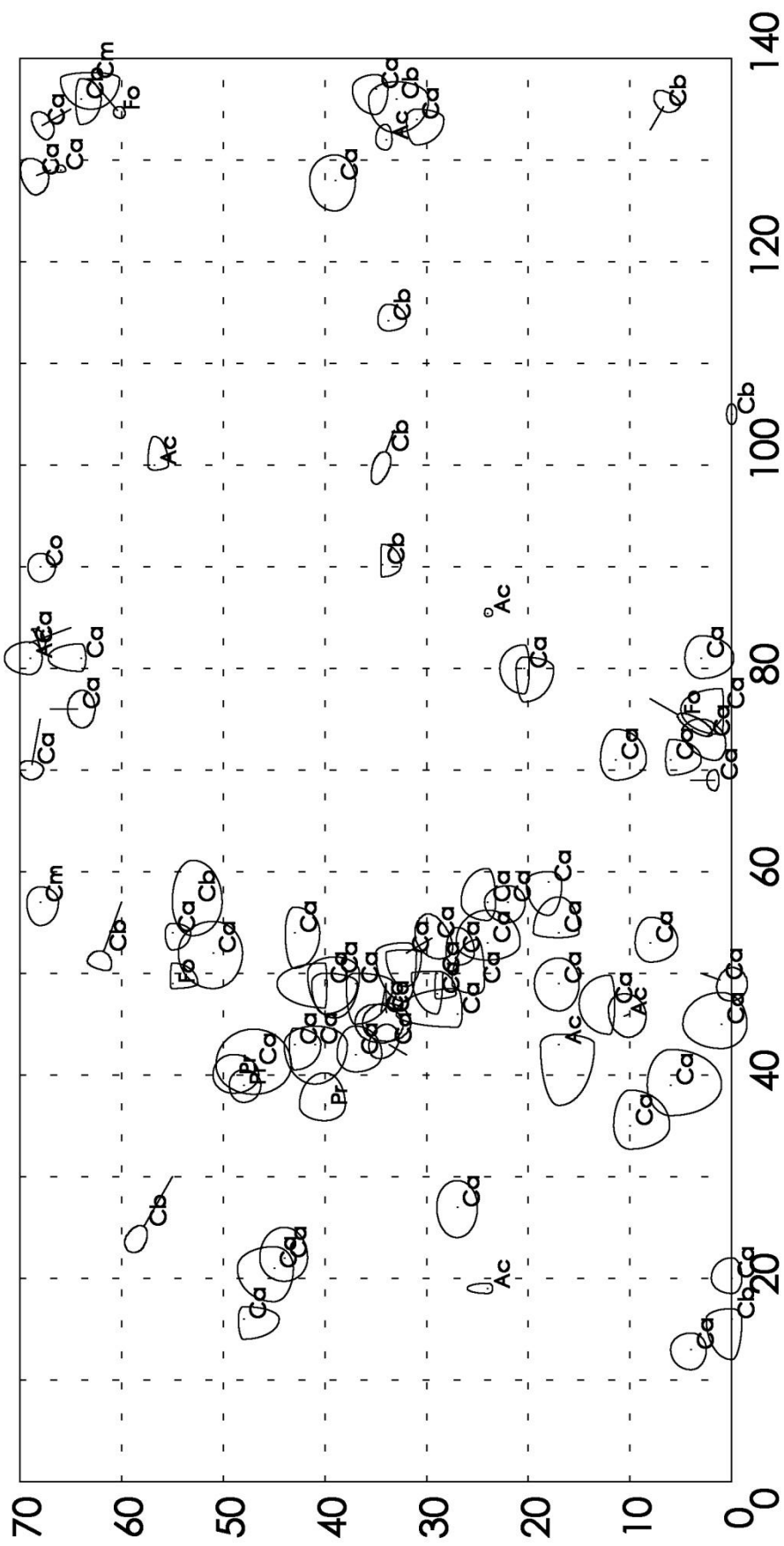


Figura 7.8 – Rappresentazione grafica della copertura nella CA2 (piante con $0\text{ m} < h \leq 10\text{ m}$)

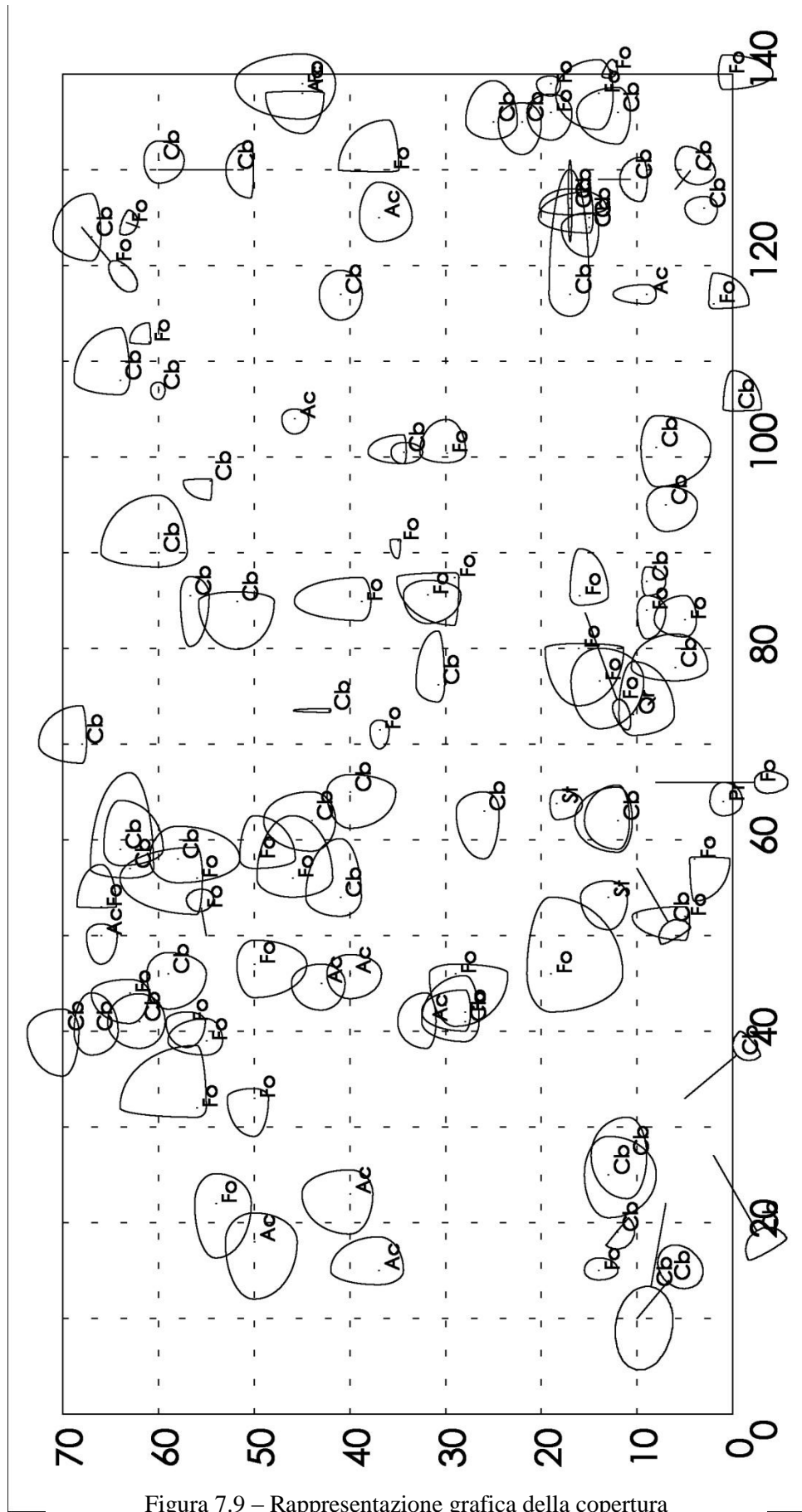


Figura 7.9 – Rappresentazione grafica della copertura
 nella CA2 (piante con $10\text{ m} < h \leq 20\text{ m}$)

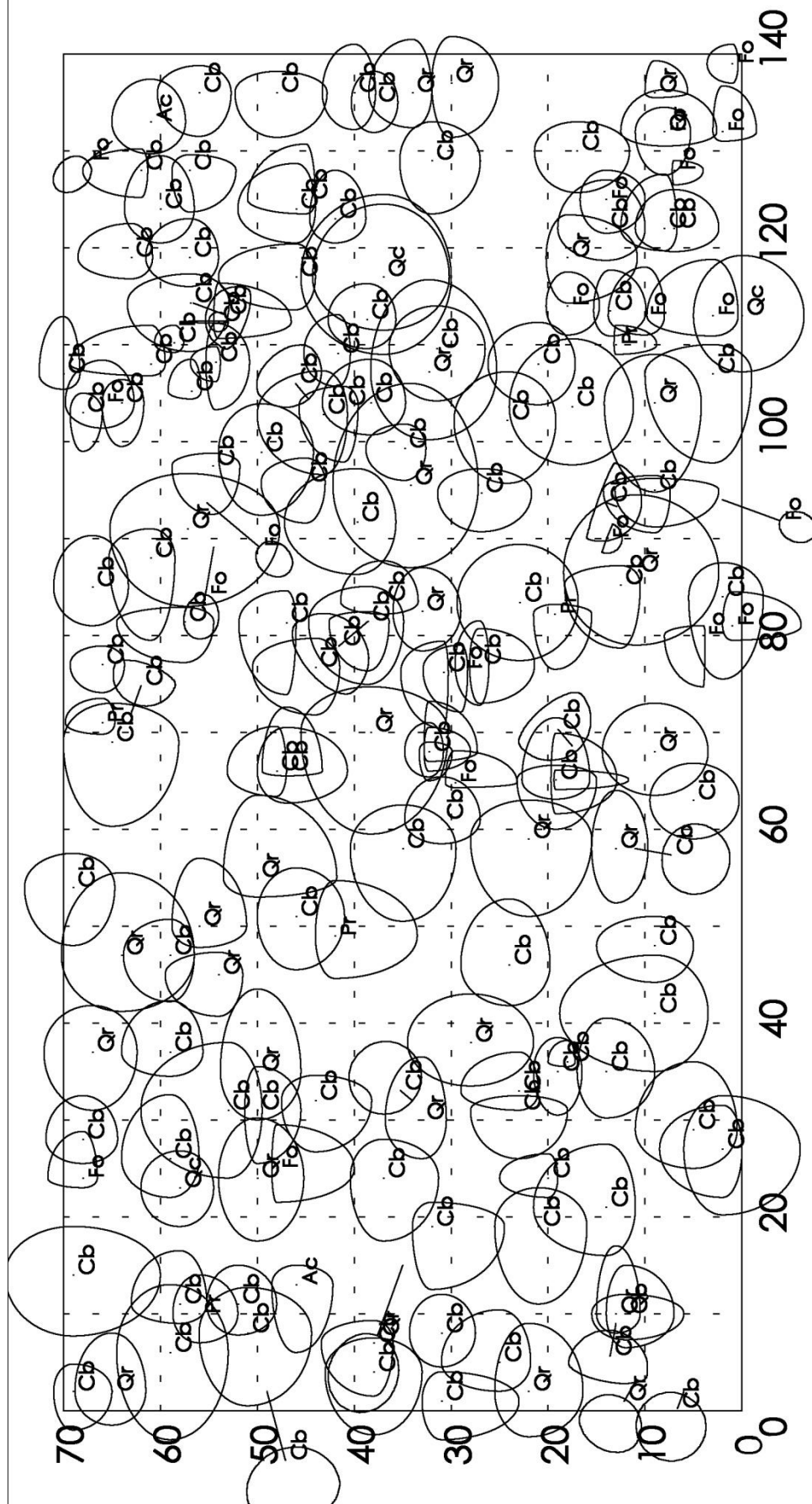


Figura 7.10 – Rappresentazione grafica della copertura
nella CA2 (piante con $h > 20$ m)

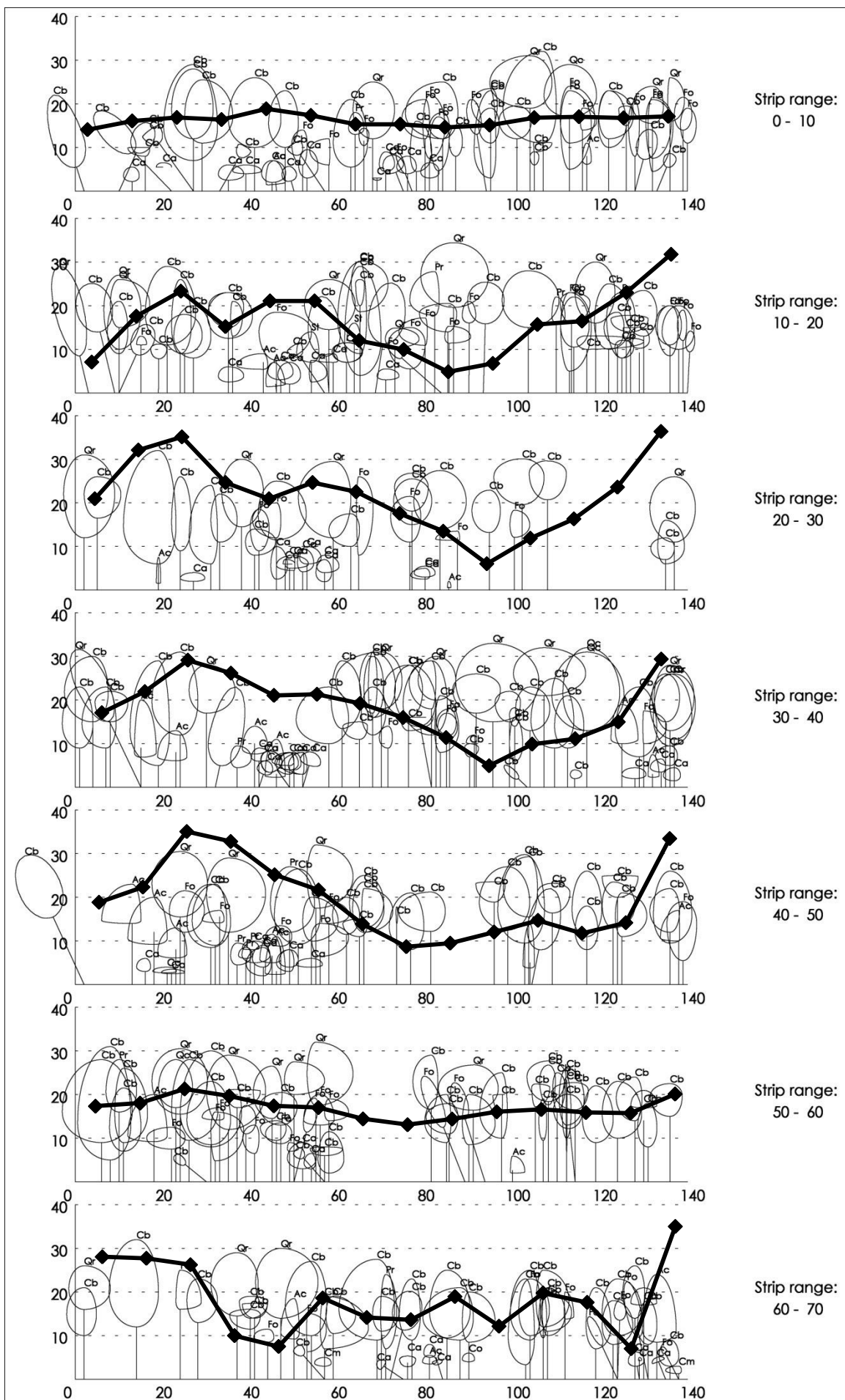


Figura 7.12 – Rappresentazione grafica dei profili CA2 e confronto con l'andamento del LAI

7.3. CORE AREA 3

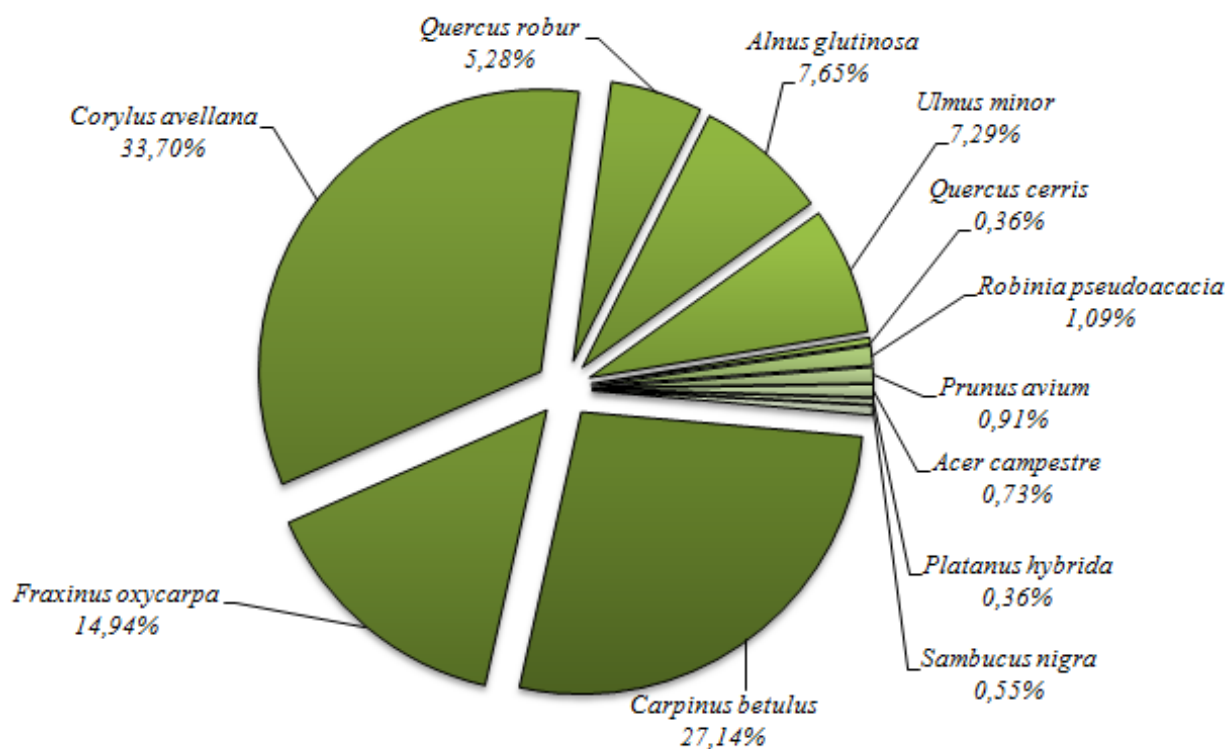


Figura 7.13 – Composizione della Core Area 3

Specie	N	V _c (m ³)	Area di insidenza (%)	Area di insidenza (m ²)
<i>Carpinus betulus</i>	149	69.654,89	29,79%	8.514,87
<i>Fraxinus oxycarpa</i>	82	75.365,61	26,42%	7.553,61
<i>Corylus avellana</i>	185	14.535,34	14,08%	4.026,06
<i>Quercus robur</i>	29	34.258,07	13,21%	3.775,42
<i>Alnus glutinosa</i>	42	11.182,43	7,65%	2.187,79
<i>Ulmus minor</i>	40	6.628,78	4,53%	1.295,03
<i>Quercus cerris</i>	2	4.440,11	1,12%	318,87
<i>Robinia pseudoacacia</i>	6	1.483,79	1,06%	302,08
<i>Prunus avium</i>	5	2.062,58	0,93%	267,21
<i>Acer campestre</i>	4	1.924,22	0,77%	220,3
<i>Platanus hybrida</i>	2	510,57	0,25%	70,22
<i>Sambucus nigra</i>	3	107,89	0,19%	55,49
Totale	549	222.154,27	100,00%	28.586,95

Tabella 7.9 – Distribuzione di frequenza delle specie e volume delle chiome ordinate secondo le relative aree di insidenza.

Specie	d _g (cm)	d _{min} (cm)	d _{max} (cm)	h _g (m)	h _{min} (m)	h _{max} (m)	G (m ²)	V (m ³)
<i>Carpinus betulus</i>	24,54	5,00	58,00	19,50	5,00	31,00	7,063	92,17
<i>Fraxinus oxycarpa</i>	43,35	7,00	69,00	31,00	7,00	34,00	12,180	202,31
<i>Corylus avellana</i>	8,08	5,00	15,00	8,50	2,00	16,00	0,972	5,31
<i>Quercus robur</i>	52,94	33,00	75,00	29,50	24,00	34,00	6,383	116,07
<i>Alnus glutinosa</i>	29,04	9,00	71,00	20,50	6,00	33,00	2,725	35,62
<i>Ulmus minor</i>	15,53	6,00	33,00	16,50	6,00	26,00	0,770	8,50

Tabella 7.10 – Parametri biometrici delle principali specie.

	Copertura (%)	LAI 4 (m ² /m ²)	LAI 5 (m ² /m ²)
media	94,12	3,29	3,08
min	91,86	2,74	2,57
max	96,96	4,28	4,02

Tabella 7.11 – Valori di *Leaf Area Index* e copertura determinati tramite fotografia emisferica

N/ha	G/ha (m ² /ha)	V/ha (m ³ /ha)
560	32,56	496,12

Tabella 7.12 – Parametri biometrici rapportati all'ettaro

La *Core Area* 3 si distingue dalle altre due CA innanzitutto perché è collocata nella parte nord-est del bosco, caratterizzata da condizioni edafiche mesoidriche che si riflettono direttamente sulla composizione: si passa dall'associazione *Polygonatum multiflori* – *Quercetum roboris* all'associazione *Carici elongatae* – *Alnetum glutinosae* (si veda il capitolo 3.4). In virtù di tali caratteristiche stazionali:

- si ha l'ingresso di due nuove specie legate alla presenza di acqua nel suolo: l'ontano nero ed il frassino meridionale, che costituiscono rispettivamente il 7,65% ed il 26,42% dell'area di insidenza totale delle chiome (tabella 7.9). Inoltre si ha la scomparsa dell'orniello date le diverse esigenze ecologiche. Anche l'acero campestre si riduce sensibilmente (figura 7.13).
- il carpino bianco diminuisce rispetto alle altre aree (figura 7.13), poiché è una specie che mal sopporta la sommersione e diventa meno competitiva in presenza di una maggior disponibilità idrica (Del Favero, 2004). Inoltre, mentre nelle altre aree il carpino bianco è nettamente dominante in termini di area di insidenza (55%), nella CA3 viene quasi raggiunto dal frassino meridionale, e superato sempre da quest'ultimo per quanto riguarda il volume delle chiome, nonostante abbia un effettivo maggiore (tabella 7.9).

- si ha un'aumentata partecipazione dell'olmo, specie tendenzialmente igrofila come spiegato nel capitolo precedente: rispetto alla CA1 ha un aumento di effettivo del 48%. Inoltre, dal confronto degli individui appartenenti alla medesima fascia diametrica ($6 \text{ cm} \leq d \leq 17 \text{ cm}$), nella CA3 l'olmo presenta una media delle altezze superiore di 1 metro, indice di condizioni stazionali più idonee per questa specie.

Sempre rispetto alle altre aree, la *Core Area 3* presenta la maggior area di insidenza totale, la maggior area basimetrica/ha ed il maggior volume legnoso/ha, nonostante non sia l'area più popolata (tabella 7.12).

Analizzando invece la dinamica di quest'area, le variazioni più significative riguardano:

- la morte di 5 individui di farnia che scende da 34 a 29 soggetti;
- lo spostamento delle chiome di circa un quarto degli individui di carpino bianco, ontano nero, olmo e della quasi totalità del frassino meridionale dallo strato intermedio allo strato superiore;
- la risalita di numerosi noccioli dallo strato inferiore allo strato intermedio.

Da questi avvenimenti risulta un mutamento della distribuzione verticale della copertura arborea, che risulta pressoché omogeneamente suddivisa nei tre strati (figura 7.18):

- lo strato inferiore con elevata presenza di nocciolo (146 piante), accompagnato da carpino bianco (28) ed olmo (14). Questo strato si presenta però più concentrato nella porzione settentrionale ed orientale dell'area;
- lo strato intermedio si presenta meno denso rispetto al passato (circa il 25% di piante in meno) dominato dal carpino bianco (74 piante);
- lo strato superiore si è arricchito grazie all'evoluzione sopra esposta, ed è dominato dal frassino meridionale (75 piante) seguito da carpino bianco (47) ed ontano nero (21).

La distribuzione orizzontale (figura 7.14, 7.15, 7.16, 7.17), è caratterizzata da:

- una copertura regolare colma, anche se si osserva una tendenza ad aggregarsi nella parte nord ed est dell'area, in particolare per le fasi giovanili e per gli individui adulti di frassino meridionale ed ontano nero;
- una tessitura fine, con l'eccezione della zona sud-ovest dell'area che, come già menzionato, è priva degli individui più giovani.

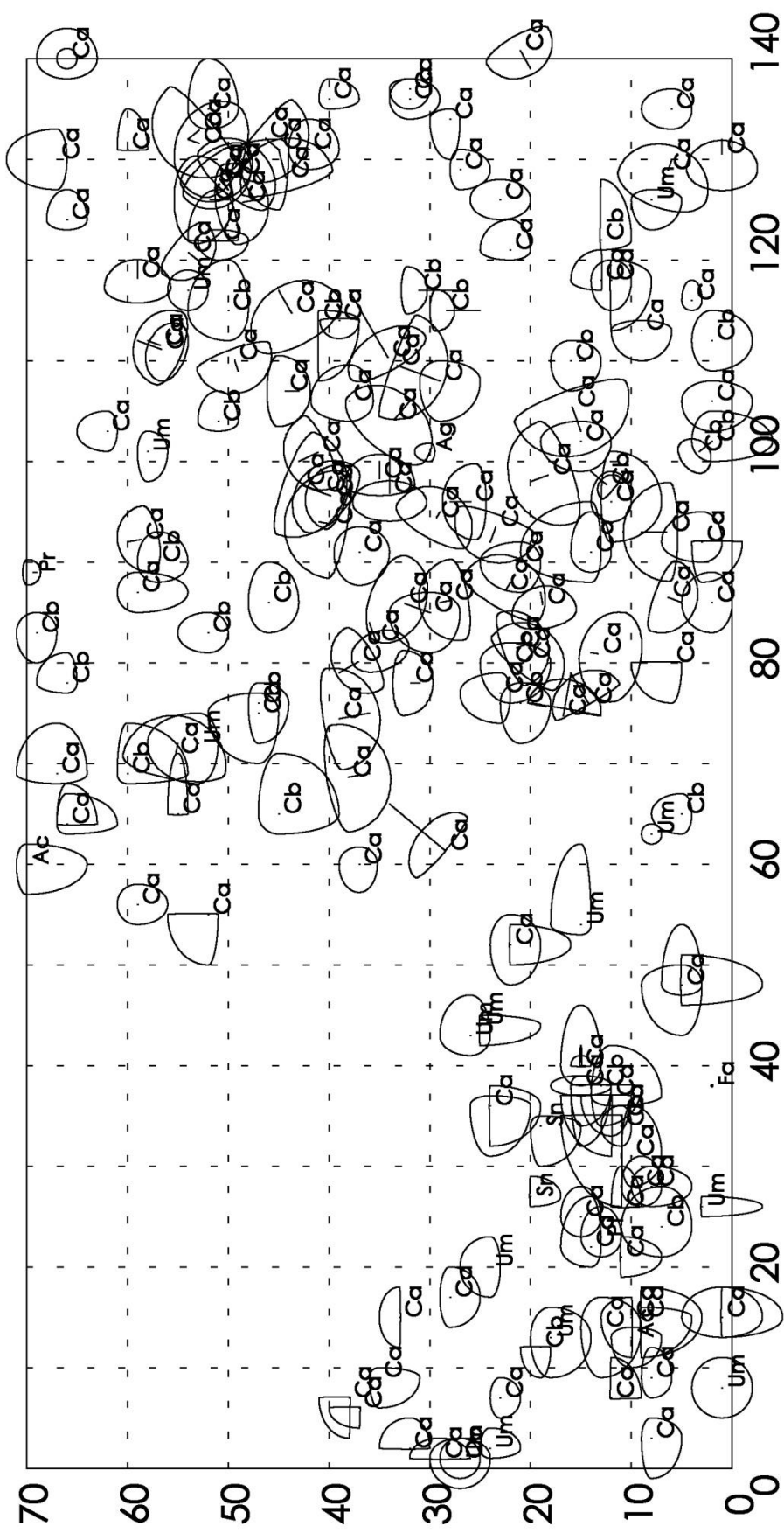


Figura 7.14 – Rappresentazione grafica della copertura nella CA3 (piante con $0\text{ m} < h \leq 10\text{ m}$)

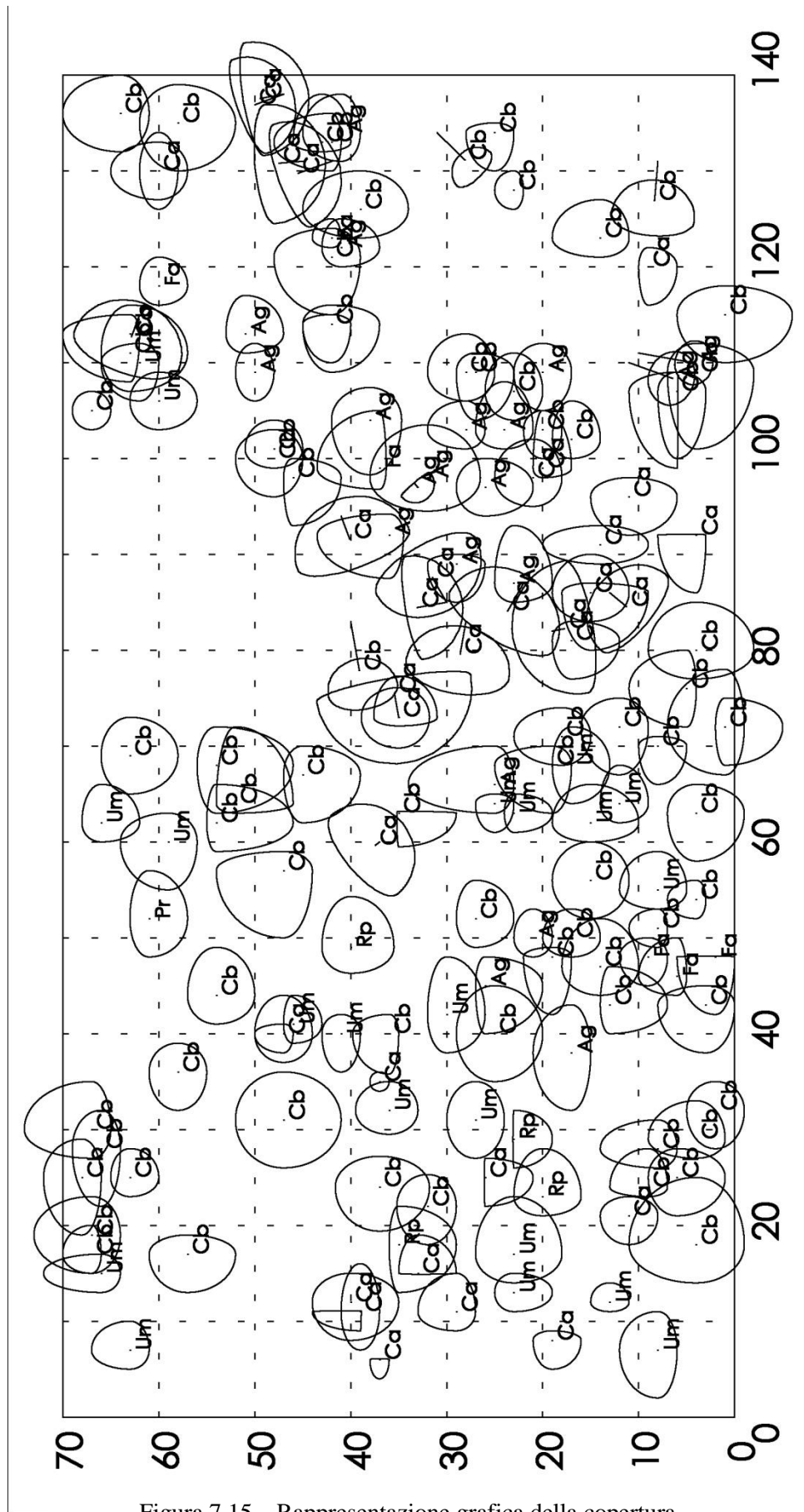


Figura 7.15 – Rappresentazione grafica della copertura
nella CA3 (piante con $10\text{ m} < h \leq 20\text{ m}$)

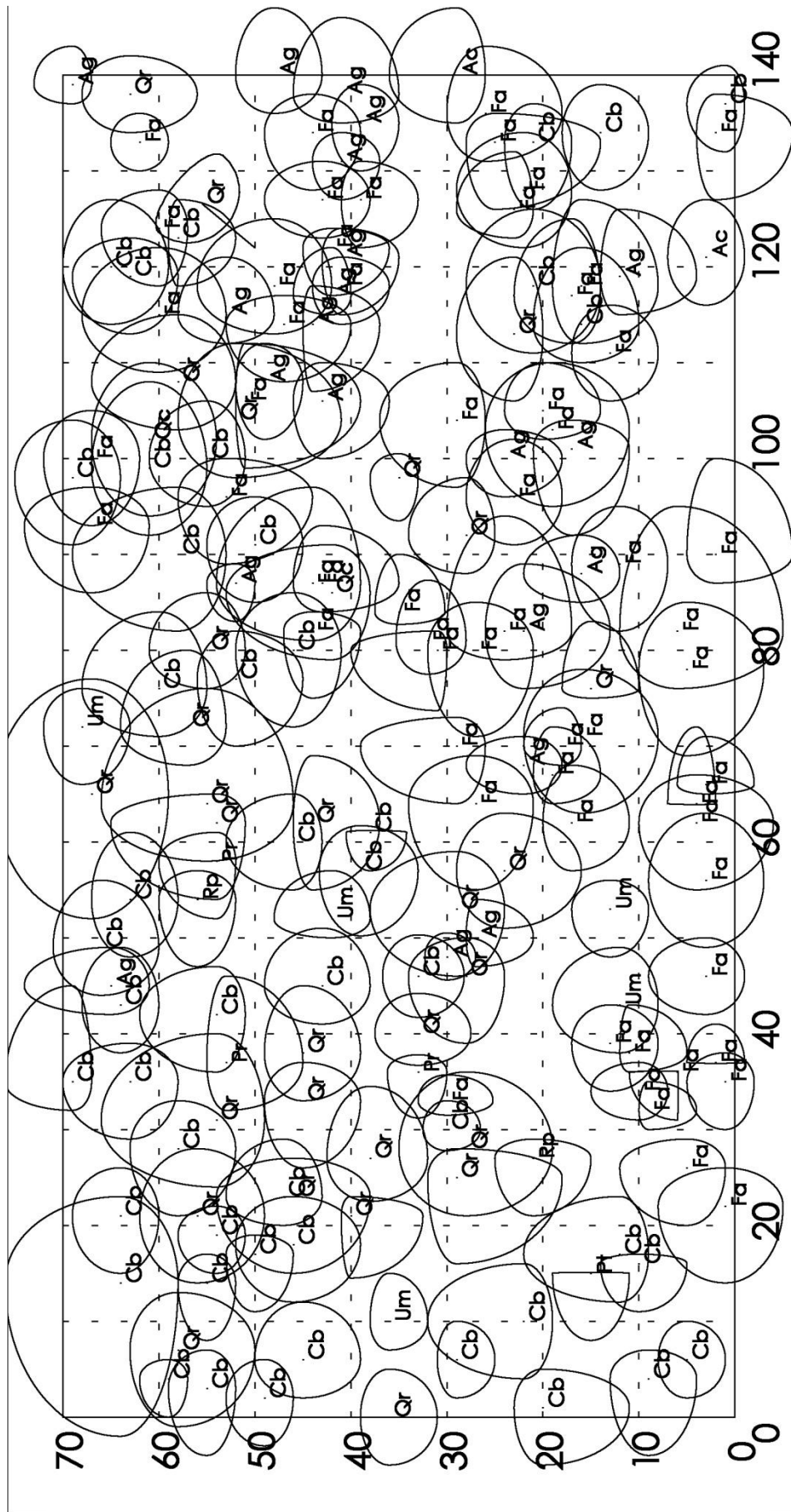


Figura 7.16 – Rappresentazione grafica della copertura
 nella CA3 (piante con $h > 20$ m)

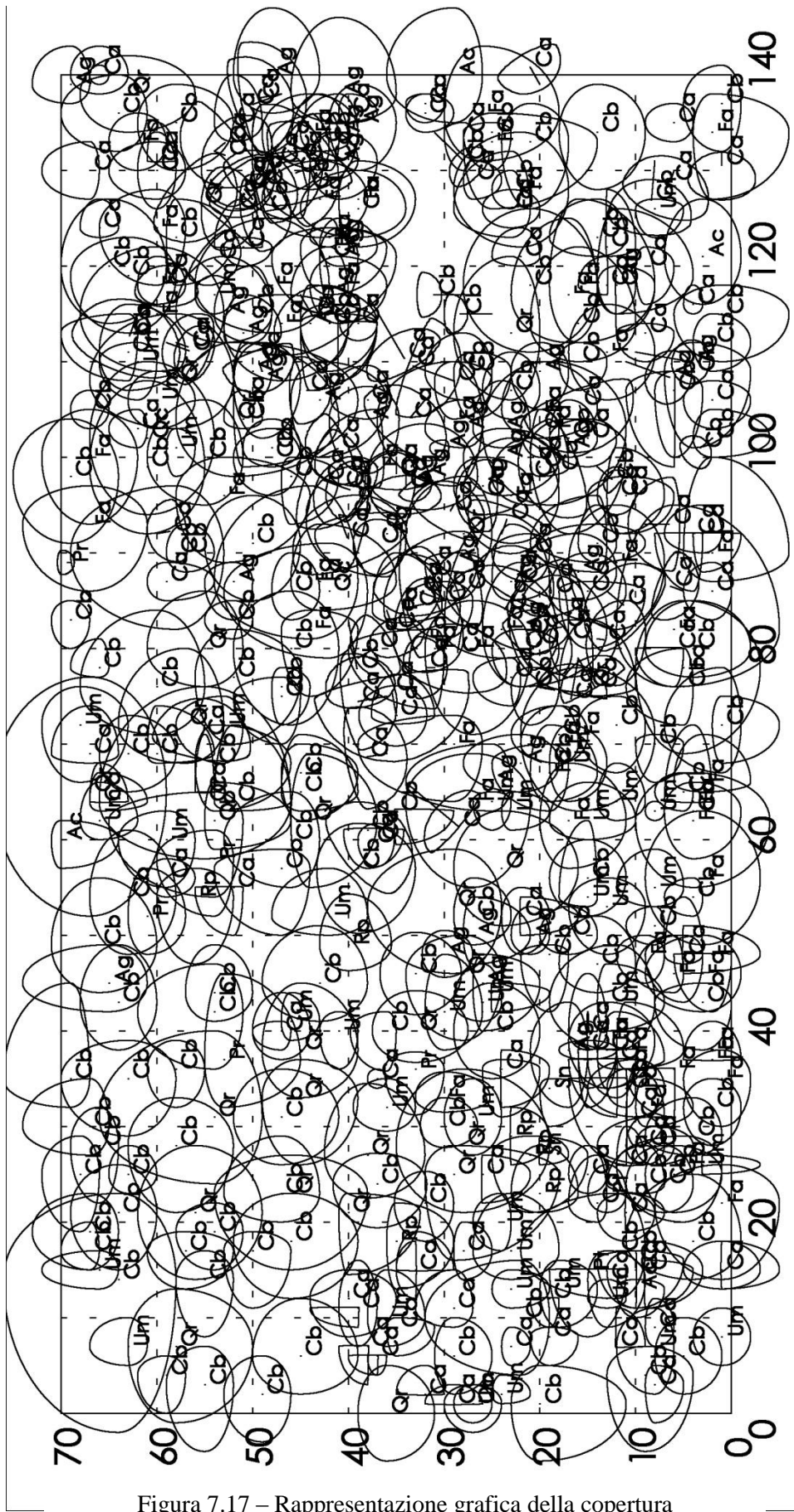


Figura 7.17 – Rappresentazione grafica della copertura
 nella CA3 (tutti gli strati di altezza)

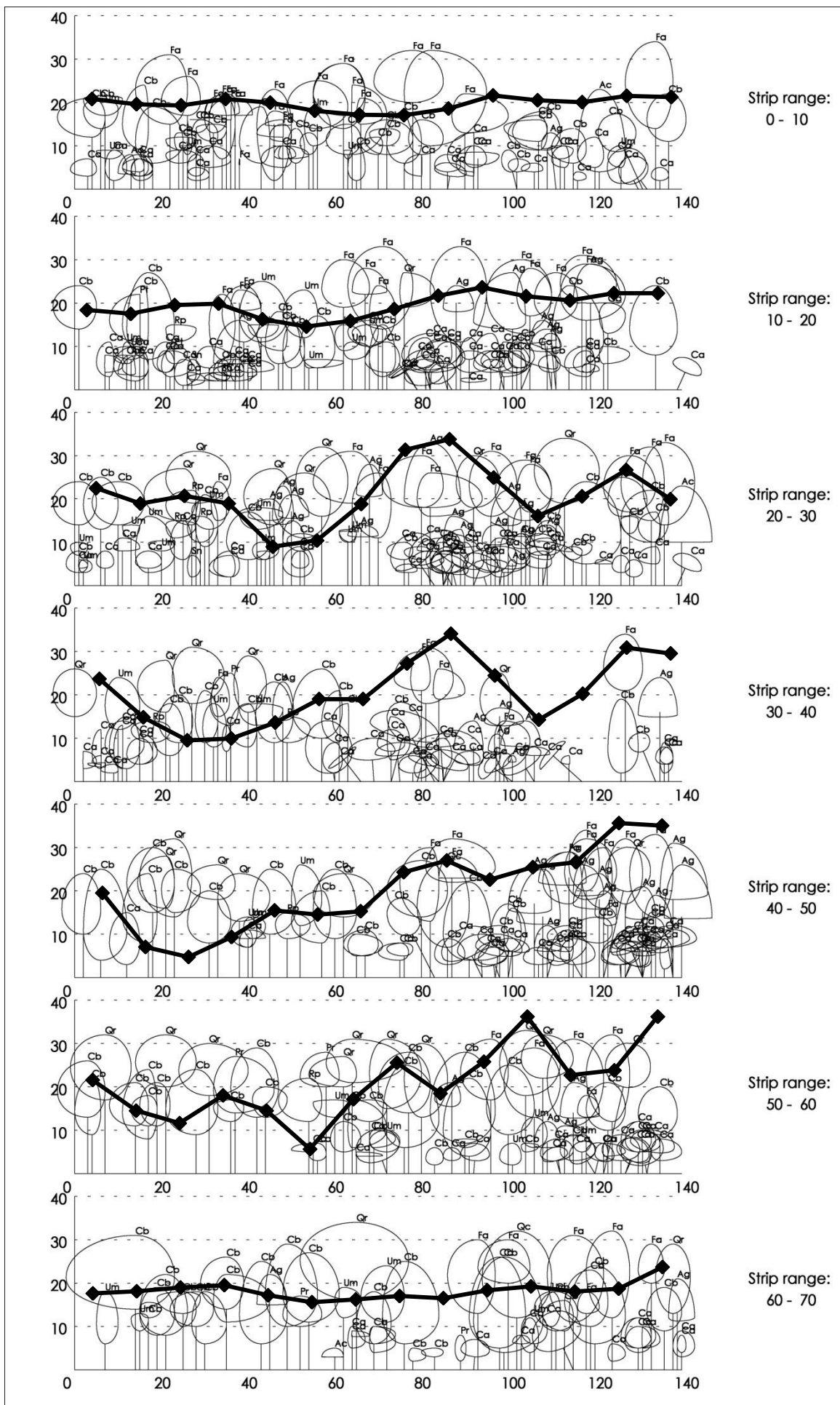


Figura 7.18 – Rappresentazione grafica dei profili CA3 e confronto con l'andamento del LAI

7.4. WOODY TRANSECT AREA 4, 5, 6

Specie WTA4	N	N (%)	V _c (m ³)	Area di insidenza (%)	Area di insidenza (m ²)
<i>Carpinus betulus</i>	9	18,00%	4.334,45	42,62%	469,16
<i>Corylus avellana</i>	19	38,00%	569,93	17,49%	192,54
<i>Quercus cerris</i>	2	4,00%	1.110,48	12,38%	136,25
<i>Quercus robur</i>	4	8,00%	618,1	9,56%	105,2
<i>Acer campestre</i>	3	6,00%	275,88	6,65%	73,24
<i>Fraxinus ornus</i>	4	8,00%	445,06	5,71%	62,9
<i>Prunus avium</i>	4	8,00%	124,25	2,74%	30,12
<i>Sambucus nigra</i>	4	8,00%	34,56	1,49%	16,37
<i>Sorbus torminalis</i>	1	2,00%	63,02	1,37%	15,1
Totale	50	100,00%	7.575,74	100,00%	1.100,89
Specie WTA5	N	N (%)	V _c (m ³)	Area di insidenza (%)	Area di insidenza (m ²)
<i>Carpinus betulus</i>	9	26,47%	3296,5	42,33%	434,78
<i>Quercus rubra</i>	3	8,82%	3385,55	29,62%	304,3
<i>Corylus avellana</i>	13	38,24%	383,67	16,43%	168,81
<i>Prunus avium</i>	2	5,88%	182,18	3,99%	40,94
<i>Alnus glutinosa</i>	2	5,88%	190,38	3,01%	30,91
<i>Quercus robur</i>	1	2,94%	97,43	1,73%	17,79
<i>Ulmus minor</i>	1	2,94%	25,04	1,16%	11,93
<i>Cornus mas</i>	2	5,88%	7,16	0,95%	9,73
<i>Sambucus nigra</i>	1	2,94%	6,02	0,78%	8,05
Totale	34	100,00%	7573,93	100,00%	1027,23
Specie WTA6	N	N (%)	V _c (m ³)	Area di insidenza (%)	Area di insidenza (m ²)
<i>Carpinus betulus</i>	16	36,36%	4.488,56	36,58%	669,72
<i>Quercus rubra</i>	6	13,64%	4.671,25	26,10%	477,75
<i>Corylus avellana</i>	14	31,82%	617,09	15,42%	282,39
<i>Platanus hybrida</i>	1	2,27%	1.208,82	7,95%	145,49
<i>Juglans nigra</i>	1	2,27%	947,57	5,94%	108,77
<i>Cornus mas</i>	1	2,27%	216,18	4,38%	80,12
<i>Quercus robur</i>	2	4,55%	166,42	1,88%	34,46
<i>Fraxinus ornus</i>	1	2,27%	55,4	1,05%	19,27
<i>Ulmus minor</i>	2	4,55%	15,99	0,70%	12,81
Totale	44	100,00%	12.387,27	100,00%	1.830,78

Tabella 7.13 – Distribuzione di frequenza delle specie e volume delle chiome ordinate secondo le relative aree di insidenza nelle tre WTA.

Specie WTA4	d _{avg} (cm)	d _{min} (cm)	d _{max} (cm)	h _{avg} (m)	h _{min} (m)	h _{max} (m)	G (m ²)	V (m ³)
<i>Carpinus betulus</i>	32,67	7,00	52,50	21,33	6,00	28	0,893	12,83
<i>Corylus avellana</i>	7,00	5,00	10,00	7,42	5,00	10	0,077	0,34
<i>Quercus cerris</i>	39,00	31,00	47,00	26,50	23,00	30	0,249	3,87
<i>Quercus robur</i>	26,13	5,00	58,00	15,75	5,00	26	0,361	5,53
<i>Acer campestre</i>	11,17	6,50	13,50	9,33	8,00	11	0,032	0,17
<i>Fraxinus ornus</i>	19,38	9,00	27,50	17,25	9,00	24	0,137	1,57
<i>Prunus avium</i>	9,63	6,00	18,00	10,50	8,00	15	0,037	0,25
<i>Sambucus nigra</i>	5,13	5,00	5,50	5,25	5,00	6	0,008	0,00
<i>Sorbus torminalis</i>	17,00	17,00	17,00	16,00	16,00	16	0,023	0,19
Totale							1,816	24,74
Specie WTA5	d _{avg} (cm)	d _{min} (cm)	d _{max} (cm)	h _{avg} (m)	h _{min} (m)	h _{max} (m)	G (m ²)	V (m ³)
<i>Carpinus betulus</i>	31,78	18,00	51,00	20,67	12,00	27,00	0,804	10,95
<i>Quercus rubra</i>	61,33	58,00	67,00	30,00	29,00	31,00	0,89	14,03
<i>Corylus avellana</i>	6,62	5,00	10,00	7,08	4,00	9,00	0,046	0,20
<i>Prunus avium</i>	18,00	6,00	30,00	17,50	10,00	25,00	0,074	0,93
<i>Alnus glutinosa</i>	35,50	25,00	46,00	27,50	26,00	29,00	0,215	3,26
<i>Quercus robur</i>	29,00	29,00	29,00	26,00	26,00	26,00	0,066	1,03
<i>Ulmus minor</i>	7,00	7,00	7,00	9,00	9,00	9,00	0,004	0,02
<i>Cornus mas</i>	7,50	6,00	9,00	3,50	3,00	4,00	0,009	0,02
<i>Sambucus nigra</i>	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	0,003	0,00
Totale							2,111	30,44
Specie WTA6	d _{avg} (cm)	d _{min} (cm)	d _{max} (cm)	h _{avg} (m)	h _{min} (m)	h _{max} (m)	G (m ²)	V (m ³)
<i>Carpinus betulus</i>	20,38	5,00	43,00	15,81	5,00	30	0,765	11,07
<i>Quercus rubra</i>	49,67	27,00	68,00	29,50	27,00	33	1,241	19,60
<i>Corylus avellana</i>	6,29	5,00	7,00	6,86	6,00	9	0,044	0,18
<i>Platanus hybrida</i>	57,00	57,00	57,00	32,00	32,00	32	0,255	4,74
<i>Juglans nigra</i>	56,00	56,00	56,00	31,00	31,00	31	0,246	4,24
<i>Cornus mas</i>	8,00	8,00	8,00	9,00	9,00	9	0,005	0,02
<i>Quercus robur</i>	22,50	20,00	25,00	23,00	18,00	28	0,081	1,17
<i>Fraxinus ornus</i>	27,00	27,00	27,00	14,00	14,00	14	0,057	0,43
<i>Ulmus minor</i>	7,00	6,00	8,00	6,00	5,00	7	0,008	0,03
Totale							2,702	41,47

Tabella 7.14 – Parametri biometrici suddivisi per specie nelle tre

	Copertura (%)	LAI 4 (m ² /m ²)	LAI 5 (m ² /m ²)	N/ha	G/ha (m ² /ha)	V/ha (m ³ /ha)	
media	93,80	3,24	3,11				
min	90,81	2,68	2,62	500	18,16	247,74	WTA4
max	95,64	4,17	4,28				
media	93,18	3,28	3,15				
min	76,69	1,54	2,25	340	21,11	304,40	WTA5
max	96,87	4,22	3,72				
media	94,28	3,35	3,09				
min	92,47	2,65	2,80	440	27,02	414,70	WTA6
max	96,13	3,90	3,54				

Tabella 7.15 – Valori di *Leaf Area Index* e copertura determinati tramite fotografia emisferica e parametri biometrici rapportati all'ettaro nelle tre WTA

La WTA4, pur essendo la più popolata, ha la minor area basimetrica/ha ed il minor volume legnoso/ha (tabella 7.15). Ciò è dovuto al fatto che buona parte della composizione è costituita da nocciolo e da piante con piccole classi diametriche (acero campestre, ciliegio). Questi giovani individui sono concentrati nella porzione nord dell'area (figure 7.19, 7.22), mentre gli esemplari di dimensioni maggiori (farnia, cerro, carpino, orniello) sono a sud.

In quest'area era stata effettuata nel 1994 una rinnovazione artificiale di farnia: venne piantato, proprio all'interno dell'area, un nucleo di circa trenta piantine, delle quali si prevedeva l'affermazione nel monitoraggio eseguito l'anno successivo (anche grazie alle ripuliture effettuate appositamente per favorirle). Nel rilievo del 2005, però, ne sono state ritrovate solo due in stato vegetativo, affiancate da due carpini bianchi con chiome ben più espanse, motivo per cui si ritiene che tale operazione non abbia avuto successo. Non si sono verificati ulteriori dinamismi significativi, se non la risalita del carpino bianco dallo strato intermedio a quello superiore. Inoltre, nel precedente monitoraggio ci si aspettava una risalita anche dei numerosi individui di ciliegio in fase giovanile dallo strato inferiore a quello intermedio, cosa che non si è verificata se non per un paio di soggetti nella parte meridionale dell'area (figura 7.22).

La WTA 5, all'opposto della precedente, è la meno popolata. Questo dato è riscontrabile anche nella copertura e nel LAI rilevati con fotografia emisferica (tabella 7.15): la copertura registra dei minimi del 77% circa, ed il LAI di 1,54 (i dati più bassi anche rispetto alle *Core*

Area). Inoltre, nonostante il minor effettivo, quest'area ha un volume legnoso/ha ed un'area basimetrica/ha superiore a quelli della WTA4, a segnalare la presenza di individui più vecchi. Infatti, anche osservando la rappresentazione grafica dell'area (figura 7.23) si nota che la distribuzione delle chiome è concentrata nei piani superiori, mentre è scarsa in quelli inferiori. Le operazioni di eradicazione della quercia rossa hanno creato grandi aperture soprattutto nella porzione nord dell'area, che è stata occupata dal nocciolo. Anche in questo caso non si osservano ulteriori importanti variazioni della copertura.

La WTA 6 mostra una distribuzione verticale intermedia rispetto alle altre due aree, con una buona presenza di individui sia nel piano superiore che in quello inferiore. In quest'area si raggiungono i massimi livelli di copertura e di LAI (tabella 7.15). Inoltre la WTA6 ospita il maggior numero individui di specie aliene: *Quercus rubra*, *Juglans nigra* e *Platanus hybrida*, che svolgono un ruolo importante nella copertura (in totale costituiscono circa il 40% dell'area di insidenza).

In quest'area, con la morte della quercia rossa, di una delle tre farnie, di alcune piante di orniello e carpino bianco ed olmo e la scomparsa del ciavardello, si è avuta un forte riduzione dell'effettivo. Si sono liberati degli spazi occupati dai rimanenti carpini, che hanno raddoppiato la propria presenza nel piano superiore, dove erano presenti con 3 individui. Nel complesso, quindi, si è verificata una riduzione della densità dell'area ed uno spostamento delle chiome dal piano intermedio al piano superiore (figura 7.24).

Restano ancora, comunque, alcune querce rosse nella WTA5 e WTA6 (tabella 7.13), mentre dovrebbero essere scomparse grazie al programma di eradicazione (capitolo 3.5.1). Queste piante, come si è osservato durante il sopralluogo, sono state cercinate ma sono ancora vive poiché hanno emesso polloni. Tuttavia, viste le pessime condizioni fitosanitarie che manifestano, non se ne esclude la morte "spontanea" nei prossimi anni.

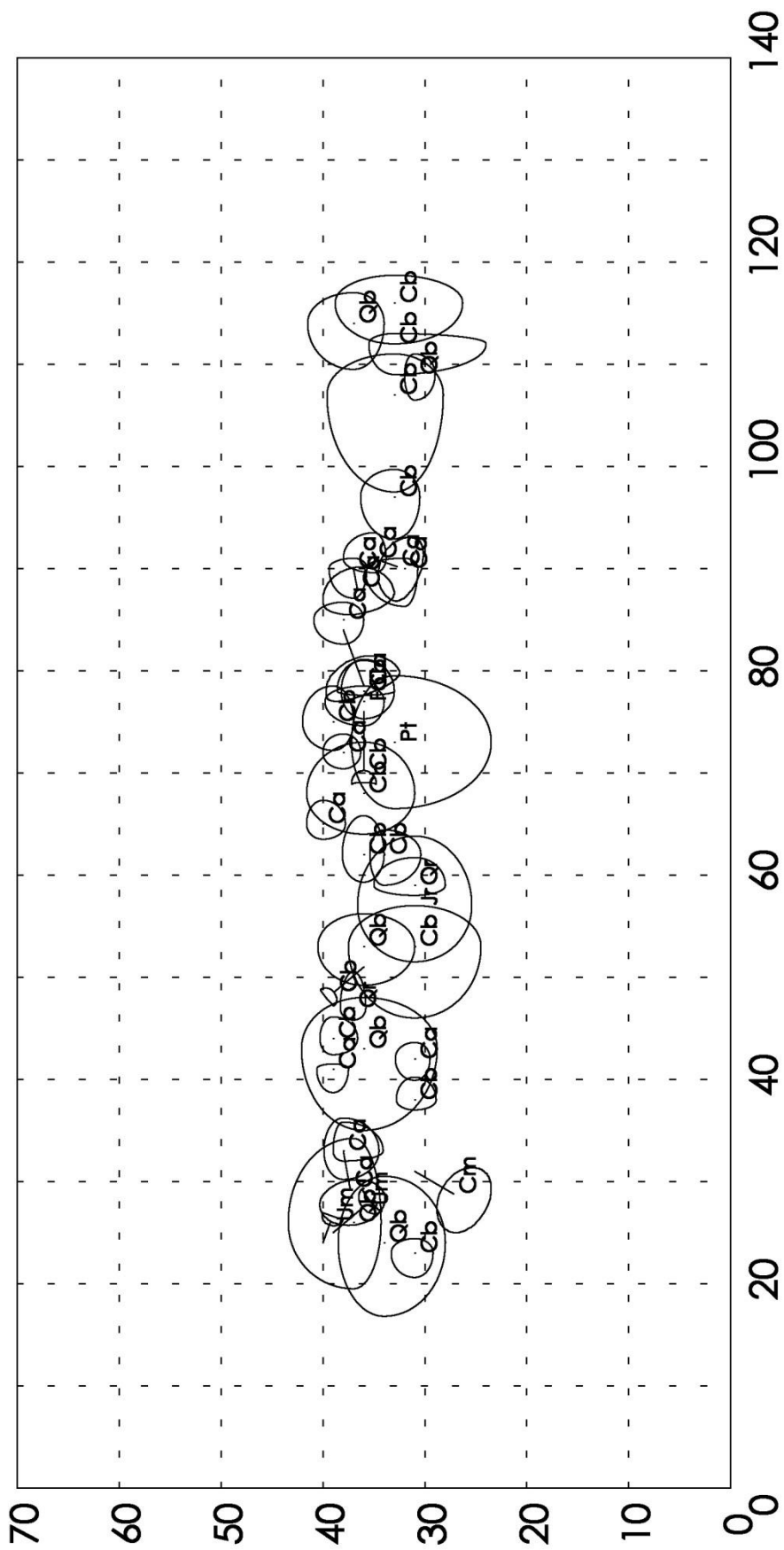


Figura 7.21 – Rappresentazione grafica della copertura nella WTA6 (tutti gli strati di altezza)

8. CONCLUSIONI

L'analisi della copertura arborea nelle aree di monitoraggio permanente del Bosco della Fontana ha permesso di ricavare delle importanti informazioni sullo stato del popolamento forestale nell'anno 2005, e di valutarne la dinamica attraverso il confronto con i dati rilevati nel 1995. Da tale analisi sono emerse le seguenti conclusioni:

- Si protrae ancora la fase di stabilizzazione e decadenza del bosco, risultante dall'invecchiamento del ceduo composto e dallo sviluppo delle specie più competitive (carpino bianco, frassino meridionale, orniello, ciliegio). La tendenza evolutiva più significativa del decennio intercorso è costituita da un complessivo spostamento delle chiome dallo strato intermedio a quello superiore ($h > 20$ m), con una conseguente variazione della distribuzione verticale della copertura. Anche la distribuzione orizzontale ha subito delle variazioni, in particolare nella CA1, dove le aperture causate dai disturbi del secolo scorso sono state colmate dagli apparati epigei degli alberi.

La copertura supera in media il 90% in tutte le aree, il LAI varia da 1,54 a 4,28 m^2/m^2 .

Il carpino bianco è la specie dominante, costituisce circa il 40-50% dell'area di insidenza totale delle chiome, ad eccezione della CA3 dove, a causa delle differenti caratteristiche stazionali, viene affiancato dal frassino meridionale.

- Il fenomeno di regressione della farnia viene confermato: complessivamente, nelle *Core Area* erano presenti 116 piante mature di questa specie che, sottraendo le 20 morte, si riducono a 96. La mancata rinnovazione pare essere legata, come già noto, alla minor competitività della farnia nei confronti del carpino bianco ed alla presenza di un fitto strato arbustivo invadente (costituito in particolare da rovo (*Rubus* spp.) pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.) e nocciolo). Inoltre la farnia manifesta segni di deperimento che ne peggiorano le condizioni fitosanitarie.

Alla luce degli obiettivi gestionali della riserva (capitolo 3.5.1) si ritiene necessaria una tempestiva applicazione delle strategie proposte dal piano di gestione, con interventi a scopo conservativo della specie *Quercus robur* (ad esempio tramite i previsti allagamenti controllati). In mancanza delle suddette operazioni si prevede la prosecuzione dell'attuale direzione evolutiva, con il sopravvento del carpino bianco e l'eliminazione della farnia.

- Il programma di eradicazione delle specie aliene si è dimostrato efficace, anche se si rende necessaria una verifica della buona riuscita degli interventi in quanto, in alcuni casi, si è avuta la rinnovazione agamica dovuta alla capacità pollonifera delle specie cercinate.
- La CA2 sembrerebbe avere una condizione edafica inadeguata a rappresentare il quercocarpinetto tipico. Tale tipologia di bosco dovrebbe infatti possedere caratteristiche mesiche ma numerose evidenze indicano, al contrario, una tendenza xerica del sito: minor vigore delle piante, sottobosco scarso, presenza consistente di specie xerofile e riduzione delle specie meno efficienti nell'uso dell'acqua. A questo proposito sono stati consultati anche i rilievi piezometrici che vengono eseguiti periodicamente in corrispondenza delle aree di monitoraggio, e la falda acquifera è risultata circa mezzo metro più superficiale nell'area in questione rispetto a quelle ubicate nella parte settentrionale della riserva. Nonostante questo elemento possa sembrare a favore delle condizioni mesiche del substrato, si ipotizza invece che questa situazione abbia portato alla formazione dell'orizzonte petrocalcico menzionato nel capitolo 3.3 ad una quota più elevata nel suolo, limitando ancor di più lo spazio esplorabile dagli apparati radicali. Si consiglia dunque compiere un'indagine geopedologica mirata a verificare tale ipotesi, al fine di ottenere un miglior inquadramento stagionale delle aree di monitoraggio.

Essendo la prima volta che i rilievi del monitoraggio vengono confrontati con i precedenti, nonché la prima volta che viene sperimentato l'abbinamento dei dati ricavati alle fotografie emisferiche, è doveroso dare un giudizio sui metodi utilizzati, ed in particolare:

- Monitoraggio della dinamica: le tecniche ed i parametri utilizzati per questo scopo si sono dimostrati validi per la descrizione delle caratteristiche strutturali del bosco e per fornire elementi utili alla valutazione dello stato vegetativo del popolamento.

La ricchezza ed accuratezza dei dati rilevati permette di eseguire uno studio approfondito e di acquisire le informazioni necessarie per avere una visione sufficientemente dettagliata delle formazioni boschive.

Nello specifico, la possibilità di ottenere delle rappresentazioni grafiche della copertura costituisce un pratico strumento descrittivo delle aree, di interpretazione più immediata rispetto ai dati numerici.

E' preferibile, per i futuri monitoraggi, utilizzare la medesima soglia di cavallettamento, per poter effettuare una più concreta comparazione dei dati.

Inoltre, considerando che tra gli obiettivi del monitoraggio vi è quello di rendere possibile il confronto con altre foreste, si suggerisce di integrare i dati utilizzati nella precedente e nelle future analisi con i parametri che sono stati aggiunti in questo lavoro (d_g , h_g , G/ha, V/ha, N/ha) poiché, essendo di uso comune in campo forestale ed avendo uno specifico significato dendrometrico, contribuiscono alla descrizione del popolamento e ne semplificano la comparazione con altre realtà.

- Fotografie emisferiche: il calcolo della copertura percentuale può essere un arricchimento dei dati ricavati dal monitoraggio, mentre il *Leaf Area Index* non ha trovato particolare applicazione se non come indicazione a sé stante dell'intensità di copertura.

Il confronto dell'andamento del LAI 4° anello con la distribuzione verticale delle chiome ha mostrato una buona corrispondenza ma, talvolta, è risultato essere piuttosto impreciso: in presenza di un'abbondante vegetazione arbustiva le fotografie non sono sempre in grado di riprodurre la reale distribuzione spaziale delle chiome.

Infatti, i rami bassi si sovrappongono all'obiettivo fotografico alterando i valori calcolati, che risultano elevati in punti maggiormente scoperti (si osservi, ad esempio, il confronto dell'andamento del LAI con i profili della CA2, figura 7.12: nella terza e nella sesta fascia, rispettivamente tra 110-130 m e tra 60-80 m).

Per questo motivo si ritiene che l'uso della fotografia emisferica sia poco indicato all'interno di foreste pluristratificate come Bosco della Fontana.

9. BIBLIOGRAFIA

Agostini R., 1965, *Il bosco Fontana a Mantova: considerazioni geobotaniche e selvicolturali*, L'Italia Forestale e Montana 3: 123-137

Anderson M.C., 1964, *Studies of the woodland light climate I: the photographic computation of light condition*, J. Ecol., 52: 27-41

Andreatta G., 2001, *Lineamenti fitosociologici, carta della vegetazione e problemi gestionali del Bosco della Fontana (Marmirolo – MN)*, Tesi di Laurea, Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Università degli Studi de L'Aquila

Bellumè M., Maugeri M., Mazzucchelli E., 1998, *Due secoli di osservazioni meteorologiche a Mantova*, Edizioni CUSL, Milano, pp. 124

Bogliani G. e Furlanetto D., 1995, *Il Parco del Ticino*, Musumeci Editore, Quart, pp. 111

Bonisoli M., 1985, *La Riserva Naturale Orientata "Bosco Fontana" (Mantova)*, Tesi di Laurea in Scienze Naturali, Università degli Studi di Padova, Anno Accademico 1984-1985

Bréda N., Soudani K., Bergonzini J.C., 2002, *Mesure de l'indice foliaire en forêt*, Paris, ECOFOR

Bréda N., 2003, *Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies*, Journal of Experimental Botany, Vol. 54, No. 392

Calvo E., Ducci F., Sartori F., 2000, *Diversità bioecologica e gestione di piccole popolazioni di Quercus robur L.*, SISEF, Atti II Convegno, Bologna, 235-242

Campanaro A., Hardersen S., Mason F., 2007, *Piano di Gestione della Riserva Naturale e Sito Natura 2000 "Bosco della Fontana"*. Quaderni Conservazione Habitat, 4. Cierre Edizioni, Verona, pp. 221

Cappelli M., 1991, *Elementi di selvicoltura generale. Governo, trattamento e cure colturali ai boschi*, II ed., Edagricole

Cavalli R. e Mason F., 2003, *Tecniche di ripristino del legno morto per la conservazione delle faune saproxiliche. Il progetto LIFE Natura NAT/IT/99/6245 di "Bosco della Fontana"*

(Mantova, Italia). Rapporti scientifici 2. Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale Verona – Bosco della Fontana, Arcari Editore, Mantova, pp. 112

Cattaneo D., Semenzato P, Stevanato M., 1992, *Cenni storici sul deperimento della farnia in Europa. Rassegna di scritti e ricerche*, Atti Ist. Ecologia e Selvicoltura, Università degli Studi di Padova, vol. VI, n.4, 89-119

Chan S.S., McCreight R.W., Walstad J.D., Spies T.A., 1986, *Evaluating forest vegetative cover with computerized analysis of fisheye photographs*, Forest Sci. 32, 1085–1091

Cutini A. e Mercurio R., 1995, *Note sulla distribuzione e sull'ecologia della rovere (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) nell'Italia Centrale*, Linea Ecologica, n. 3, 12-15

Del Favero R., 2002, *I tipi forestali della Lombardia*, Progetto Strategico 9.1.6, Cierre Edizioni, pp. 509

Del Favero R., 2004, *I boschi delle regioni alpine italiane*, CLEUP, Padova, pp. 599

Diaci J. e Thormann J.J., 2002, *Ein Vergleich verschiedener Lichtmessmethoden in Buchennaturwäldern Sloweniens aus verjüngungsökologischer Sicht*. Schweiz, Z. Forestwes, 153, 39–50

Evans G. e Coombe D., 1959, *Hemispherical and woodland canopy photography and the light climate*, J. Ecol., 47: 103-113

Frazer G.W., Canham C.D., Lertzman K.P., 1999, *Gap light analyzer (GLA): imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs. Users Manual and Program Documentation*, Version 2.0, Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York, p.36

Frazer G.W., Fournier R.A., Trofymow J.A., Hall R.J., 2001, *A comparison of digital and film fisheye photography for analysis of forest canopy structure and gap light transmission*, Agric. For. Meteorol. 109, 249–263

Gianelle D., Travaglini D., Mason F., Minari E., Chirici G., Chemini C. 2007, *Canopy analysis and dynamics of a floodplain forest*. Rapporti scientifici 3. Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale Verona – Bosco della Fontana, Cierre Grafica Editore, Verona, pp. 96

- Gower S.T. e Norman J.M., 1991, *Rapid estimation of leaf area index in conifer and broad leaf plantations*, Ecology 72, 1896-1900
- Grassi G., Minotta G., Palazzini M., Pinzauti S., Bagnaresi U., 1997, *Osservazioni sull'ecologia della rinnovazione naturale di farnia (Quercus robur L.) nel bosco della Fontana*, Atti I Congresso SISEF, Legnaro, 4-6 Giugno, 207-212
- Hofmann A., 1966, *Bosco della Fontana. Piano di Assestamento per il decennio 1966-75*, Azienda di Stato per le Foreste Demaniali (dattiloscritto inedito)
- Hofmann A., 1981, *Ecologia degli ambienti golenali e il querceto planiziario "Bosco Fontana"*, Notiziario della Società Italiana di Fitosociologia 17: 1-9
- Jonckheere I., Fleck S., Nackaerts K., Muys B., Coppin P., Weiss M., Baret F., 2004, *Review of methods for in situ leaf area index determination. Part I: Theories, sensors and hemispherical photography*, Agricultural and Forest Meteorology, 121, 19-35
- Koop H., 1989, *Forest Dynamics: SILVI-STAR. A Comprehensive Monitoring System*, Springer Berlin Haiderberg New York
- Korpel Š., 1995, *Die Urwälder der Westkarpaten*, Gustav Fisher Verlag., Stuttgart, Jena, New York, pp. 310
- Le Dantec V., Dufrêne E., Saugier B., 2000, *Interannual and spatial variation in maximum leaf area index of temperate deciduous stands*, Forest Ecology and Management, 134, 71-81
- Lee Y.J., Alfaro R.I., Van Sickle G.A., 1983, *Tree-crown defoliation measurement from digitized photographs*, Can. J. Forest Res. 13, 956-961
- Luisi N., Lerario P., Bianco M.C., 1996, *Botryosphaeria stevensii: patogenicità su querce e sua attività fitotossica*, Italia Forestale e Montana, n. 4, 250-263
- Machado J.L. e Reich P.B., 1999, *Evaluation of several measures of canopy openness as predictors of photosynthetic photon flux density in deeply shaded conifer-dominated forest understory*, Can. J. Forest Res. 29, 1438-1444
- Mason F. e Ferrari G., 2000, *Forest Monitor 1.0 – Monitoraggio della dinamica forestale e del compartimento del legno morto – Manuale d'uso*, Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Foreste Demaniali, Verona

- Mason F., 2001, *Problematiche di conservazione e gestione*. In: Le foreste della Pianura Padana, Quaderni Habitat, Museo Friulano di Storia Naturale, Udine, 91-137
- Mason F., 2004, *Dinamica di una foresta della Pianura Padana. Bosco della Fontana*. Primo contributo 1995. Seconda edizione con Linee di gestione forestale. Rapporti scientifici 1. Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale Verona – Bosco della Fontana, Arcari Editore, Mantova, pp. 224
- Matta E., 2006, *Caratterizzazione del ciclo fenologico di Larix decidua mediante misure di campo e immagini satellitari*, Tesi di Laurea in Scienze e Tecnologie per l’Ambiente, Università degli Studi Milano Bicocca, Anno Accademico 2005-2006
- Nobis M. e Hunziker U., 2005, *Automatic thresholding for hemispherical canopy-photographs based on edge detection*, Agricultural and Forest Meteorology, 128, 243-250
- Nola P., 1991, *Dendrocronologia di Quercus robur L. nella valle sub lacuale del fiume Ticino*, Tesi Dottorato di ricerca in Sistematica ed ecologia vegetale geobotanica, Università di Pavia, pp.203
- Persico G., 1998, *Guida alla flora di Bosco della Fontana*, Novastampa, Verona, pp. 311
- Pignatti S., 1953, *Introduzione allo studio fitosociologico della pianura veneta orientale con particolare riguardo alla vegetazione litoranea*, Arch. Bot. 28: 265-329; 29: 1-25, 65-98, 129-174
- Ragazzi A., 1991, *Stato attuale delle conoscenze sulle malattie delle querce in Italia*. In: Aspetti fitopatologici delle querce, Atti Conv. “Problematiche fitopatologiche del genere Quercus in Italia”, Firenze, 19-20 Novembre 1990, 37-43
- Rich P.M., 1990, *Characterizing plant canopies with hemispherical photographs*, Remote Sens. Rev., 5, 13-29
- Sartori F., 1998, *Uso della fitosociologia in aree protette lombarde. Il piano dei boschi del Parco Lombardo della Valle del Ticino*, Arch. Geobot., IV. 7-20
- Sartori F. e Bracco F., 1995, *Flora e vegetazione del Po*, Quaderni Acc. Sc. Torino, 139-191

Saugier B., Roy J., Mooney H.A., 2001, *Estimations of global terrestrial productivity: converging toward a single number?* In Roy J., Saugier B. e H. A. Mooney, 2001, "Terrestrial Global Productivity", Academic Press, San Diego

Shultze E.D., 1982, *Plant life forms and their carbon, water and nutrient relations*, In: Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, vol. 12B, Springer-Verlag, Berlin, pp. 615-676

Smith F. W., Sampson D. A., Long J. N., 1991, *Comparison of leaf area index estimates from tree allometrics and measured light interception*, Forest Science 37, 1682-1688

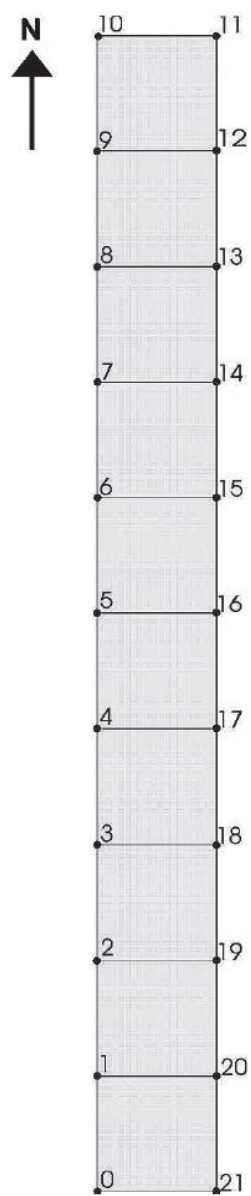
Smith T.M. e Smith R.L., 2009, *Elementi di Ecologia*, Pearson Benjamin Cummings, pp.728

Watson D.J., 1947, *Comparative physiological studies in the growth of field crops I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years*, Ann. Bot. 11, 41-76

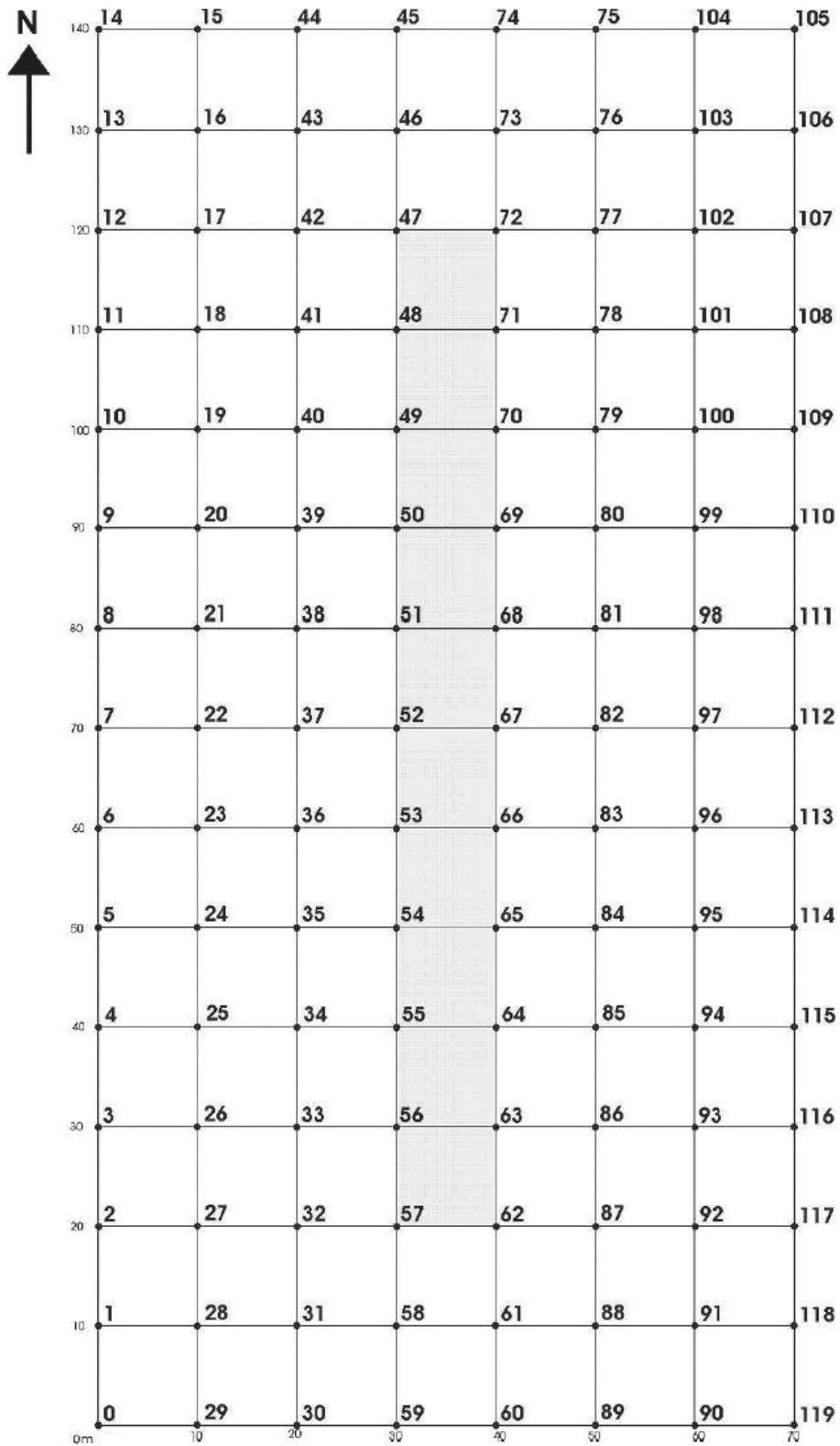
ALLEGATO A

DISPOSIZIONE DEI PUNTI NELLE AREE DI MONITORAGGIO

WTA 4 – WTA 5 – WTA 6



CA 1 – CA 2 – CA 3



ALLEGATO B

VALORI DI THRESHOLD CORE AREA 1

Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.
0	177	20	183	40	180	60	183	80	184	100	184
1	174	21	187	41	190	61	175	81	182	101	184
2	178	22	181	42	182	62	173	82	180	102	184
3	173	23	183	43	179	63	176	83	177	103	179
4	180	24	180	44	188	64	182	84	182	104	181
5	179	25	176	45	183	65	176	85	182	105	182
6	171	26	175	46	181	66	178	86	171	106	177
7	180	27	175	47	182	67	179	87	181	107	187
8	178	28	173	48	181	68	187	88	176	108	181
9	180	29	178	49	195	69	179	89	179	109	182
10	179	30	173	50	187	70	181	90	180	110	184
11	176	31	173	51	183	71	187	91	181	111	184
12	178	32	175	52	176	72	184	92	184	112	180
13	182	33	173	53	179	73	178	93	182	113	180
14	183	34	177	54	187	74	187	94	186	114	180
15	181	35	184	55	184	75	184	95	176	115	179
16	184	36	178	56	173	76	179	96	180	116	183
17	178	37	178	57	175	77	180	97	181	117	183
18	171	38	176	58	175	78	184	98	184	118	182
19	184	39	183	59	173	79	184	99	186	119	179

VALORI DI THRESHOLD WOODY TRANSECT AREA 4

Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.
0	180	7	171	14	168
1	176	8	171	15	184
2	174	9	173	16	174
3	179	10	176	17	181
4	176	11	173	18	173
5	184	12	175	19	180
6	175	13	173	20	175
				21	174

VALORI DI THRESHOLD CORE AREA 2

Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.
0	187	20	187	40	179	60	182	80	183	100	182
1	182	21	187	41	188	61	186	81	186	101	189
2	178	22	184	42	183	62	182	82	186	102	183
3	181	23	183	43	182	63	175	83	176	103	186
4	176	24	187	44	180	64	179	84	184	104	182
5	182	25	179	45	180	65	183	85	179	105	179
6	184	26	184	46	186	66	183	86	181	106	186
7	180	27	171	47	186	67	187	87	184	107	179
8	187	28	184	48	189	68	181	88	191	108	173
9	184	29	183	49	182	69	181	89	180	109	183
10	148	30	181	50	186	70	183	90	182	110	186
11	187	31	181	51	181	71	191	91	186	111	179
12	183	32	175	52	186	72	183	92	184	112	179
13	182	33	174	53	181	73	184	93	181	113	182
14	180	34	176	54	183	74	182	94	186	114	220
15	180	35	183	55	173	75	183	95	183	115	181
16	186	36	187	56	176	76	183	96	182	116	180
17	186	37	186	57	176	77	183	97	187	117	183
18	188	38	188	58	180	78	182	98	183	118	187
19	181	39	190	59	183	79	186	99	184	119	177

VALORI DI THRESHOLD WOODY TRANSECT AREA 5

Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.
0	189	7	195	14	170
1	182	8	143	15	189
2	181	9	126	16	174
3	184	10	162	17	182
4	184	11	184	18	184
5	188	12	199	19	181
6	181	13	187	20	186
				21	183

VALORI DI THRESHOLD CORE AREA 3

Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.
0	184	20	184	40	184	60	182	80	181	100	183
1	186	21	182	41	184	61	176	81	187	101	180
2	186	22	184	42	182	62	186	82	184	102	183
3	188	23	181	43	178	63	181	83	182	103	180
4	181	24	180	44	181	64	188	84	182	104	184
5	182	25	184	45	183	65	180	85	186	105	188
6	181	26	184	46	175	66	184	86	184	106	180
7	183	27	184	47	182	67	182	87	178	107	178
8	183	28	183	48	181	68	184	88	180	108	177
9	184	29	188	49	180	69	178	89	186	109	186
10	180	30	186	50	176	70	177	90	182	110	184
11	189	31	184	51	178	71	175	91	184	111	184
12	183	32	187	52	184	72	177	92	181	112	181
13	184	33	181	53	177	73	180	93	180	113	182
14	184	34	184	54	179	74	179	94	184	114	182
15	189	35	183	55	184	75	182	95	183	115	180
16	181	36	181	56	181	76	182	96	183	116	186
17	180	37	186	57	182	77	175	97	184	117	176
18	176	38	182	58	184	78	182	98	181	118	184
19	184	39	183	59	182	79	186	99	182	119	186

VALORI DI THRESHOLD WOODY TRANSECT AREA 6

Punto	Th.	Punto	Th.	Punto	Th.
0	182	7	183	14	168
1	183	8	179	15	186
2	178	9	184	16	187
3	177	10	187	17	184
4	182	11	187	18	182
5	188	12	186	19	188
6	184	13	191	20	184
				21	186

ALLEGATO C

VALORI DI CANOPY OPENNESS CORE AREA 1

Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%
0	5,23	20	6,42	40	4,66	60	5,94	80	6,01	100	6,07
1	6,41	21	5,14	41	4,98	61	6,21	81	4,75	101	5,77
2	4,63	22	4,89	42	6,18	62	7,31	82	5,30	102	6,18
3	6,05	23	4,45	43	6,17	63	5,91	83	5,44	103	5,82
4	5,99	24	4,80	44	6,11	64	4,61	84	5,92	104	5,76
5	5,72	25	6,48	45	6,03	65	6,21	85	4,87	105	5,65
6	4,74	26	5,11	46	5,83	66	6,22	86	6,81	106	6,15
7	5,33	27	6,51	47	6,72	67	4,96	87	5,56	107	6,05
8	7,12	28	6,26	48	5,31	68	5,16	88	5,72	108	5,56
9	4,47	29	5,63	49	5,28	69	5,02	89	6,74	109	6,74
10	5,03	30	5,50	50	4,61	70	5,23	90	5,80	110	6,39
11	5,22	31	6,41	51	6,18	71	6,25	91	5,69	111	6,05
12	9,00	32	6,23	52	5,87	72	6,27	92	6,61	112	6,29
13	6,14	33	6,15	53	6,38	73	6,78	93	6,23	113	6,74
14	7,21	34	6,01	54	5,60	74	5,78	94	4,83	114	5,95
15	5,39	35	5,27	55	5,74	75	5,76	95	5,71	115	6,00
16	6,52	36	5,13	56	7,20	76	6,54	96	5,29	116	7,60
17	5,17	37	5,25	57	6,21	77	6,16	97	5,96	117	7,60
18	3,92	38	4,53	58	6,60	78	5,38	98	5,22	118	6,35
19	3,69	39	4,28	59	5,05	79	6,65	99	5,06	119	6,79

VALORI DI CANOPY OPENNESS WOODY TRANSECT AREA 4

Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%
0	6,10	7	7,28	14	5,95
1	5,85	8	7,20	15	4,84
2	6,82	9	6,03	16	4,46
3	7,97	10	4,92	17	5,43
4	6,63	11	6,38	18	7,59
5	4,36	12	4,38	19	7,21
6	5,05	13	6,29	20	9,19
				21	6,52

VALORI DI CANOPY OPENNESS CORE AREA 2

Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%
0	5,93	20	7,04	40	6,36	60	6,70	80	6,39	100	6,18
1	5,59	21	7,14	41	5,99	61	6,57	81	7,72	101	5,41
2	6,22	22	8,16	42	6,41	62	5,97	82	5,95	102	6,01
3	6,88	23	7,14	43	6,24	63	6,16	83	5,77	103	5,08
4	7,94	24	6,12	44	5,55	64	6,85	84	5,69	104	5,38
5	6,27	25	7,21	45	6,30	65	6,31	85	7,06	105	6,66
6	6,23	26	5,80	46	5,25	66	6,82	86	5,72	106	5,65
7	6,05	27	5,93	47	8,72	67	6,54	87	5,61	107	7,05
8	5,79	28	6,51	48	6,34	68	7,54	88	6,25	108	5,49
9	5,73	29	6,40	49	7,29	69	7,27	89	6,90	109	6,94
10	8,84	30	6,25	50	8,15	70	8,36	90	6,56	110	6,25
11	4,93	31	6,21	51	7,45	71	5,52	91	7,03	111	7,69
12	6,79	32	5,55	52	6,91	72	6,88	92	5,31	112	5,57
13	5,83	33	5,76	53	6,59	73	5,83	93	6,67	113	6,88
14	4,53	34	5,68	54	5,32	74	6,09	94	5,95	114	5,24
15	4,82	35	5,65	55	6,13	75	5,90	95	5,40	115	5,64
16	7,19	36	7,05	56	5,51	76	5,83	96	6,30	116	6,82
17	7,23	37	8,34	57	6,30	77	7,17	97	6,39	117	5,25
18	6,59	38	8,00	58	6,97	78	6,03	98	7,03	118	6,60
19	6,36	39	6,89	59	6,44	79	7,06	99	7,65	119	6,95

VALORI DI CANOPY OPENNESS WOODY TRANSECT AREA 5

Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%
0	4,26	7	5,27	14	5,49
1	4,96	8	9,91	15	5,68
2	4,94	9	23,31	16	4,42
3	4,37	10	17,96	17	7,40
4	4,92	11	9,40	18	5,30
5	3,51	12	6,75	19	5,78
6	3,13	13	3,32	20	5,51
				21	4,34

VALORI DI CANOPY OPENNESS CORE AREA 3

Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%
0	6,66	20	6,84	40	5,53	60	4,93	80	5,06	100	5,28
1	6,13	21	5,93	41	5,58	61	5,95	81	5,37	101	5,29
2	5,52	22	6,45	42	6,38	62	5,93	82	5,85	102	5,90
3	4,78	23	7,70	43	5,37	63	6,35	83	6,80	103	4,55
4	6,00	24	7,38	44	6,02	64	5,91	84	8,14	104	4,80
5	7,73	25	5,63	45	4,69	65	6,57	85	5,49	105	5,41
6	7,00	26	6,57	46	4,52	66	5,86	86	4,96	106	5,29
7	6,65	27	6,28	47	4,67	67	5,50	87	5,49	107	5,04
8	6,54	28	6,27	48	5,55	68	3,66	88	6,06	108	6,49
9	7,46	29	6,00	49	5,61	69	5,56	89	5,68	109	4,74
10	5,84	30	5,65	50	6,45	70	5,65	90	5,88	110	5,71
11	6,18	31	7,29	51	5,23	71	7,31	91	6,98	111	6,76
12	5,32	32	5,86	52	7,08	72	4,67	92	6,55	112	6,38
13	6,60	33	6,54	53	6,15	73	5,96	93	5,80	113	6,77
14	3,04	34	5,71	54	6,02	74	4,88	94	6,41	114	5,92
15	4,21	35	6,68	55	5,77	75	5,35	95	6,47	115	5,51
16	4,74	36	6,73	56	6,81	76	4,90	96	7,45	116	5,22
17	5,62	37	6,36	57	6,51	77	5,43	97	6,85	117	6,55
18	5,80	38	6,01	58	6,87	78	5,46	98	6,75	118	3,56
19	5,16	39	7,17	59	5,46	79	4,59	99	5,40	119	4,72

VALORI DI CANOPY OPENNESS WOODY TRANSECT AREA 6

Punto	CO%	Punto	CO%	Punto	CO%
0	6,48	7	5,57	14	5,49
1	5,62	8	4,78	15	5,85
2	5,57	9	6,87	16	4,72
3	5,18	10	6,49	17	6,35
4	3,87	11	7,53	18	4,60
5	5,43	12	6,65	19	5,76
6	4,56	13	6,18	20	6,22
				21	6,14

ALLEGATO D

VALORI DI LAI 4° ANELLO CORE AREA 1

Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4
0	3,48	20	3,16	40	3,44	60	3,54	80	3,31	100	3,28
1	3,26	21	3,71	41	3,24	61	3,31	81	3,58	101	3,38
2	3,68	22	3,61	42	3,17	62	2,97	82	3,48	102	3,30
3	3,33	23	3,65	43	3,46	63	3,43	83	3,84	103	3,36
4	3,35	24	3,49	44	3,39	64	3,83	84	3,24	104	3,24
5	3,39	25	3,27	45	3,22	65	3,28	85	3,46	105	3,33
6	3,74	26	3,26	46	3,47	66	3,23	86	2,98	106	3,19
7	3,46	27	3,05	47	3,13	67	3,56	87	3,49	107	3,39
8	3,09	28	3,23	48	3,52	68	3,48	88	3,19	108	3,67
9	3,86	29	3,26	49	3,70	69	3,60	89	2,95	109	3,15
10	3,48	30	3,26	50	3,53	70	3,32	90	3,09	110	3,14
11	3,50	31	3,19	51	2,99	71	3,14	91	3,25	111	3,09
12	2,94	32	3,07	52	3,19	72	3,44	92	3,06	112	3,03
13	3,50	33	3,29	53	2,94	73	3,11	93	3,04	113	2,89
14	3,17	34	3,46	54	3,28	74	3,27	94	3,27	114	3,34
15	3,47	35	3,48	55	3,25	75	3,30	95	3,35	115	3,16
16	3,45	36	3,48	56	2,92	76	3,22	96	3,59	116	2,65
17	3,90	37	3,17	57	3,19	77	3,33	97	3,20	117	2,86
18	3,98	38	3,51	58	2,94	78	3,36	98	3,28	118	3,04
19	4,10	39	3,59	59	3,98	79	3,06	99	3,44	119	2,89

VALORI DI LAI 4° ANELLO WOODY TRANSECT AREA 4

Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4
0	3,24	7	2,89	14	3,19
1	3,32	8	3,16	15	3,48
2	3,02	9	3,16	16	3,57
3	2,72	10	4,17	17	3,29
4	2,93	11	3,22	18	2,83
5	3,58	12	3,68	19	3,04
6	3,86	13	3,19	20	2,68
				21	3,05

VALORI DI LAI 4° ANELLO CORE AREA 2

Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4
0	3,43	20	2,90	40	3,17	60	3,03	80	3,19	100	3,23
1	3,52	21	2,94	41	3,26	61	3,16	81	3,12	101	3,52
2	3,40	22	2,76	42	3,18	62	3,36	82	3,24	102	3,36
3	2,97	23	3,07	43	3,18	63	3,31	83	3,26	103	3,57
4	2,74	24	3,10	44	3,65	64	3,12	84	3,33	104	3,38
5	3,17	25	2,86	45	3,58	65	3,14	85	3,00	105	3,20
6	3,20	26	3,45	46	3,22	66	3,07	86	3,37	106	3,45
7	3,24	27	3,18	47	2,61	67	3,11	87	3,35	107	3,02
8	3,30	28	2,99	48	2,96	68	2,93	88	3,35	108	3,65
9	3,42	29	3,17	49	2,84	69	2,93	89	3,05	109	3,03
10	2,81	30	3,32	50	2,94	70	2,64	90	3,03	110	3,28
11	3,90	31	3,08	51	3,07	71	3,31	91	2,91	111	3,00
12	2,90	32	3,52	52	3,13	72	2,97	92	3,39	112	3,41
13	3,22	33	3,60	53	3,19	73	3,36	93	3,25	113	3,00
14	3,74	34	3,35	54	3,27	74	3,16	94	3,23	114	4,09
15	3,65	35	3,27	55	3,12	75	3,44	95	3,66	115	3,60
16	2,92	36	3,02	56	3,51	76	3,50	96	2,97	116	3,10
17	2,80	37	2,83	57	3,12	77	2,91	97	3,18	117	3,71
18	2,88	38	2,75	58	3,08	78	3,14	98	2,98	118	2,99
19	3,02	39	3,08	59	3,06	79	2,99	99	2,91	119	2,93

VALORI DI LAI 4° ANELLO WOODY TRANSECT AREA 5

Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4
0	3,71	7	3,41	14	3,19
1	3,58	8	2,44	15	3,44
2	3,57	9	1,54	16	3,39
3	3,84	10	1,56	17	2,90
4	3,52	11	2,55	18	3,30
5	3,93	12	3,42	19	3,43
6	4,22	13	4,07	20	3,47
				21	3,78

VALORI DI LAI 4° ANELLO CORE AREA 3

Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4
0	3,13	20	3,16	40	3,27	60	3,62	80	3,42	100	3,69
1	3,17	21	3,18	41	3,30	61	3,42	81	3,63	101	3,30
2	3,34	22	3,11	42	3,15	62	3,21	82	3,31	102	3,35
3	3,62	23	3,02	43	3,22	63	3,12	83	2,99	103	3,65
4	3,29	24	2,87	44	3,04	64	3,08	84	2,79	104	3,76
5	3,02	25	3,31	45	3,60	65	3,08	85	3,29	105	3,39
6	3,10	26	2,98	46	3,83	66	3,51	86	3,65	106	3,47
7	2,97	27	3,09	47	3,52	67	3,32	87	3,32	107	3,95
8	3,18	28	3,17	48	3,28	68	4,00	88	3,19	108	3,04
9	2,77	29	3,15	49	3,34	69	3,43	89	3,23	109	3,84
10	3,31	30	3,44	50	3,51	70	3,27	90	3,30	110	3,15
11	2,95	31	3,00	51	3,48	71	2,74	91	3,19	111	2,84
12	3,44	32	3,18	52	3,00	72	3,63	92	2,95	112	3,13
13	3,02	33	3,06	53	3,23	73	3,15	93	3,33	113	3,08
14	4,28	34	3,25	54	3,24	74	3,43	94	3,08	114	3,48
15	3,78	35	3,01	55	3,17	75	3,20	95	3,12	115	3,89
16	3,38	36	3,14	56	2,87	76	3,45	96	2,88	116	3,73
17	3,11	37	3,29	57	3,00	77	3,61	97	2,99	117	3,23
18	3,25	38	3,36	58	3,05	78	3,31	98	3,05	118	4,01
19	3,60	39	2,92	59	3,39	79	3,56	99	3,79	119	3,53

VALORI DI LAI 4° ANELLO WOODY TRANSECT AREA 6

Punto	LAI4	Punto	LAI4	Punto	LAI4
0	2,93	7	3,34	14	3,80
1	3,46	8	3,90	15	3,44
2	3,38	9	3,03	16	3,72
3	3,34	10	3,11	17	3,17
4	3,81	11	2,65	18	3,60
5	3,37	12	3,06	19	3,27
6	3,58	13	3,25	20	3,24
				21	3,21

ALLEGATO E

VALORI DI LAI 5° ANELLO CORE AREA 1

Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5
0	3,28	20	2,92	40	3,30	60	2,94	80	2,93	100	2,99
1	2,95	21	3,09	41	3,48	61	2,90	81	3,26	101	3,00
2	3,36	22	3,13	42	2,94	62	2,66	82	3,04	102	2,86
3	3,06	23	3,26	43	2,91	63	3,11	83	3,14	103	2,95
4	3,00	24	3,19	44	2,86	64	3,28	84	2,94	104	2,95
5	2,95	25	2,86	45	2,90	65	2,91	85	3,24	105	3,04
6	3,29	26	3,30	46	2,95	66	2,91	86	2,82	106	2,93
7	3,62	27	2,85	47	2,80	67	3,12	87	3,05	107	2,96
8	2,68	28	2,96	48	3,16	68	3,16	88	2,98	108	3,04
9	3,30	29	3,19	49	3,14	69	3,17	89	2,90	109	2,77
10	3,13	30	3,07	50	3,40	70	3,21	90	3,12	110	2,91
11	3,14	31	3,02	51	2,97	71	2,92	91	3,05	111	3,00
12	2,65	32	3,03	52	3,04	72	2,87	92	2,85	112	2,97
13	2,99	33	3,00	53	3,04	73	2,75	93	2,96	113	2,90
14	2,80	34	2,90	54	3,08	74	2,97	94	3,32	114	2,94
15	3,08	35	3,14	55	2,96	75	2,98	95	2,96	115	3,40
16	2,88	36	3,19	56	2,71	76	2,77	96	3,10	116	2,76
17	3,11	37	3,29	57	2,92	77	2,92	97	3,09	117	2,67
18	3,98	38	3,39	58	2,88	78	3,13	98	3,29	118	2,90
19	3,64	39	3,43	59	3,34	79	2,86	99	3,28	119	2,90

VALORI DI LAI 5° ANELLO WOODY TRANSECT AREA 4

Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5
0	3,15	7	2,72	14	2,96
1	3,34	8	2,71	15	3,45
2	2,88	9	2,97	16	3,44
3	2,62	10	4,12	17	3,04
4	3,01	11	3,04	18	2,72
5	3,44	12	3,27	19	2,75
6	4,28	13	2,82	20	2,76
				21	2,93

VALORI DI LAI 5° ANELLO CORE AREA 2

Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5
0	3,23	20	2,94	40	2,85	60	2,90	80	2,88	100	2,91
1	3,32	21	2,73	41	3,20	61	2,86	81	2,80	101	3,38
2	3,33	22	2,55	42	3,06	62	2,98	82	2,95	102	3,07
3	2,82	23	2,72	43	3,14	63	3,08	83	3,01	103	3,27
4	2,84	24	3,03	44	3,55	64	2,85	84	3,01	104	3,33
5	3,14	25	2,81	45	3,70	65	2,92	85	2,80	105	2,87
6	2,97	26	3,48	46	3,42	66	2,80	86	2,99	106	3,22
7	3,01	27	3,05	47	2,60	67	2,86	87	3,13	107	2,95
8	3,12	28	3,16	48	2,99	68	2,70	88	2,95	108	3,11
9	3,41	29	3,12	49	2,75	69	2,68	89	2,91	109	2,78
10	3,06	30	3,20	50	2,57	70	2,60	90	2,98	110	2,82
11	3,58	31	3,05	51	2,63	71	3,29	91	2,79	111	2,71
12	2,98	32	3,06	52	2,75	72	2,96	92	3,23	112	3,18
13	3,01	33	3,41	53	2,53	73	2,98	93	2,77	113	2,82
14	3,32	34	3,02	54	3,15	74	3,12	94	3,04	114	3,18
15	3,41	35	2,97	55	2,90	75	3,25	95	3,11	115	2,94
16	2,84	36	2,71	56	3,32	76	3,23	96	3,06	116	2,73
17	2,83	37	2,52	57	2,93	77	2,74	97	2,86	117	3,03
18	3,00	38	2,59	58	2,75	78	3,04	98	2,73	118	2,86
19	2,91	39	2,77	59	3,04	79	2,73	99	2,60	119	2,97

VALORI DI LAI 5° ANELLO WOODY TRANSECT AREA 5

Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5
0	3,57	7	3,40	14	3,61
1	3,23	8	2,79	15	3,06
2	3,18	9	2,28	16	3,54
3	3,26	10	2,25	17	2,75
4	3,11	11	2,83	18	3,20
5	3,54	12	2,91	19	3,02
6	3,64	13	3,72	20	3,05
				21	3,37

VALORI DI LAI 5° ANELLO CORE AREA 3

Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5
0	2,83	20	2,83	40	3,27	60	3,23	80	3,41	100	3,65
1	2,88	21	2,95	41	3,01	61	2,92	81	3,12	101	3,14
2	3,04	22	2,96	42	2,91	62	3,05	82	3,15	102	2,93
3	3,24	23	2,66	43	3,08	63	3,07	83	2,90	103	3,25
4	2,94	24	2,73	44	3,04	64	2,99	84	2,70	104	3,58
5	2,57	25	2,99	45	3,22	65	2,82	85	3,18	105	3,00
6	2,75	26	2,84	46	3,39	66	3,12	86	3,15	106	3,05
7	2,87	27	2,95	47	3,56	67	3,29	87	3,11	107	3,23
8	2,83	28	2,93	48	3,42	68	3,61	88	2,98	108	2,85
9	2,73	29	3,02	49	3,10	69	3,17	89	3,14	109	3,51
10	3,01	30	3,13	50	2,88	70	3,18	90	3,00	110	3,21
11	3,11	31	2,80	51	3,22	71	2,79	91	2,93	111	2,97
12	3,06	32	3,06	52	2,78	72	3,33	92	2,91	112	2,83
13	2,85	33	2,92	53	3,23	73	2,93	93	3,05	113	2,99
14	3,87	34	3,14	54	2,91	74	3,43	94	2,85	114	3,41
15	4,02	35	2,85	55	3,09	75	3,11	95	3,05	115	3,40
16	3,38	36	2,91	56	2,94	76	3,17	96	2,76	116	3,74
17	3,07	37	2,83	57	2,87	77	3,07	97	2,95	117	2,87
18	3,07	38	2,98	58	2,75	78	3,26	98	2,82	118	3,80
19	3,43	39	2,81	59	3,02	79	3,43	99	3,71	119	3,33

VALORI DI LAI 5° ANELLO WOODY TRANSECT AREA 6

Punto	LAI5	Punto	LAI5	Punto	LAI5
0	3,01	7	3,00	14	3,35
1	3,01	8	3,46	15	3,02
2	2,98	9	2,84	16	3,40
3	3,15	10	2,85	17	2,91
4	3,42	11	2,83	18	3,29
5	3,01	12	2,80	19	3,10
6	3,54	13	3,01	20	2,88
				21	3,05

ALLEGATO F

PARAMETRI DI CONFIGURAZIONE PER GAP LIGHT ANALYZER

CONFIGURATION

Site	Registration	Initial cursor point: North (Geogr.)		
		Projection distortion	Polar	
Image	Location	Latitude	45:12:05	North
		Longitude	10:44:38	East
		Elevation	25	
	Orientation: Horizontal			
		Topographic shading: Disabled		
Resolution	Sky Regions	Number of azimuth regions: 24 Number of zenith regions: 6		

IMAGE REGISTRATION

Radius	Coord.	Initial Point	Final Point	Centre	Dimensioni Immagine	
786.5	x	376	1949	1163	Larghezza	2272 pixel
	y	856	856	856,5	Altezza	1704 pixel