

UNIVERSITA' DI NAPOLI FEDERICO II

Dottorato di Ricerca in Biologia Applicata XXI ciclo

Studio della complessità dell'ecosistema a *Fagus*  
nell'Appennino centrale attraverso ecoindicatori basati su  
specie, suolo, humus, microclima.

## **Dall'uniformità alla complessità**

Tutor

Prof. Amalia Virzo De Santo

Dottorando

Cristina Maria Pilar De Nicola

Supervisor

Prof. Sandro Pignatti

<b>1. Introduzione</b>	pag.	5
• 1.1 Flora e vegetazione due livelli di indagine	pag.	6
1.1.2 L'approccio fitosociologico ed ecologico in sinergia	pag.	6
• 1.2 Humus e suolo: due aspetti fondamentali della ricerca	pag.	7
<b>2. Scopo del progetto</b>	pag.	9
<b>3. Articolazione del progetto</b>	pag.	10
<b>4. Area di studio</b>	pag.	11
• 4.1 Geologia	pag.	12
• 4.2 Clima	pag.	15
• 4.3 Variabilità floristica e vegetazionale delle faggete centroappenniniche	pag.	15
• 4.4 Dalla selvicoltura tradizionale alla selvicoltura sistemica	pag.	17
• 4.5 L'approccio ecologico nella selvicoltura	pag.	18
<b>5. Materiali e metodi</b>	pag.	19
• 5.1 Scelta delle stazioni da rilevare	pag.	19
• 5.2 Metodo di campionamento della vegetazione	pag.	20
5.2.1. Ecoindicatori	pag.	21
5.2.1.1 Indice di emerobia e disturbo	pag.	21
5.2.1.2 Indicatori di Ellenberg	pag.	22
• 5.3 Le misure microclimatiche	pag.	23
• 5.4 Struttura forestale	pag.	24
• 5.5 Humus	pag.	25
5.5.1 Scelta del punto di rilevamento	pag.	25
5.5.2 Modalità di esecuzione del rilevamento	pag.	26
5.5.3 Gli orizzonti diagnostici	pag.	26
5.5.3.1. L'orizzonte "OL" (L come Lettiera)	pag.	27
5.5.3.2. L'orizzonte "OF" (F come Frammentazione)	pag.	28
5.5.3.3. L'orizzonte "OH" (H come Humus)	pag.	30
5.5.3.4. L'orizzonte organo-minerale	pag.	31

5.5.4	Classificazione delle forme di humus	pag. 34
5.5.5	Parametri dell'humus ed analisi di laboratorio	pag. 36
• 5.6	Suolo: Fattori edafici	pag. 38
5.6.1	Rilevamento di campagna	pag. 38
5.6.1.1	Descrizione della stazione	pag. 39
5.6.1.2	Descrizione della profilo	pag. 39
5.6.2	Analisi di laboratorio	pag. 41
5.6.2.1	Granulometria e tessitura	pag. 42
5.6.2.2	pH	pag. 44
5.6.2.3	Carbonati totali	pag. 44
5.6.2.4	Carbonio organico e sostanza organica	pag. 44
5.6.2.5	Acidità di scambio	pag. 44
5.6.2.6	Basi di scambio (S.B.)	pag. 45
5.6.2.7	Capacità di scambio cationico (C.S.C.)	pag. 45
5.6.2.8	Saturazione in basi	pag. 45
5.6.2.9	Azoto totale	pag. 45
5.6.3	Classificazione dei suoli e relativi orizzonti	pag. 46
5.6.3.1	Orizzonti pedogenetici, orizzonti diagnostici e classificazione americana	pag. 46
• 5.7	Elaborazioni statistiche	pag. 50
5.7.1	Classificazione della vegetazione	pag. 50
5.7.2	Analisi della Varianza	pag. 50
5.7.3	Analisi delle correlazioni	pag. 50
<b>6.</b>	<b>Risultati e discussione</b>	pag. 51
• 6.1	Vegetazione	pag. 51
6.1.1	Classificazione	pag. 51
6.1.2	Corologia e forme biologiche	pag. 54
6.1.3	Caratteristiche strutturali dei boschi identificati	pag. 61
6.1.4	Diversità	pag. 63

• 6.2. Dati stazionali	pag. 67
• 6.3. Microclima	pag. 70
• 6.4. Suolo	pag. 75
6.4.1. Analisi pedologiche	pag. 77
6.4.2. La fertilità del suolo	pag. 84
6.4.3. La fertilità minerale ed organica	pag. 85
• 6.5. Specie e parametri del suolo	pag. 87
• 6.6. Humus	pag. 105
6.6.1. Classificazione delle forme di humus	pag. 105
6.6.2. Distribuzione delle forme di humus nelle diverse comunità	pag. 115
6.6.3. Specie ed humus	pag. 117
• 6.7. Spessori degli orizzonti umiferi, quantità di carbonio nel suolo e nelle forme di humus	pag. 122
• 6.8. Specie ed emerobia	pag. 125
<b>7. Caratterizzazione ecologica dei boschi</b>	pag. 127
<b>8. Caratterizzazione della mesofauna edafica delle faggete</b>	pag. 129
<b>9. Conclusioni 1</b>	pag. 130
• 9.1. La risposta differenziata delle specie ai parametri del suolo	pag. 130
• 9.2. Diversità funzionale	pag. 132
• 9.3. Specie target	pag. 133
• 9.4. Parametri discriminanti	pag. 134
• 9.5. Componente fitogeografia e Humus	pag. 134
<b>10. Conclusioni 2</b>	pag. 135
<b>11. Sviluppi futuri</b>	pag. 136
• <b>Allegati</b>	pag. 138
• <b>Bibliografia</b>	pag. 153

# 1. INTRODUZIONE

Questo lavoro è uno studio di base che ha lo scopo di fornire elementi per definire un approccio scientifico al monitoraggio degli habitat e delle specie vegetali di interesse comunitario, svolto nell'Abruzzo meridionale nell'ambito del progetto LIFE 2004 "**Tutela di Siti Natura 2000 gestiti dal Corpo forestale dello Stato**", LIFE04/IT/000190. Il progetto prevede un inventario della biodiversità vegetale in boschi a *Fagus sylvatica* e l'individuazione dei principali fattori ecologici e dei fattori di rischio.

Il tradizionale approccio fitosociologico, utilizzato per la classificazione della vegetazione, è stato affiancato da uno studio ecologico basato su fattori misurabili, come quelli edafici e microclimatici, e su ecoindicatori per quei fattori che non possono essere misurati direttamente o che richiedono tempi molto lunghi, come quelli coinvolti nel ciclo dell'acqua e dei nutrienti nel suolo o il disturbo antropico.

Nell'ambito degli studi, sia di base che applicati, sulla diversità e sulla tutela e conservazione del patrimonio forestale italiano, ancora oggi non è data sufficiente enfasi ad un approccio ecologico che colleghi e integri i diversi aspetti dell'ecosistema "bosco", da quello strutturale-fisionomico a quello più specialistico floristico-vegetazionale e infine a quello pedologico-funzionale, al quale sono spesso legati processi evolutivi di grande importanza ai fini della conservazione e del miglioramento della qualità ambientale.

Nell'ambito del progetto, per indagare i fattori ecologici-pedologici, sono stati eseguiti, nelle diverse tipologie di parcelle forestali, rilievi di vegetazione, profili pedologici, analisi microclimatiche ed analisi dei differenti tipi di humus.

C'è un'importante premessa da puntualizzare: in ambiente mediterraneo non sono molti gli studi che si occupano degli aspetti strutturali e funzionali delle faggete anche in relazione al disturbo (Piovesan et al., 2005). Nelle faggete in studio la struttura e la composizione floristica del bosco cambiano in relazione alla diversa struttura forestale - cedui giovani, invecchiati, fustaie coetanee, disetanee - anche in un ambiente alquanto uniforme dal punto di vista floristico e vegetazionale. Proprio questa "apparente" uniformità ha stimolato l'indagine verso la ricerca e l'individuazione di fattori ecologici rilevanti e discriminanti, in grado di fornire indicazioni valide ai fini della conservazione e della gestione.

## **1.1 Flora e vegetazione: due livelli di indagine**

La flora viene definita come un raggruppamento di specie vegetali in un determinato territorio. Lo studio della flora è solo di tipo qualitativo; esso è finalizzato all'osservazione ed individuazione delle specie presenti in un sito. A questo tipo di analisi se ne può affiancare una di tipo quantitativo, quella della fitomassa. Quest'ultima rappresenta la massa vegetale totale presente in un ecosistema, rilevata attraverso misure metriche e soprattutto ponderali.

Un'analisi solo di tipo floristico, così come una basata soltanto sulla fitomassa, non è però sufficiente a caratterizzare l'interazione tra popolazione vegetale ed ambiente circostante. A questo scopo si ricorre al concetto di vegetazione. Esso è un livello più alto di approfondimento che mira a superare il concetto di singola specie e a concentrarsi sulle relazioni all'interno di un gruppo di specie vegetali coerenti con il proprio ecosistema. La tendenza delle specie ad unirsi in gruppi dipende dagli adattamenti biologici per la propagazione vegetativa e la riproduzione.

Le specie tendono ad associarsi in relazione a fattori esterni ambientali come clima e suolo e a fattori interni come la competizione costituendo, attraverso complessi processi di autoorganizzazione e di feedback, comunità o associazioni vegetali. Quindi, da un insieme apparentemente "disordinato" quale può rappresentare un inventario di specie di un sito, si passa a un sistema ordinato nello spazio e nel tempo, rappresentato dalla vegetazione o insieme di comunità.

Secondo la definizione di Braun-Blanquet (1928), l'associazione è un raggruppamento vegetale più o meno stabile ed in equilibrio con il mezzo ambiente, caratterizzato da una composizione floristica determinata in cui certi elementi, quasi esclusivi, rivelano con la loro presenza un'ecologia particolare ed autonoma (Hofmann, 1991).

### ***1.1.1. L'approccio fitosociologico ed ecologico in sinergia***

Lo studio della flora e della vegetazione ha una storia di oltre un secolo durante il quale si è progressivamente passati da un approccio di tipo descrittivo, a carattere prevalentemente botanico-naturalistico, ad uno sistematico con finalità tassonomiche e più recentemente ecologiche. Fin dall'inizio, comunque, il concetto di associazione vegetale e il metodo

fitosociologico, messo a punto da Braun-Blanquet (1928) della scuola di Zurigo-Montpellier, per individuare e classificare la vegetazione, non prescindeva dalla relazione pianta-ambiente su cui i botanici e successivamente gli ecologi vegetali e gli ecologi in generale hanno fondato sia lo studio della flora che quello della vegetazione. Il rilievo fitosociologico quindi diviene, attualmente, uno strumento importante anche per studi comparativi e di monitoraggio volti alla conservazione e gestione del territorio in relazione alle grandi e attuali tematiche ambientali che, partendo dal disturbo antropico di tipo tradizionale legato alle attività di pascolo, taglio, incendio, arrivano al “global change” e alla perturbazione dei grandi cicli che coinvolgono specie, comunità, ecosistemi.

L’approccio fitosociologico alle foreste enfatizza l’importanza dello strato erbaceo perchè permette di evidenziare differenze sottili nelle condizioni ecologiche dei boschi di caducifoglie che la sola componente arborea non permette di rilevare; per questo, il lavoro si è concentrato sulle relazioni tra i parametri del suolo e dell’humus e la distribuzione delle specie erbacee. Conoscendo infatti i parametri edafici, è possibile prevedere quali specie erbacee siano potenzialmente presenti e, viceversa, osservando la presenza di determinate specie erbacee, si può stabilire quali siano le caratteristiche del suolo più probabili.

## **1.2 Humus e suolo: due aspetti fondamentali della ricerca**

Sono state approfondite le relazioni tra determinate specie e i fattori fisico-chimici che ne regolano la crescita ed è stata data priorità ad una componente dell’ecosistema che svolge un ruolo centrale, il suolo (Pignatti,1998); in particolare, si è scelto di focalizzare la ricerca su due aspetti del “sistema suolo”: humus e parametri pedologici.

- L’HUMUS consente inferenze sul ciclo del carbonio e dei nutrienti, essenziali per l’interpretazione della dinamica forestale, e quindi di inequivocabile interesse ai fini gestionali. Gli humus sono infatti il risultato integrato di una serie di processi fondamentali nell’ecosistema, in particolare il ciclo dei nutrienti e del carbonio. Il profilo dell’humus è collegato con la velocità di decomposizione della lettiera e di incorporazione della sostanza organica nel suolo. Il tipo di humus è anche correlato con la fertilità del suolo e quindi, indirettamente, con la potenzialità di rigenerazione della foresta (Sanesi & Cecchini, 1999);

infatti è nel suolo e nell'humus che si svolgono i fondamentali processi biochimici, biofisici e metabolici dei vegetali che presiedono alla germinazione dei semi, alla crescita ed alla produttività. La presenza o l'assenza nell'humus di sostanze umiche simili a quelle di alcuni ormoni vegetali determina effetti di maggior o minor stimolazione sulla germinazione dei semi e sullo sviluppo delle piante e dunque sui processi di rigenerazione. Capire in quale situazione si trova l'humus è importante per poter orientare le tecniche selvicolturali, e la "martellata" in particolare, in modo mirato, al fine di favorire le condizioni bioclimatiche interne (luce, acqua, temperatura, vegetazione, pedofauna, ecc.) necessarie per evolvere verso stadi migliori l'umificazione. L'humus rappresenta uno dei pool terrestri di carbonio più importanti e viene quindi attivamente studiato nell'ambito delle indagini sui cambiamenti climatici globali. Esso è infine influenzato dalle condizioni climatiche e dal tipo di pedofauna e pedoflora. In ambiente appenninico lo studio degli humus rappresenta una novità: non esistono infatti lavori sulle forme di humus e sul loro ruolo ecologico. La letteratura specifica è di origine francese (Toutain, 1987) e gli studi finora effettuati si riferiscono principalmente all'Italia settentrionale (Brethes et al., 1992), mentre scarsi sono quelli relativi all'Italia peninsulare (Vos & Stortelder, 1992).

- I PARAMETRI PEDOLOGICI analizzati sono quelli definiti "di base" per identificare le caratteristiche fondamentali del suolo e la sua dotazione in elementi nutritivi, nonché indispensabili per la classificazione. Anche il suolo è di fondamentale importanza per capire la dinamica evolutiva di un bosco; infatti la selvicoltura stessa dipende dal suolo per l'apporto di acqua e nutrienti. Il suolo svolge inoltre un ruolo centrale per la protezione dell'acqua e lo scambio di gas con l'atmosfera, grazie a funzioni di magazzinaggio, filtraggio, tampone e trasformazione: immagazzina e in parte trasforma minerali, materia organica, acqua, energia e diverse sostanze chimiche. Tra i parametri è stato anche calcolato il rapporto carbonio/azoto (C/N), indicatore dell'evoluzione della sostanza organica nel suolo; tale rapporto è infatti indice del turnover della sostanza organica e in particolare della velocità con la quale essa è riciclata dal sistema suolo-vegetazione (Duchaufour, 1983; Jabiol et al., 1995).

## **2. SCOPO DEL PROGETTO**

Lo scopo del progetto viene sintetizzato nei seguenti punti:

- evidenziare i parametri diagnostici per la distribuzione delle specie del sottobosco delle faggete in studio mediante l'uso di test statistici di correlazione tra specie e parametri del suolo e degli humus;
- individuare specie indicatrici dello status dell'ecosistema da utilizzare per il monitoraggio e per la gestione selvicolturale.

### **3. ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO**

1. Raccolta dei dati pedologici, vegetazionali, microclimatici e selvicolturali;
2. Analisi chimico-fisiche di laboratorio per la determinazione dei parametri edafici;
3. Analisi chimiche degli humus: determinazione del Carbonio e dell'Azoto, parametri di particolare rilievo ai fini dell'ecologia delle specie e della fertilità del suolo;
4. Elaborazioni statistiche dei dati rilevati.

## 4. AREA DI STUDIO

I campionamenti del suolo e degli humus, le misure microclimatiche e i rilievi di vegetazione sono stati effettuati nelle faggete ubicate nell'Alto corso del fiume Sangro, tra Abruzzo e Molise, all'interno dei seguenti 7 Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.):

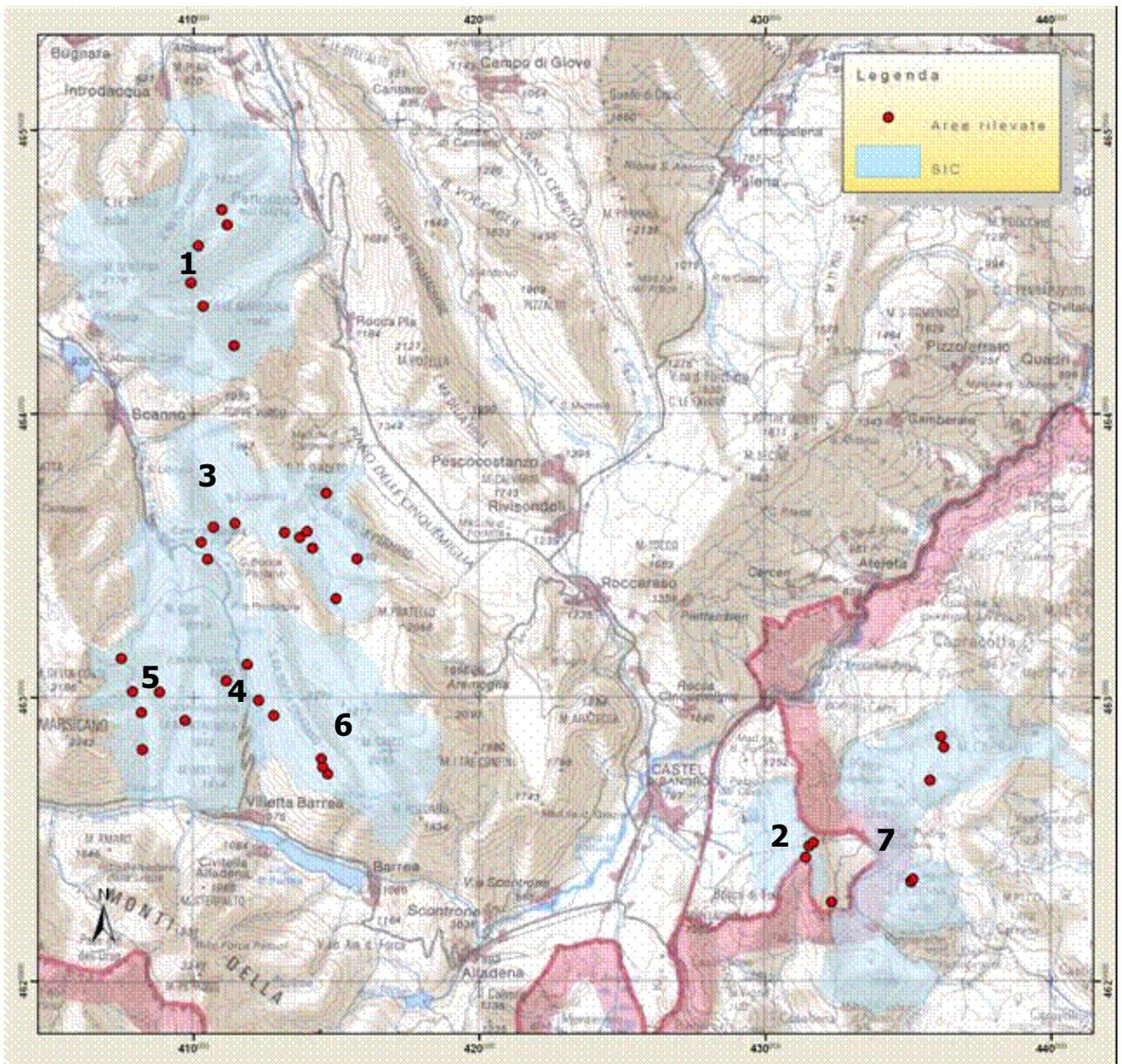


Figura 4.1 Area di studio (in rosso sono segnati i rilievi completi di profili pedologici)

1. M.te Genzana
2. M.te Pagano e Feudozzo
3. Chiarano-Sparvera
4. Passo Godi
5. Feudo Intramonti – M.te Godi e Ferroio di Scanno
6. Serra di Rocca Chiarano –M.te Greco
7. M.te di Mezzo – M.te Miglio – Pennataro – M.te Capraro – M.te Cavallerizzo

L'area, che copre una superficie di oltre 200 km<sup>2</sup>, costituita per oltre il 50% da faggete, presenta caratteristiche tipiche dell'Appennino centrale su substrato calcareo e suoli poco profondi, geomorfologia contraddistinta dall'azione dei ghiacciai che nel corso del tempo hanno modellato i versanti e l'orografia della zona, con altimetria variabile all'interno del complesso montano.

## **4.1 Geologia**

Dal punto di vista geologico, l'area, caratterizzata da massicci di natura calcarea, appartiene alla piattaforma carbonatica Laziale–Abruzzese. La geomorfologia mostra un sistema costituito essenzialmente da una serie di grandi piani e valli posti a quote leggermente differenti (Piano Polverino, Piano le Gravare, parte di Antonio Rotondo, Valle di Chiarano etc.), separati da tre serre approssimativamente parallele (Serra Rocca Chiarano, Serra le Gravare congiunta a N con Serra Santa Maria). Le serre convergono verso S nel massiccio del monte Greco, che con i suoi 2285 m di quota rappresenta la parte più elevata dell'area di studio.

A ridosso del versante NW del Monte Greco, a 1860 m di quota, si trova un importante ecosistema, il Lago Pantaniello, che trae la sua origine dallo sbarramento delle acque sorgive ad opera di detriti morenici depositati alla testata di Valle Chiarano. Il lago è alimentato da sorgenti situate su Serra le Gravare e sui rilievi minori circostanti il bacino.

I calcari che costituiscono l'intero sistema mostrano i segni della glaciazione quaternaria attenuati da evidenti fenomeni carsici. Importanti elementi del paesaggio come il Circolo delle fate su Serra Rocca Chiarano e le numerose depressioni che interessano i piani pascolati, ci

mostrano la parte più recente della storia geologica dell'area. Ben evidenti a livello delle serre gli effetti della disgregazione delle rocce provocata dall'azione degli agenti atmosferici; i ghiaioni che ne derivano costituiscono un rifugio per numerose specie vegetali di grande interesse naturalistico.

L'area di studio è situata per la maggior parte su carbonati: conglomerati a macroforaminiferi, "calcari cristallini" Auctt., formazioni della Terratta, calcari a *Palaeodasycladus*, calcari dolomitici e dolomie, "calcari cristallini superiori", scaglia, "calcari cristallini inferiori", maiolica, calcari a *Filaments* e Rosso ammonitico, corniola, calcari dolomitici, "calcari cristallini inferiori", maiolica e calcari detritici.

Una piccola parte giace su depositi quaternari: conoidi, depositi colluviali ed alluvionali, morenici, fluvio-lacustri e lacustri, brecce di pendio del Pleistocene superiore-Olocene (Fig. 4.1.1).

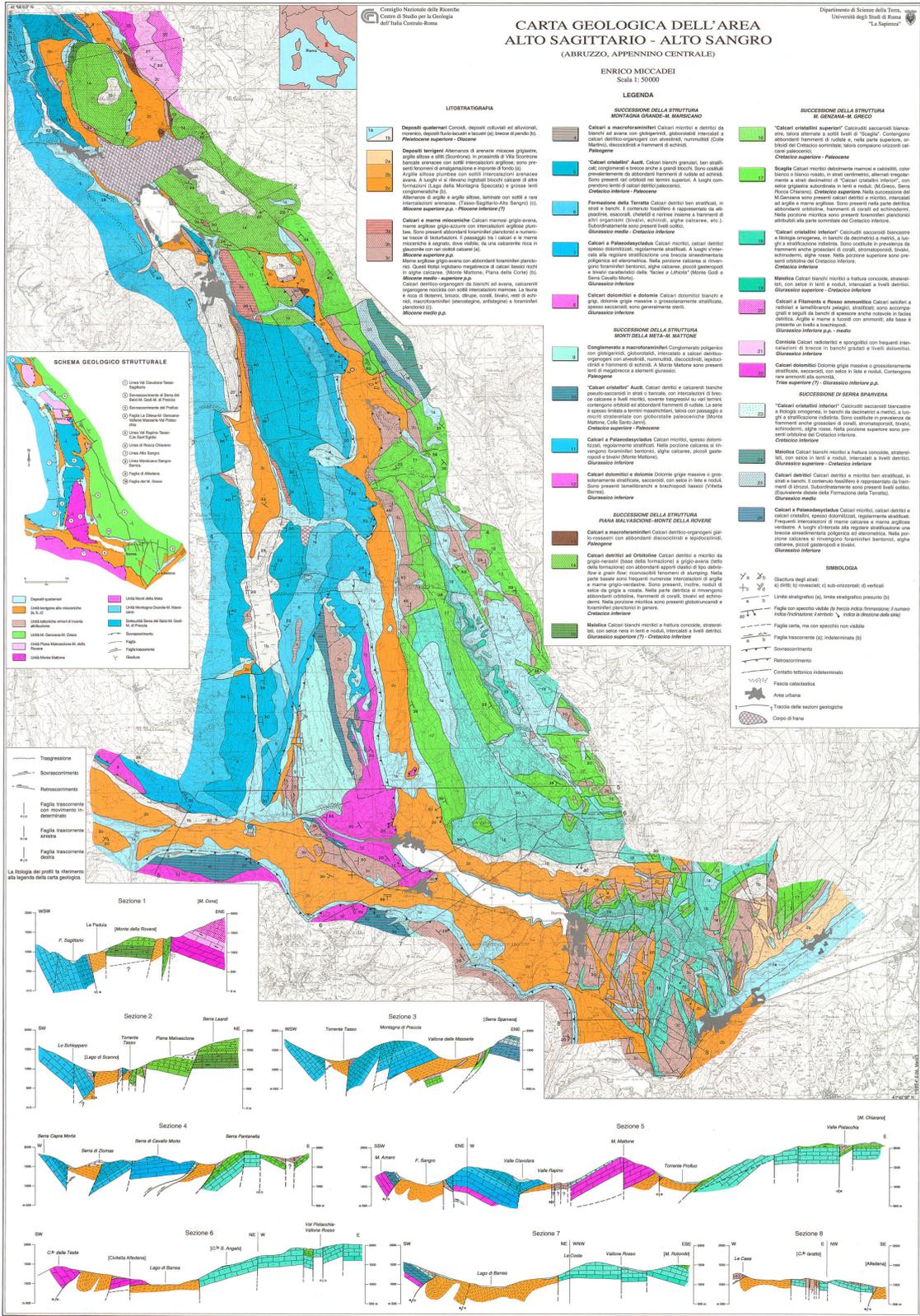


Figura 4.1.1: Carta geologica dell'area dell'Alto Sangro-Alto Sagittario

## **4.2 Clima**

L'area è compresa nella regione axerica fredda, termotipo subalpino inferiore, ombrotipo iperumido inferiore (Blasi, 1994). In base alla media trentennale di riferimento 1961 – 1990 (stazione meteorologica di Roccaraso, AQ), la temperatura media del mese più freddo, gennaio, si attesta a -0,2°C; quella del mese più caldo, agosto, è di +17,4°C (Tabella 4.2.1).

**Tabella 4.2.1.** Medie del trentennio di riferimento (1961-1990) delle temperature della stazione termica di Roccaraso (AQ)

<b>ROCCARASO</b>	<b><u>Gen</u></b>	<b><u>Feb</u></b>	<b><u>Mar</u></b>	<b><u>Apr</u></b>	<b><u>Mag</u></b>	<b><u>Giu</u></b>	<b><u>Lug</u></b>	<b><u>Ago</u></b>	<b><u>Set</u></b>	<b><u>Ott</u></b>	<b><u>Nov</u></b>	<b><u>Dic</u></b>	<b>Anno</b>
<b><u>Temp. max. media (°C)</u></b>	3.6	5.1	8.3	11.7	15.7	19.7	23.2	23.9	19.1	14.5	9.7	5.0	<b>13.3</b>
<b><u>Temp. min. media (°C)</u></b>	-4.0	-4.0	-0.5	2.4	5.6	8.6	10.8	10.9	8.2	5.1	2.2	-2.1	<b>3.6</b>

Le precipitazioni medie annue registrate presso Barrea ammontano a 1520 mm.

## **4.3 Variabilità floristica e vegetazionale delle faggete centroappenniniche**

La composizione dello strato erbaceo delle faggete appenniniche si presenta alquanto uniforme (Pignatti, 1998). Tuttavia sono presenti lievi differenze che stimolano la ricerca di fattori ecologici che possano spiegare questa variabilità. In molti casi, infatti, i boschi del territorio in esame si presentano come un mosaico di parcelle con basse coperture e diversità di specie erbacee accanto ad altre più ricche e spesso con estese popolazioni clonali di *Cardamine* spp., *Galium odoratum*, *Viola reichenbachiana* ecc. Tali discrepanze possono essere spiegate dal disturbo antropico che genera eterogeneità ambientale, a livello di specie, comunità, paesaggio (Naveh & Lieberman, 1984; Pignatti, 1997), creando dinamiche spesso di difficile interpretazione, in cui possono essere implicati fattori ambientali quali suolo, humus, clima, ma anche e non secondari, fattori di dispersione delle specie su cui non si

hanno conoscenze sufficienti. Il dinamismo che ne consegue implica quindi l'esistenza di un complesso di fattori ecologici interagenti, la cui individuazione riveste una particolare importanza per la comprensione degli attuali processi ecologici, per poter quindi avanzare previsioni e programmare interventi gestionali mirati.

I boschi analizzati rappresentano l'espressione tipica della faggeta interna appenninica, classificata come *Polysticho-Fagetum* (Feoli e Lagonegro, 1982): si tratta della vegetazione finale della fascia subatlantica tra 1200-1900 m.s.l.m., caratteristica delle vallate interne dell'Appennino centrale con clima subcontinentale, costituito da uno strato arboreo composto quasi esclusivamente da faggio e sottobosco con specie erbacee tipiche della faggeta centroeuropea.

Il *Polysticho-Fagetum* è diffuso all'interno nell'Appennino centrale, generalmente nelle aree a maggiore continentalità, cioè sottratte all'influenza delle correnti umide provenienti dal Tirreno.

Di questa associazione sono state descritte diverse tendenze evolutive, corrispondenti alle differenti caratteristiche di suolo, pendenza e copertura vegetale (Pignatti, 1998). Questi aspetti sono indicati come:

**BOSCO DENSO:** Variante a *Galium odoratum* su suoli profondi (aspetto di faggeta fresca).

Aspetto caldo con la presenza di *Ostrya carpinifolia* e *Fraxinus ornus*.

**BOSCO CHIARO:** Variante di faggeta pianeggiante a *Sanicula europaea*.

Variante su versante scosceso e pendii rocciosi con *Silene italica*.

Faggete acidofile a mirtillo (*Vaccinium myrtillus*).

Questa classificazione è stata implementata ed espressa con maggior dettaglio sulla base dei risultati di questo lavoro.

Le faggete rilevate nell'area di studio sono comprese tra 1114 e 1992 m di quota.

La gestione dei 7 S.I.C. è articolata in differenti forme di governo.

#### **4.4 Dalla selvicoltura tradizionale alla selvicoltura sistemica**

Nel corso degli ultimi decenni, soprattutto a partire dalla fine del secondo conflitto mondiale, sono intervenuti cambiamenti a livello socio-economico che hanno condizionato il rapporto uomo-bosco, soprattutto nelle aree montane interne dell'Appennino dove la pressione antropica è drasticamente diminuita.

L'abbandono della montagna ha permesso alla vegetazione forestale il recupero di vaste superfici rispetto al precedente periodo in cui il bosco era stato fortemente utilizzato a fini produttivi per rispondere alle esigenze delle popolazioni montane, la cui economia era basata sul sistema agro-silvo-pastorale che per secoli ha sottratto superficie al bosco a favore di pascoli e coltivi, oltre ad aver radicalmente trasformato le forme gestionali in relazione alle esigenze produttive.

In questo periodo storico vengono acquisite al Demanio dello Stato molte proprietà, sulle quali il Corpo Forestale dello Stato istituisce, a partire dagli anni '70, le prime Riserve Naturali, grazie alle quali è iniziato anche un importante processo di tutela e gestione diretta del territorio che ha costituito la base per la rete delle aree protette a livello nazionale e comunitario.

E' proprio in questa fase storica che anche grazie ad una sostanziale riduzione del prelievo legnoso, viene avviata una importante trasformazione gestionale: comincia ad affermarsi un approccio ecosistemico alla gestione delle foreste. In quest' ottica il bosco è considerato un ecosistema complesso in cui oltre alla componente arborea, assumono importanza anche quella erbacea, arbustiva, faunistica e microbiologica. La gestione passa quindi da una selvicoltura di tipo classico, finalizzata a massimizzare le produzioni legnose, ad una "naturalistica" fino ad arrivare, negli ultimi anni, al recente concetto di selvicoltura "sistemica" (Ciancio & Nocentini, 1996).

In tale contesto si inserisce l'attività gestionale dell'Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Castel di Sangro (UTB) che, nelle aree gestite direttamente dal Corpo Forestale dello Stato nell'Appennino abruzzese, ha avviato esperienze finalizzate al recupero ed alla salvaguardia degli ecosistemi forestali e a garantire livelli occupazionali e di reddito coerenti con le necessità del contesto socio economico.

Le ipotesi di gestione applicate dal Corpo Forestale sono state indirizzate:

- all'aumento della diversità strutturale tramite interventi di selvicoltura su basi naturalistiche-sistemiche, mirati alla creazione di complessi forestali irregolari, sia in senso verticale che orizzontale, che nel lungo periodo potessero evolvere in popolamenti disetaneiformi;
- al restauro della diversità biologica tramite misure che favoriscono la diffusione di latifoglie autoctone, sia arboree che arbustive anche per aumentare le risorse trofiche disponibili per la fauna selvatica;
- alla verifica delle attività svolte in funzione degli obiettivi fissati, monitorando progressivamente la risposta degli ecosistemi secondo una serie di indicatori;
- al recupero ed alla valorizzazione di forme di gestione tradizionali, per la conservazione dei valori storico-culturali.

#### **4.5 L'approccio ecologico nella selvicoltura**

Inizialmente l'approccio gestionale è stato finalizzato al miglioramento delle condizioni ambientali, con interventi mirati al ripristino di condizioni di "naturalità" alterata dalla passata pressione antropica. In tale contesto sono stati presi in considerazione una serie di indicatori in grado di fornire informazioni sugli indirizzi gestionali. In particolare è stata analizzata l'idoneità e l'uso dei diversi ambienti da parte dei grandi mammiferi (soprattutto orso e ungulati selvatici), la diversità floristica, la distribuzione dell'avifauna e dell'entomofauna forestale. Tali indagini hanno rappresentato la premessa per approfondire le conoscenze sui principali processi ecologici che avvengono nell'ecosistema forestale.

Su questi presupposti è stato avviato un progetto di ricerca per individuare le principali minacce alla conservazione della biodiversità.

## **5. MATERIALI E METODI**

### **5.1 Scelta delle stazioni da rilevare**

La scelta delle stazioni da rilevare è stata effettuata tenendo conto congiuntamente degli aspetti morfologici, pedologici, vegetazionali e selvicolturali. Ciascun popolamento forestale è stato considerato campionabile solo se omogeneo, per quel che riguarda i quattro aspetti summenzionati.

La caratterizzazione della stazione è stata eseguita mediante:

1. apertura, descrizione (Sanesi, 1977) e campionamento di ogni orizzonte per le analisi fisico-chimiche di routine per i profili di suolo;
2. descrizione macroscopica dei profili dell'humus in corrispondenza dei profili pedologici (Jabiol et al., 1994; Klinka et al., 1993) e in altri punti dell'area campione;
3. descrizione dello strato arboreo e valutazione della copertura arborea in corrispondenza del profilo;
4. rilievo fitosociologico;
5. inventario floristico.
6. misure microclimatiche

## **5.2 Metodo di campionamento della vegetazione**

Lo studio delle associazioni vegetali si avvale del metodo di Braun-Blanquet. Si tratta di un metodo floristico-statistico che si basa su tre elementi: la lista di specie, la copertura della vegetazione e la presenza delle specie nella stessa area. Lo strumento con il quale si effettua un'analisi della vegetazione è il rilievo fitosociologico, il più utilizzato in Europa per la descrizione quali-quantitativa delle comunità vegetali. Quest'ultimo consiste nel campionamento di specie presenti in un sito e nella stima della copertura delle singole specie. Nel rilievo floristico viene eseguita anche una stima della copertura degli strati di cui si compone la vegetazione: arboreo (piante con fusto senza o con pochi rami e di altezza superiore ai 10 m), arbustivo (piante legnose ramificate e di altezza non superiore ai 5/10 m) ed erbaceo (piante erbacee perenni o annuali).

Il rilievo ha il vantaggio di rappresentare un metodo rapido, che permette una facile comparazione della vegetazione presente in più zone; lo scopo di tale confronto è quello di valutare le eventuali variabilità floristiche legate a specifici fattori ecologici.

Le coperture sia delle singole specie, che degli strati, viene stimata secondo la scala di Braun-Blanquet (1928) modificata da Pignatti (1953) (Tabella 5.2.2.1):

**Tabella 5.2.2.1** Scala di Braun-Blanquet modificata da Pignatti

<b>Braun-Blanquet</b>		<b>Pignatti</b>	
1-5%	1	1-20%	1
5-25%	2	20-40%	2
25-50%	3	40-60%	3
50-75%	4	60-80%	4
75-100%	5	80-100%	5

L'area rappresentativa del rilievo viene definita in base al riconoscimento del "minimo areale" o del "popolamento elementare omogeneo" il quale viene determinato nel corso dell'esecuzione del rilievo stesso. In pratica, quando si esegue l'inventario delle specie, si osserva un progressivo aumento del loro numero: graficando questo andamento in relazione alla superficie, si ottiene una curva che mostra un flesso in corrispondenza di una determinata superficie espressa in m<sup>2</sup>; successivamente, le specie si ripetono e il minimo areale corrisponde al punto di flesso. Esso varia in dipendenza della complessità della vegetazione. Vengono riportate (Tabella 5.2.2.2) le aree rappresentative (in m<sup>2</sup>) del rilievo per diversi tipi di vegetazione:

**Tabella 5.2.2.2** Aree rappresentative del rilievo per diversi tipi di vegetazione

<b>Tipi di vegetazione</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Tipi di vegetazione</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
Prati	25	Boschi di conifere	100
Faggete	100	Leccete	100
Querceti	150		

La scelta preventiva delle aree di saggio o rilievo è stata in passato considerata un limite del rilievo fitosociologico, in quanto portatrice di soggettività, ma questo limite viene superato quando si tenga conto del fatto che il risultato del rilievo è costituito da una lista di specie che il rilevatore non conosce prima di effettuare il rilievo stesso. D'altra parte i rilievi a random, che seguirebbero un criterio più oggettivo, si sono rilevati efficaci solo nelle vegetazioni molto semplici e uniformi, come quelle dei deserti e da noi dei suoli salini litoranei; altrimenti, il metodo più corretto per campionare la vegetazione è quello di eseguire un numero di rilievi che risulti statisticamente soddisfacente per le procedure di classificazione ed ordinamento.

## ***5.2.1 Ecoindicatori***

### ***5.2.1.1 Indice di emerobia e disturbo***

Le faggete dell'area di studio hanno una lunga storia di interventi selvicolturali, come in generale la maggior parte delle foreste a *Fagus sylvatica* dell'Appennino. Sovrapascolo, tagli indiscriminati ed incendi hanno causato nel tempo un deterioramento di questo habitat (Bergmeier & Dimopoulos, 2001; Hofmann, 1991). L'alterazione della "canopy" e l'assottigliamento dei suoli, costituiscono le conseguenze più evidenti di questo disturbo antropico. In ambiente mediterraneo non sono molti gli studi che si occupano degli aspetti strutturali e funzionali delle faggete in relazione al disturbo (Piovesan, 2005). La vegetazione primaria inalterata è attualmente quasi inesistente su scala planetaria (Pignatti, 1995) e in particolare i boschi italiani sono soggetti ad un antico e prolungato sfruttamento risalente alle prime popolazioni italiche (Contoli et al., 1980), ma va sottolineato come anche in condizioni naturali esistono fattori di disturbo, per esempio la caduta degli alberi senescenti, gli incendi e le slavine che accendono una successione secondaria. Pertanto è importante analizzare gli effetti del disturbo a scale diverse e sulle diverse componenti dell'ecosistema (flora, fauna,

vegetazione, paesaggio, suolo etc..). Pertanto Il disturbo, quale fattore ecologico naturale rappresenta una causa primaria della eterogeneità spaziale negli ecosistemi (Platt, 1975; Loucks et al., 1985; Collins & Glenn, 1988; White et al., 2001). Sfortunatamente una stima diretta del disturbo e degli impatti antropici è generalmente difficile, per cui si ricorre ad una valutazione indiretta attraverso i cambiamenti nella composizione delle comunità; così in pratica, non studiamo direttamente il disturbo, bensì la risposta della vegetazione ad esso (Fanelli & Testi, 2008). L'indice di emerobia risulta particolarmente adatto per questo scopo; esso è stato messo a punto in studi botanici effettuati in ecosistemi urbani (Kowarik, 1990); esprime il grado di disturbo passato e presente secondo una scala a 10 punti (Van der Maarel, 1979; Fanelli & De Lillis, 2004).

### 5.2.1.2 Indicatori di Ellenberg

Gli ecoindicatori utilizzati si riferiscono al ben noto modello di bioindicazione di Ellenberg (1974) e all'indice di emerobia (Kowarik, 1990), largamente applicato negli studi botanici (Van der Maarel 1979) e più recentemente in quelli ecologici (Fanelli et al., 2006a-b-c, Testi et al., 2006a). Gli indicatori di Ellenberg (Ellenberg, 1979) rappresentano uno strumento sintetico ed efficace per analizzare ed esprimere la complessità ecosistemica (Pignatti et al., 2001; Fanelli et al., 2005; Testi et al., 2004). Essi rappresentano un set di valori per le specie della flora Centro-Europea, e per quella mediterranea (Pignatti et al., 2005; Fanelli et al., 2006b) riassumendo in 7 indici, la richiesta media di luce (L), temperatura (T), continentalità del clima (K), umidità del suolo (F), pH del suolo (R), azoto (N) e salinità (S), unificando un complesso di parametri ambientali. I valori dei 7 indici sono compresi in un range tra 1 e 10, tranne per l'indicatore di umidità del suolo la cui scala è estesa a 12 per indicare suoli temporaneamente o permanentemente inondati.

Il modello di Ellenberg è usato in studi di ecologia vegetale (Schaffers & Sykora, 2000), in studi comparativi sulle comunità vegetali (Testi et al., 2006b) e in studi relativi ai rapporti tra vegetazione e cambiamenti climatici (Pignatti et al., 2001).

### **5.3 Le misure microclimatiche**

Le misure microclimatiche sono state effettuate nella stessa area del rilievo di vegetazione e di suolo, in giornate scelte secondo i criteri standard di assenza di vento e nuvolosità (Barkmann, 1977).

I parametri misurati sono:

- temperatura dell'aria (T°C) ed umidità dell'aria misurate al livello del suolo e ad 1,50 m da esso mediante termoigrometro HD 23010K digitale con una sonda (HP472AC) che misura la temperatura e l'umidità relativa dell'aria;
- radiazione luminosa espressa come PAR (Photosynthetic Active Radiation: Watt/m<sup>2</sup>/sec) mediante fotoradiometro (DO9721 DELTA OHM), misurata al livello del suolo e ad 1,50 m da esso con sonda LP471PAR quanto-radiometrica per la misura del flusso di fotoni nel campo della clorofilla PAR;
- temperatura del suolo (T°C) a 25 cm di profondità tramite geotermometro (PT100 DELTA OHM) con sonda a penetrazione TP473 P.0 penetrazione range -50° +400°C

Per ogni parametro, le misure sono state effettuate in tre punti scelti a random nell'area del rilievo. Inoltre è stata effettuata anche una misura standard di riferimento in una radura nei pressi dell'area di saggio.

Le misure microclimatiche sono state associate ai rilievi di lettiera, vegetazione ed ai profili pedologici. L'elaborazione dei dati microclimatici è stata effettuata calcolando gli scarti dei valori di temperatura e umidità dell'aria misurati nella parcella forestale dagli standard di riferimento presi nelle radure adiacenti alla stazione boschiva e dalle medie mensili ed annuali delle stazioni meteorologiche locali prossime all'area di studio. L'indagine sul microclima ha permesso di comprendere in maniera più approfondita l'influenza del clima sulla pedogenesi, sulla vegetazione e sulla dinamica dell'humus, ed in particolare di analizzare le differenze tra i boschi esaminati.

## **5.4. Struttura forestale**

Le forme di governo presenti sono state classificate dal Corpo Forestale dello Stato come:

- CEDUI: bosco che si rinnova agamicamente attraverso l'emissione di polloni in seguito a tagli periodici, con numerosi fusti per ceppaia tipicamente raggruppati "a mazzetti".
  - Ceduo giovane (C1): bosco ceduo caratterizzato da stadio di sviluppo compreso tra il momento del ricaccio e quello che corrisponde alla copertura completa del terreno.
  - Ceduo adulto (C2): bosco ceduo caratterizzato da stadio di sviluppo compreso tra la copertura completa del terreno ed il culmine dello sviluppo longitudinale dei polloni.
  - Ceduo maturo e invecchiato (C3): bosco ceduo caratterizzato da stadio di sviluppo successivo alla culminazione dello sviluppo longitudinale dei polloni, durante il quale si realizzano fenomeni di elevata concorrenza tra gli individui, e nel tempo, diffuso decadimento della produzione degli assortimenti da ardere, forte selezione e mortalità.
- FUSTAIA: bosco che si rinnova prevalentemente per seme, costituito da fusti unici che edificano tipiche strutture "colonnari".
  - Fustaia giovane (F1) il popolamento è da seme (naturale o di impianto) caratterizzato da stadio di sviluppo giovanile, con forti accrescimenti longitudinali e diametri non ancora elevati (fino a 20-30 cm).
  - Fustaia adulta (F2): popolamento da seme (naturale o di impianto) caratterizzato da stadio di sviluppo elevato, con accrescimenti longitudinali non molto sostenuti e diametri abbastanza elevati (30-50 cm).
  - Fustaia matura e stramatura (F3): popolamento da seme (naturale o di impianto) caratterizzato da stadio di sviluppo avanzato, con accrescimenti longitudinali ormai ridotti e diametri notevoli (oltre 50 cm).
  - Fustaie irregolari (F4): popolamento da seme (naturale o di impianto) caratterizzato da struttura disetaneiforme o irregolare con marcate differenziazioni diametriche, anche in assenza di regolari pratiche colturali.

## **5.5 Humus**

Tra le classificazioni degli humus esaminate, si è ritenuto opportuno adottare in questo lavoro quella elaborata da Jabiol/Zanella (Zanella, 2001), perché utilizzata nelle faggete del Trentino, ambiente simile a quello oggetto del presente studio. Essendo la classificazione degli humus in ambiente appenninico un lavoro pioniero viene dedicata maggiore approfondimento e dettaglio nell'illustrazione dei metodi seguiti.

Lo studio delle forme di humus ha previsto tre distinti livelli di indagine :

1. descrizione macroscopica del profilo di humus in campo;
2. raccolta di campioni per ciascun orizzonte e loro osservazione allo stereomicroscopio;
3. analisi di laboratorio: stima del contenuto di carbonio e azoto e del ricavato rapporto carbonio/azoto.

### ***5.5.1 Scelta del punto di rilevamento***

In un'indagine volta alla descrizione delle forme di humus, la scelta del punto dove eseguire il rilievo è di basilare importanza; all'interno dell'area oggetto di studio esso va calcolato in una zona che rispecchi le caratteristiche medie dell'ambiente naturale indagato.

In generale sono da evitare le seguenti posizioni:

- quelle in cui prevalgono processi di accumulo o di erosione (impluvi e displuvi, dossi e buche,...);
- quelle in prossimità di strade, sentieri, piste da sci e, in generale, le zone antropizzate;
- quelle ecotonali all'interno di formazioni forestali, cioè le posizioni di transizioni tra bosco, chiarie e/o radure, e quelle di passaggio tra situazioni forestali differenti (per composizione, densità, struttura, stadio evolutivo...).

Anche queste posizioni possono però essere l'oggetto di indagini particolari e utili per capire il funzionamento dinamico dei sistemi naturali.

### **5.5.2 Modalità di esecuzione del rilevamento**

La modalità di esecuzione del rilievo è differente a seconda che si tratti di un rilevamento di tipo “speditivo” o di tipo “completo”. Nel primo caso, volto solamente alla classificazione della forma di humus, è sufficiente realizzare un’apertura nel terreno di dimensioni tali che risultino accessibili e ben visibili gli orizzonti organici e il sottostante orizzonte organo-minerale. Qualora il rilevamento sia di tipo “completo”, cioè finalizzato ad un’indagine di maggior dettaglio, si procede scavando una buca che permetta di scoprire l’insieme degli orizzonti del suolo; in questo caso lo scavo ha dimensioni medie di un parallelepipedo di larghezza pari almeno a 50 cm e profondità tale da raggiungere o avvicinarsi il più possibile al substrato roccioso. Una visione complessiva del profilo, oltre a consentire una più agevole descrizione degli orizzonti superficiali (soprattutto l’orizzonte A), permette l’individuazione del tipo di suolo, al quale sono strettamente legate le forme di humus.

Il profilo di humus è esaminato cercando di distinguere un orizzonte dal successivo, in base alle caratteristiche seguenti:

- spessore dell’orizzonte (espresso in centimetri);
- andamento del limite inferiore, cioè l’aspetto morfologico del limite;

### **5.5.3 Gli orizzonti diagnostici**

La descrizione degli orizzonti diagnostici, qui applicata all’ambiente forestale di faggeta, fa riferimento al sistema di classificazione francese del “*Référentiel Pédologique*” (AFES, 1995; Jabiol et al., 1995).

Sono definiti orizzonti organici ed indicati con la lettera “O”, quegli orizzonti situati generalmente alla superficie del suolo, formati da materiali vegetali ed animali (foglie, residui legnosi, frutti, piante erbacee, spoglie animali, escrementi...) più o meno trasformati.

Gli orizzonti organici si possono distinguere in tre grandi categorie: OL, OF ed OH. Questa distinzione si basa sul grado di decomposizione della sostanza organica. In particolare, nell’individuazione degli orizzonti organici ci si riferisce sia al livello di trasformazione degli apporti organici, sia alla diversa quantità di sostanza organica fine presente, stimata come

percentuale in volume. Tale sostanza organica fine è costituita da coproliti (escrementi della pedofauna) più o meno rimaneggiati, e da altri residui organici (vegetali ed animali) aventi struttura e forma non riconoscibili ad occhio nudo.

La suddivisione di ogni orizzonte in sottorizzonti fornisce ulteriori indicazioni sul modo di trasformazione della sostanza organica.

### 5.5.3.1 L'orizzonte "OL" (L come Lettiera)

L'orizzonte OL si trova in superficie e riposa sull'orizzonte OF, oppure direttamente su un orizzonte organo-minerale. Esso è costituito da residui vegetali (prevalentemente foglie intere poco modificate o debolmente frammentate) la cui forma originaria è ancora chiaramente riconoscibile ad occhio nudo. La sostanza organica fine generalmente assente o è solo occasionalmente presente in percentuali minime (5÷10%). Talvolta sono presenti quantità variabili di coproliti di lombrichi anecici, depositati quando tali animali risalgono in superficie per nutrirsi della lettiera.

A seconda del grado di trasformazione dei residui vegetali, l'orizzonte OL è distinguibile in due principali sottorizzonti:

- OLn ("n" come nuovo, in riferimento alla lettiera di recente apporto): situato alla superficie del suolo, è costituito da residui vegetali giunti al suolo da poco tempo (meno di un anno). Le foglie, di colore bruno scuro, sono ancora intere o quasi, non legate tra loro e disposte casualmente. Tale strato è soggetto ad accumuli o spostamenti a opera del vento e subisce una variazione stagionale di spessore dovuta ai ritmi dell'attività biologica;
- OLv ("v" come vecchio, in riferimento allo stato di invecchiamento della lettiera): è posto sotto l'OLn e poggia sull'orizzonte OF oppure sull'orizzonte A. Si forma nei casi in cui l'attività biologica, prevalentemente della macro e mesofauna, non è sufficientemente intensa da consumare la totalità dei residui vegetali che annualmente si depositano al suolo. In tali condizioni la rimanente porzione di lettiera subisce una serie di modificazioni e trasformazioni evidenti: il colore delle foglie da bruno passa a biancastro e i tessuti perdono consistenza. Le foglie, intere o poco

frammentate, tendono a disporsi in pacchetti caratterizzati da una certa coesione. In questo sottorizzonte l'attività biologica prevalente è quella dei funghi; la decolorazione delle foglie, infatti, è causata dall'azione di degradazione dei pigmenti bruni ad opera delle muffe bianche. Inoltre, la presenza di foglie scheletrizzate rivela l'opera degli enchitreidi, che si nutrono esclusivamente dei tessuti parenchimatici teneri della lamina fogliare, risparmiando le nervature lignificate poco digeribili.

- Nel caso di suoli con intensa attività di lombrichi è possibile la presenza di un altro sottorizzonte, definito OLT ("t" come transizione). Esso è posto sotto l'OLn, oppure direttamente alla superficie del suolo, mentre inferiormente poggia sull'orizzonte A: è ciò che rimane della lettiera fresca in seguito all'azione sminuzzatrice operata dai lombrichi. All'aspetto, l'OLT si presenta come un OLn frammentato; i residui vegetali, infatti, sono nettamente frammentati, ma poco o non trasformati. E' spesso discontinuo con abbondanti coproliti di lombrichi anecici; la sostanza organica fine è pressoché assente. E' importante prestare attenzione affinché questo sott'orizzonte non sia confuso con l'OF.

#### 5.5.3.2 L'orizzonte "OF" (F come Frammentazione)

L'orizzonte OF è situato sotto l'orizzonte OL e poggia sull'orizzonte OH oppure sull'orizzonte A. Si forma soprattutto per opera di artropodi (larve di ditteri e di diplopodi, collemboli, acari) e di anellidi (enchitreidi e vermi epigei) quando l'attività di vermi anecici è ridotta o nulla; attraverso l'azione sminuzzatrice di questi organismi, il materiale vegetale (soprattutto foglie) viene ridotto in frammenti di piccole dimensioni, ma ancora tali da permetterne il riconoscimento ad occhio nudo, che si mescolano con i coproliti derivanti da questa attività.

L'OF è dunque costituito da pezzetti di foglie e di residui legnosi, frammisti a quantità variabili (fino al 70% attraverso una stima visiva) di escrementi della pedofauna. Questi ultimi, sotto forma di materiale organico scuro di varia forma (sferica, ovoidale, cilindrica...) e dimensione (da qualche  $\mu$  a 1÷3 mm), più o meno rimaneggiati, costituiscono la cosiddetta sostanza organica fine.

Qualora le foglie siano poco frammentate è necessario prestare attenzione a non confondere l'OF con l'OLv; è dunque la presenza o l'assenza di sostanza organica fine a fungere da elemento di diagnosi.

Altre volte, invece, l'orizzonte OF può essere confuso con l'OLt; in tal caso la presenza di sostanza organica fine e l'aspetto alterato dei residui vegetali (decolorati, rammolliti ed incollati tra loro) ne permettono la distinzione.

Si tenga inoltre presente che la valutazione della percentuale di sostanza organica fine non è sempre facile.

Spesso, infine, l'orizzonte OF si presenta percorso da una rete più o meno fitta di radici fini e di miceli fungini; ciò può portare ad una sovrastima della percentuale di sostanza organica fine ed alla confusione di questo orizzonte con l'OH.

In base al grado di frammentazione dei residui vegetali ed alla presenza più o meno abbondante di sostanza organica fine, è possibile distinguere due sottorizzonti, corrispondenti a stadi successivi di trasformazione del materiale organico di partenza:

- OFr ("r" come residui, essendo questi predominanti sulla sostanza organica fine): la sostanza organica fine è presente in quantità inferiore al 30% del volume; i residui fogliari, più o meno frammentati, sono ancora di dimensioni relativamente grandi e spesso riuniti in densi pacchetti;
- OFm ("m" come misto, con sostanza organica fine e residui in proporzioni simili): la sostanza organica fine varia dal 30% al 70% del volume; i residui vegetali sono fortemente frammentati e i pacchetti fogliari non sono comuni; abbondano i residui legnosi.

Nel caso in cui i miceli fungini siano così abbondanti da avvolgere con le loro ife i residui vegetali, la distinzione tra OFr ed OFm può essere difficile: si parla allora genericamente di un orizzonte OF a struttura micogenica (OFc, "c" come champignon), distinto rispettivamente in OFrc ed OFmc (quest'ultima distinzione è molto difficile da percepire).

La suddivisione in sottorizzonti non è sempre semplice, e in ogni modo non ha rilevanza ai fini della classificazione delle forme di humus (per la quale è sufficiente rilevare la presenza e lo spessore dell'orizzonte OF). La loro distinzione al momento del rilievo assume in ogni caso

un importante significato diagnostico per una corretta valutazione del grado di evoluzione della sostanza organica.

### 5.5.3.3 L'orizzonte "OH" (H come Humus)

L'orizzonte OH è posto sotto l'orizzonte OF; il passaggio tra questi due orizzonti è generalmente brusco (con riferimento agli orizzonti organici, tale passaggio si definisce abrupto, cioè avviene entro 5 mm di spessore).

Esso corrisponde ad uno stadio avanzato di trasformazione della sostanza organica; più del 70% del volume è costituito da sostanza organica fine, valutata escludendo le radici fini, vive o morte, e i residui di legno e di corteccia. Tale sostanza organica fine è rappresentata da coproliti notevolmente rimaneggiati (ammassi millimetrici a struttura granulare) e da microdetriti vegetali e fungini, senza struttura riconoscibile ad occhio nudo; i residui vegetali ancora riconoscibili sono molto ridotti (massimo 30%). Talvolta l'orizzonte OH può contenere piccole quantità di minerali provenienti dal sottostante orizzonte organo-minerale o minerale a causa dell'azione del rimescolamento operata dalla pedofauna.

All'osservazione questo orizzonte si presenta omogeneo, di colore da bruno rossastro (specialmente in presenza di abbondanti residui legnosi) fino a nero. La struttura è spesso granulare per l'abbondante presenza di coproliti rimaneggiati; altre volte i residui vegetali sono microframmentati e polverizzati, e conferiscono alla struttura un carattere fibroso o addirittura particellare. Nel caso in cui abbondino i funghi la struttura può essere massiva.

A contatto con le mani l'orizzonte è morbido se allo stato secco, mentre può essere grasso e in alcuni casi unto se allo stato umido.

Quando gli orizzonti OF ed OH sono esplorati da un elevato numero di radici fini, può capitare che un OH sia classificato come un OF, a causa della sottostima della percentuale di sostanza organica fine. Altra possibile confusione può avvenire tra l'orizzonte OH e l'orizzonte A, nel caso di suoli piuttosto ricchi di frazione limosa, con elevati contenuti di sostanza organica e una struttura microgrumosa nell'orizzonte A; ad occhio nudo l'interpretazione può allora diventare difficile, rendendosi necessario l'impiego di una lente di ingrandimento.

Secondo la quantità di sostanza organica fine è possibile distinguere due sottorizzonti:

- OHr (“r” come residui, essendo questo sottorizzonti il più ricco di residui tra gli OH): possiede un contenuto di sostanza organica fine compreso tra il 70% e il 90% del volume;
- OHf (“f” come sostanza organica fine, essendo quest’ultima predominante sul resto del materiale che compone il sottorizzonte): possiede un contenuto di sostanza organica fine superiore al 90% del volume.

Nel caso di abbondanza di miceli fungini i parla di OHc (“c” come champignon).

L’identificazione dei sottorizzonti OHr ed OHf non è sempre semplice, in ogni modo non ha rilevanza ai fini della classificazione delle forme di humus (per la quale è sufficiente la presenza e lo spessore dell’orizzonte OH). La loro distinzione al momento del rilievo assume in ogni caso un importante significato diagnostico per una corretta valutazione del grado di evoluzione della sostanza organica.

#### 5.5.3.4 L’orizzonte organo-minerale

Si definisce orizzonte “organo-minerale” (indicato con la lettera “A”) l’orizzonte caratterizzato da una mescolanza, più o meno intima, tra la sostanza organica e la sostanza minerale. In questo orizzonte mancano del tutto residui organici riconoscibili; la sostanza organica si trova infatti in uno stato avanzato di trasformazione, sotto forma di sostanza umica.

La sostanza organica conferisce all’orizzonte A una colorazione scura tanto più marcata quanto più essa è abbondante rispetto alla sostanza minerale. Nel caso in cui il colore sia simile a quello dell’orizzonte OH e pertanto tale da poter creare confusione, sarà la sensazione tattile ad eliminare i dubbi: il materiale dell’orizzonte A è infatti più denso (pesante) ed è riconoscibile la presenza di granelli di sabbia oppure di materiale argilloso.

L’orizzonte A è situato sotto gli orizzonti organici, ma si può trovare anche in superficie nel caso di profili decapitati o di suoli agrari; talvolta, per effetto dell’erosione pronunciata può essere assente. Il suo spessore varia da pochi ad alcune decine di centimetri.

Secondo il differente modo in cui la sostanza organica è mescolata con il materiale minerale è possibile distinguere tre tipi di orizzonti A:

- a) A biomacrostrutturato
- b) A di insolubilizzazione
- c) A di giustapposizione

Tale suddivisione ha importanza diagnostica fondamentale ai fini della classificazione delle forme di humus.

*a) L'orizzonte "A biomacrostrutturato"*

In questo orizzonte i principali responsabili del mescolamento della sostanza organica con quello minerale sono gli anellidi (soprattutto vermi anecici, ma anche vermi endogeni). Attraverso la loro attività digestiva, questi organismi realizzano un'intima e forte connessione, a livello molecolare, tra la componente organica (sotto forma di sostanze umiche) e quella minerale (prevalentemente argilla); tale processo porta alla formazione di aggregati di dimensioni generalmente considerevoli, detti complessi "umo-argillosi" per indicarne la caratteristica composizione.

L'orizzonte A biomacrostrutturato si forma laddove le condizioni dell'ambiente edafico risultano favorevoli all'attività degli anellidi. La struttura di questo orizzonte è grumosa/glomerulare, più o meno sviluppata a seconda dell'intensità dell'attività biologica.

*b) L'orizzonte "A d'insolubilizzazione"*

Questo tipo di orizzonte si forma laddove le condizioni chimico-fisiche dell'ambiente edafico sono sfavorevoli all'attività della pedofauna, ma permettono lo sviluppo di una considerevole attività fungina. La degradazione della lettiera avviene pertanto prevalentemente per via micolitica e porta alla liberazione di composti organici solubili che, in presenza di ferro ed argilla, si insolubilizzano e precipitano ricoprendo le particelle minerali del terreno. In seguito a questo processo fisico-chimico si forma una struttura di tipo microgrumoso, con aggregati di piccole dimensioni (3÷5 mm) più o meno ricchi di sostanza organica (microaggregati umo-argillosi).

Nei rilievi effettuati, questo tipo di orizzonte non è stato individuato.

*c) L'orizzonte "A di giustapposizione"*

In questo tipo di orizzonte la mescolanza tra la sostanza organica e quella minerale avviene senza la formazione di alcun legame tra i due tipi di materiali, che si trovano semplicemente accostati, "giustapposti".

Il materiale organico è presente sotto forma di coproliti di tipo ologranico (orizzonte "coprogeno"), costituiti da microframmenti di tessuti vegetali e da sostanze umiche chimicamente poco trasformate (umina ereditata); la generale povertà di ferro ed argilla impedisce l'insolubilizzazione dei composti organici solubili, che di conseguenza migrano verso il basso; assenti o rari sono i complessi umo-argillosi di derivazione biologica. Poco abbondante è anche l'umina microbica. La trasformazione della lettiera avviene principalmente a opera di artropodi (acari, collemboli, ditteri, diplopodi) e di enchitreidi. L'individuazione di questo orizzonte non è sempre facile.

La giustapposizione tra materiale organico e minerale risulta bene espressa solamente nei casi a tessitura tendenzialmente sabbiosa. E' allora possibile vedere ad occhio nudo l'accostamento tra i granuli di sabbia, puliti e lucidi, e i coproliti di colore scuro (aspetto "pepe e sale"): la struttura è di tipo particellare. Talvolta, in ambiente acido, l'orizzonte A di giustapposizione si distingue con difficoltà da un A biomacrostrutturato; quest'ultimo, in tali condizioni, ha infatti una struttura microgrumosa, intercalata da granuli minerali puliti. Altrettanto difficoltoso è il riconoscimento dell'orizzonte A di giustapposizione in presenza di una certa quantità di limo ed argilla. L'aspetto "pepe e sale" non è più evidente e si formano dei piccoli grumi organo-minerali; l'orizzonte può essere allora confuso con un A biomacrostrutturato a struttura microgrumosa. In questo caso la giustapposizione non è visibile nemmeno su sezione sottile.

L'A di giustapposizione è formato da deiezioni di enchitreidi (e acari) giustapposti a granelli di sabbia chiari. E' come se gli enchitreidi migrassero come "pendolari" dagli orizzonti organici verso l'orizzonte minerale sottostante (essi ingeriscono dei granuli minerali per facilitare la digestione), per poi risalire in quelli organici rilasciando a metà strada escrementi in cui la sostanza organica non è intimamente legata alla parte minerale (come invece avviene per i lombrichi), formando così questo orizzonte "intermedio" di giustapposizione.

#### **5.5.4 Classificazione delle forme di humus**

Il sistema di classificazione delle forme di humus proposte nel Référentiel Pédologique (A.F.E.S., 1995; Jabiol et al., 1995) è di tipo “morfogenetico”: esso è, infatti, basato sul principio che il funzionamento biologico e fisico-chimico che conduce alla genesi dell’humus si traduce in una determinata morfologia degli orizzonti “olorganici” e “organo-minerali” che lo caratterizzano.

L’individuazione delle forme di humus avviene percorrendo due tappe:

1. il riconoscimento del tipo di orizzonte A (“di insolubilizzazione”, “biomacrostrutturato”, “di giustapposizione”, “di diffusione”) e del limite tra quest’orizzonte ed il sovrastante orizzonte organico, riconduce a quattro differenti modi di funzionamento dell’humus: MULL, AMPHIMULL, MODER e MOR.
2. la successione e lo spessore degli orizzonti olorganici (OL, OF, OH) permettono di identificare con maggiore precisione le principali forme di humus presenti in ambiente forestale aerobico (per es. EUMULL, MESOMULL, HEMIMODER, DYSMODER, ecc.).

Per il riconoscimento e la classificazione delle forme di humus si fa riferimento alla chiave tassonomica riportata in figura 5.5.4.1

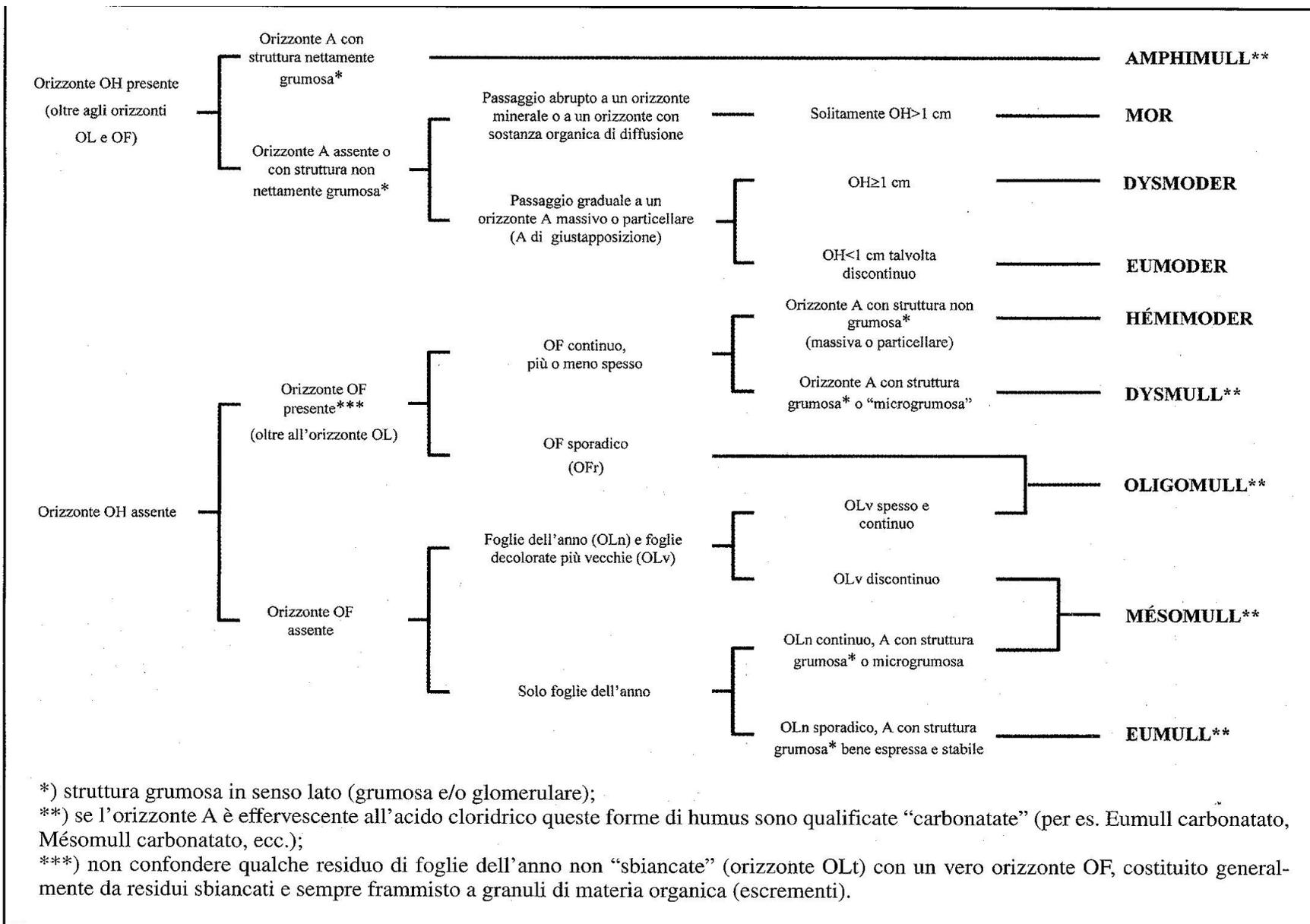


Figura 5.5.4.1 Chiave di determinazione delle FORME DI HUMUS aerobiche (Brethes et al., 1992; AFES, 1995; Jabiol et al., 1995)

### ***5.5.5 Parametri dell'humus ed analisi di laboratorio***

Parametri degli humus esaminati:

- gli spessori dei singoli orizzonti OL, OF (suddivisibile a sua volta in OFr ed OFm), ed infine OH (suddivisibile a sua volta in OHr ed OHf);
- lo spessore totale dell'episolum umifero (cioè l'insieme degli orizzonti, OL, OF ed OH), diagnostici per la classificazione dell'humus stesso la cui organizzazione dipende essenzialmente dall'attività biologica;
- la quantità di carbonio (%) misurato nei diversi orizzonti;
- la quantità di azoto (%) misurato nei diversi orizzonti;
- il rapporto Carbonio/Azoto (C/N).

Si è scelto di calcolare anche il rapporto C/N per verificare se tale parametro può costituire uno strumento efficace per la classificazione degli humus in ambiente Appenninico.

Per ogni orizzonte di ciascun profilo, si è raccolta una quantità sufficiente di campione da analizzare e conservati in sacchetti di plastica, cui sono state applicate etichette adesive per l'identificazione e avendo cura di evitare contaminazioni di qualsiasi tipo e sono stati portati in laboratorio.

L'attività di analisi in laboratorio, effettuata al CNR di Montelibretti-Roma, è stata preceduta da una fase preparatoria in cui:

1. i campioni sono stati essiccati all'aria;
2. i campioni sono stati osservati allo stereomicroscopio nella loro struttura e composizione.

Successivamente si è passati alle analisi per il contenuto dei nutrienti osservando il seguente protocollo analitico:

- i campioni essiccati sono stati omogeneizzati e un sottocampione rappresentativo è stato sottoposto a macinazione mediante micromulino. Una parte del campione macinato è stato posto in capsula di stagno e pesato con una bilancia di precisione al millesimo/decimillesimo di grammo;

- per ciascun campione sono stati determinati il contenuto di Carbonio (C) e Azoto (N) espressi in % per N e C, e riferiti al peso secco “tal quale”;
- Azoto totale e Carbonio sono stati determinati con un analizzatore elementare CHNS (Carlo Erba 1108, Milano, Italia).

Sono stati analizzati 251 campioni di humus.

## **5.6 SUOLO: Fattori edafici**

L'analisi pedologica associata ai rilievi di lettiera e di vegetazione è stata mirata all'evidenziazione dei parametri più influenti sulla distribuzione delle specie nel sottobosco delle faggete esaminate.

L'analisi pedologica è stata suddivisa in tre sottofasi:

1. Rilevamento di campagna;
2. Analisi di laboratorio;
3. Classificazione dei suoli e dei relativi orizzonti.

### ***5.6.1 Rilevamento di campagna***

Sono stati effettuati 37 profili di suolo nelle stazioni rappresentative dell'area di studio in parallelo con rilievi di vegetazione, profili di humus e misure microclimatiche. In ciascuna di esse è stata effettuata una descrizione accurata di tutte quelle caratteristiche che consentono di inquadrare il suolo nel proprio ambiente fisico naturale. Si è passati successivamente alla fase di scavo, realizzato in modo da consentire una buona osservazione e quindi descrizione della sequenza degli orizzonti dovuta all'evoluzione pedologica. Quando possibile si sono utilizzate sezioni naturali o artificiali. Per il rilevamento si è fatto uso del seguente equipaggiamento: carta topografica, bussola ed altimetro per la collocazione della stazione sulla carta, coltello, paletta, piccone e trivella per lo scavo ed il prelievo dei campioni, metro, sacchetti di plastica, etichette, macchina fotografica.

### 5.6.1.1. Descrizione della stazione

Per ogni stazione di rilevamento sono state descritte le seguenti caratteristiche seguendo le indicazioni riportate nella “Guida alla descrizione del suolo” (Sanesi, 1977) :

- **località** (nome della località e le coordinate del punto di rilievo);
- **quota** m.s.l.m. (ricavata con il GPS e dove non possibile dalla lettura della carta topografia);
- **pendenza** (espressa in gradi sessagesimali e misurata con il clisimetro);
- **esposizione** (espressa in gradi sessagesimali e misurata con il clisimetro);
- **rocciosità** (si riferisce agli affioramenti rocciosi; è espressa in percentuale, stimata con l’ausilio di apposite tabelle di riferimento);
- **tipo di vegetazione e valori di copertura vegetale;**
- tipo di **roccia madre** (indica gli orizzonti su cui poggia il suolo, siano essi l’orizzonte C o l’orizzonte R).

### 5.6.1.2 Descrizione del profilo

Quando possibile viene scavata una sezione verticale che possa permettere l’osservazione della successione degli orizzonti pedologici, dalla superficie fino alla roccia madre.

Nei casi in cui questo non è possibile, si realizza lo scavo di una trincea tridimensionale, per una profondità che comprenda almeno i primi due orizzonti, quindi si continua con la trivella fino ad incontrare la roccia madre oppure il substrato roccioso, o ancora, fino a quando si incontrino ostacoli meccanici al campionamento.

Il profilo è esaminato cercando di distinguere un orizzonte dal successivo, in base alle caratteristiche di struttura, scheletro, umidità, colore, etc.

Nella descrizione di ogni orizzonte vengono prese in considerazione le seguenti caratteristiche:

- spessore dell’orizzonte (espresso in centimetri);
- andamento del limite inferiore (l’aspetto morfologico del limite);

- umidità (determinata esercitando una forte pressione tra pollice e indice su un campione di terreno, osservando poi la presenza o assenza di una pellicola d'acqua, ed eventualmente la sgocciolatura del campione);
- struttura (disposizione spaziale dei costituenti solidi del suolo, intesa come macrostruttura riferita alla forma, dimensioni, resistenza, grado di sviluppo e disposizione degli aggregati presenti all'interno dell'orizzonte in esame);
- consistenza (resistenza del suolo alla deformazione ed alla rottura; questa dipende dalla coesività tra gli stessi materiali, dall'adesività fra materiali diversi e dall'umidità presente tra le particelle di suolo; la consistenza è stata descritta come resistenza, caratteristica di rottura, grado di cementazione, massimo grado di adesività e massimo grado di plasticità; queste caratteristiche variano al variare dell'umidità);
- radici (determinate come quantità e dimensioni);
- porosità (in campagna è definibile solo la macroporosità -pori di diametro  $>60 \mu\text{m}$ - stimata attraverso la valutazione dell'abbondanza - percentuale in volume);
- scheletro (frammenti di roccia  $>$ di 2 mm di diametro, descritto come quantità, dimensioni, forma e litotipo dei frammenti);
- attività biologica (descritta come quantità);
- colore (che rappresenta il carattere pedologico dovuto a molteplici fattori, fra cui: la roccia madre, la sostanza organica, lo stato di ossidazione di alcune sostanze elementari, la presenza di alcuni ossidi o sali, etc.).

Il colore è stato determinato in laboratorio sui campioni umidi, per confronto con le tavole della Munsell-Soil Color Charts (valida internazionalmente), in cui il colore è espresso con i seguenti parametri mediante un codice:

- HUE (tinta) spettro base del colore. Si indica con lettere maiuscole indicative del colore dominante;
- CROMA (cromaticità) intensità del colore. Valori compresi in un intervallo da 1 a 10;
- VALUE (valore) opacità o brillantezza del colore. Valori compresi in una scala da 1 a 10.

Oltre a questi parametri sono stati riportati anche altri parametri (qualora presenti) come ad esempio la presenza di screziature.

Nel corso del presente studio sono state effettuati complessivamente 37 profili di suolo e raccolti 84 campioni.

### ***5.6.2. Analisi di laboratorio***

Per ogni orizzonte di ciascun profilo, si è raccolta una quantità sufficiente di suolo da analizzare. I campioni di terra sono stati conservati in sacchetti di plastica cui sono state applicate etichette adesive per l'identificazione e, avendo cura di evitare contaminazioni di qualsiasi tipo e sono stati portati in laboratorio.

L'attività di analisi in laboratorio è stata preceduta da una fase preparatoria in cui:

- i campioni sono stati essiccati all'aria
- dai campioni è stato tolto sia lo scheletro >2 mm che le foglie
- si è proceduto alla frantumazione degli aggregati più duri con l'ausilio di un mortaio
- i campioni sono stati setacciati con vaglio a 2 mm

Le analisi fisico-chimiche sono state effettuate secondo i metodi adottati dalla Società Italiana della Scienza del Suolo (1985) e dal Soil Survey Staff della U.S.D.A. (1975 e 1998):

1. Granulometria e Tessitura
2. pH in H<sub>2</sub>O
3. Carbonati totali
4. Carbonio organico e sostanza organica
5. Acidità di scambio
6. Basi di scambio
7. Capacità di scambio cationico
8. Saturazione in basi
9. Azoto totale

Sono riportati in tabella i valori delle analisi effettuate relativi a tutti gli orizzonti dei profili. Particolare attenzione è stata posta all'orizzonte A, in quanto è quello che contrae rapporti più stretti con gli strati dell'humus e con le specie erbacee.

### 5.6.2.1 Granulometria e tessitura

La tessitura rappresenta la distribuzione per classi di grandezza delle particelle elementari del suolo, che in misura decrescente vengono classificate come in tabella 5.6.2.1.1:

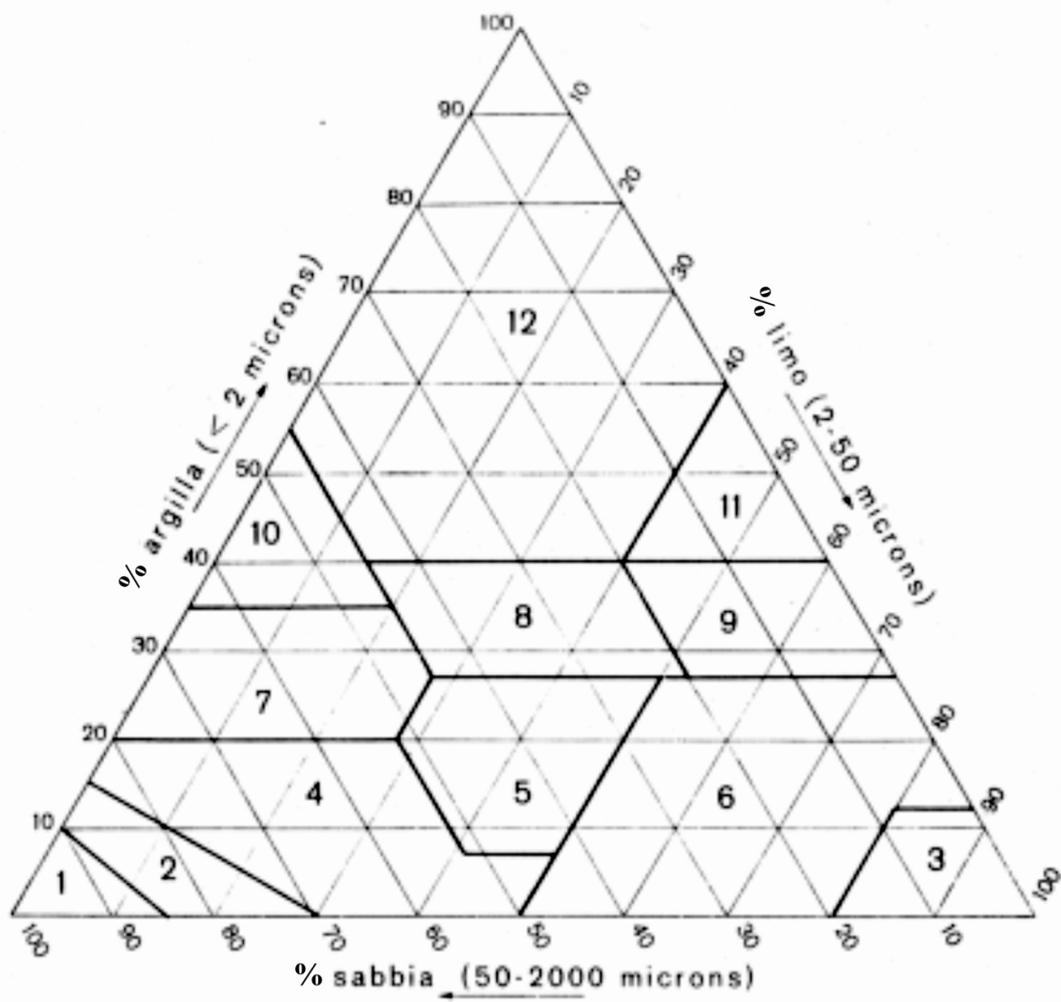
**Tabella 5.6.2.1.1** Classi di grandezza delle particelle elementari del suolo

FRAZIONE	DIAMETRO MEDIO
Sabbia grossa	2 - 0,5 mm
Sabbia media	0,5 - 0,25 mm
Sabbia fine	0,25 - 0,05 mm
Limo	0,05 - 0,002 mm
Argilla	< 0,002 mm

L'analisi prevede una prima fase che riguarda solo i campioni contenenti una quantità di sostanza organica maggiore del 4% i quali devono essere trattati con acqua ossigenata, per il tempo necessario alla sua completa distruzione.

Nella fase successiva viene effettuata la dispersione dei campioni utilizzando una soluzione di esametafosfato di sodio e agitando con l'agitatore meccanico. I campioni vengono quindi travasati nei tubi di sedimentazione e lasciati a riposare in vasca termostatica. Dopo 20 ore si procede alla misurazione della densità mediante densimetro, e da tale valore, è possibile calcolare la percentuale di argilla. Il campione viene poi setacciato a 0,05 mm e lavato di tutti i residui limosi, quindi messo in stufa a seccare.

Una volta essiccato, si procede alla pesata delle sabbie dopo averle setacciate. Il valore % del Limo si ottiene come complemento a 100 della somma di Argilla e Sabbia. In base alla percentuale di Sabbia, Limo ed Argilla, si ricavano le classi tessiturali per mezzo del "Triangolo delle tessiture" (Figura 5.6.2.1.1).



- |                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| 1 Sabbioso        | 7 Franco sabbioso argilloso |
| 2 Sabbioso franco | 8 Franco argilloso          |
| 3 Limoso          | 9 Franco limoso argilloso   |
| 4 Franco sabbioso | 10 Argilloso sabbioso       |
| 5 Franco          | 11 Argilloso limoso         |
| 6 Franco limoso   | 12 Argilloso                |

Figura 5.6.2.1.1 Triangolo tessiture

### 5.6.2.2 pH

La determinazione di questo valore è stata effettuata misurando, con pH-metro, la concentrazione idrogenionica della sospensione acquosa, ottenuta diluendo il suolo in acqua deionizzata in rapporto 1:25 e dopo averla posta in agitatore meccanico per 2 ore.

### 5.6.2.3 Carbonati totali

La determinazione della quantità di carbonati totali è stata effettuata mediante l'utilizzo del calcimetro, che opportunamente calibrato, misura le percentuali di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), liberata dalla reazione dei carbonati contenuti nel suolo con acido cloridrico (HCl).

### 5.6.2.4 Carbonio organico e sostanza organica

La determinazione analitica del carbonio organico totale, è stata eseguita con il metodo di Walkey-Black. Questa analisi si basa sull'ossidazione del carbonio organico con bicromato di potassio; la reazione è facilitata dal calore generato dall'aggiunta di acido solforico, e deve essere interrotta con aggiunta di acqua deionizzata.

Il K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> che non è stato utilizzato per l'ossidazione della sostanza organica, viene poi titolato con una soluzione di solfato ferroso ammonico (sale di Mohr).

Nei calcoli finali troviamo un fattore empirico che tiene conto del livello medio di riduzione del carbonio nei composti umici e rappresenta, quindi, la frazione ossidabile del carbonio presente. Un secondo fattore viene invece usato per passare dal contenuto di carbonio organico totale al contenuto di sostanza organica.

### 5.6.2.5 Acidità di scambio

L'acidità di scambio è data dalla somma degli ioni H<sup>+</sup> ed Al<sup>++</sup> scambiabili, presenti nel suolo. L'analisi è stata effettuata saturando il complesso colloidale del terreno con una soluzione di BaCl<sub>2</sub>. Dopo centrifugazione l'estratto è stato titolato con una soluzione 0.05 N di acido cloridrico.

#### 5.6.2.6 Basi di scambio

Le basi di scambio ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) sono state determinate mediante spettrofotometro ad assorbimento atomico. Il campione è stato lavato e diluito con acetato di ammonio a pH 7. Gli estratti ottenuti sono stati diluiti opportunamente e la concentrazione dei singoli elementi è stata misurata con l'Assorbimento Atomico dopo aver preparato i riferimenti standard a concentrazioni stabilite.

#### 5.6.2.7 Capacità di scambio cationico (C.S.C.)

Per C.S.C. si intende la totalità dei cationi scambiabili sulla superficie delle particelle organiche e minerali presenti nel suolo. Essa quindi è uguale alla somma delle basi scambiabili e dell'acidità di scambio. Viene espressa in meq./100g di suolo.

#### 5.6.2.8 Saturazione in basi (S.B.)

La saturazione in basi esprime il rapporto tra la somma dei cationi scambiabili e la C.S.C.

#### 5.6.2.9 Azoto totale

L'analisi dell'azoto totale è stata eseguita seguendo il metodo Kjeldhal. La determinazione si effettua in due fasi: nella prima si mineralizzano i campioni al fine di trasformare l'azoto organico in azoto ammoniacale ( $\text{NH}_4$ ); nella seconda fase si procede alla determinazione dell' $\text{NH}_4$  mediante distillazione in corrente di vapore del campione digerito, reso alcalino dall'aggiunta di soda.

Lo ione ammonio viene raccolto in una soluzione di acido bórico, quindi si titola con una soluzione 0.1N di acido solforico.

La determinazione dell'azoto totale permette di calcolare il rapporto C/N, che è utile per indicare lo stato di alterazione della sostanza organica.

Più il rapporto C/N è basso, più i processi di mineralizzazione, decomposizione ed alterazione della sostanza organica sono attivi.

### ***5.6.3 Classificazione dei suoli e dei relativi orizzonti***

Le indagini condotte in campagna e le successive analisi di laboratorio hanno consentito di effettuare una classificazione dei suoli studiati.

Essendo il suolo un corpo naturale estremamente sensibile alle variazioni dei vari fattori ambientali, esso è soggetto a continue trasformazioni, con la conseguenza che esistono numerosissimi tipi di suolo con molte differenze che li caratterizzano.

Numerose sono le classificazioni tassonomiche, storiche ed attuali, scritte in base ai criteri più diversi.

Nel presente studio è stato seguito uno dei sistemi più moderni di classificazione, cioè quello americano, elaborato dal Soil Conservation Service U.S.D.A. (Soil Taxonomy 1975 e successivi aggiornamenti del 1998).

Questo sistema si basa sull'identificazione di caratteri osservabili principalmente in campagna, e di orizzonti diagnostici, dotati di una loro morfologia e di proprietà specifiche che permettono di collocare il suolo in una determinata categoria.

#### ***5.6.3.1. Orizzonti pedogenetici, orizzonti diagnostici e classificazione americana***

In seguito ai processi specificatamente pedogenetici, si possono formare all'interno del profilo orizzonti distinti, disposti più o meno parallelamente fra loro, ed alla superficie. Gli orizzonti si distinguono l'uno dall'altro per composizione, caratteristiche macroscopiche, spessore.

Una prima grande classificazione degli orizzonti viene effettuata in base al contenuto di sostanza organica, per cui si possono distinguere:

- a) Orizzonti organici O
- b) Orizzonti minerali A-B-C-R

##### *a) Orizzonti organici*

La descrizione di tali orizzonti è riportata al paragrafo "5.5.1.3. Gli orizzonti diagnostici".

## *b) Orizzonti minerali A-B-C-R*

### *Orizzonti A*

Sono orizzonti emorganici che presentano un accumulo di sostanza organica umificata, intimamente associata alla frazione minerale. Per questo motivo gli orizzonti A si presentano generalmente più scuri degli orizzonti sottostanti contigui. La sostanza organica può provenire sia da detriti animali e vegetali, sia da migrazione degli stessi.

Qualora questi orizzonti abbiano subito un processo di eluviazione, essi si presentano con un colore più chiaro degli orizzonti sottostanti dovuto ad un impoverimento dei costituenti.

A seconda dei vari caratteri, l'orizzonte A può essere ulteriormente suddiviso in suborizzonti del tipo: A1, A2, A3, etc.

Per la classificazione U.S.D.A., gli orizzonti di superficie vengono denominati EPIPEDON (EPI = sopra, PEDON = suolo), questi sono diagnostici e possono essere di sei diversi tipi (mollico, umbrico, ochrico, histico, antropico, plaggen).

### *Orizzonti B*

Sono orizzonti di accumulo, caratterizzati da arricchimento di argilla, alluminio, o humus, provenienti dagli orizzonti superiori, per azione dell'acqua di percolazione, oppure, ad eccezione dell'humus, per degradazione del substrato pedogenetico. E' possibile il verificarsi dell'alterazione in posto dei silicati, con formazione di minerali argillosi e liberazione di ossidi di ferro.

La loro colorazione è spesso ocra bruna e la struttura è prismatica o poliedrica. Anche l'orizzonte B può essere suddiviso in suborizzonti B1, B2, B3, etc.

Per la classificazione americana, gli orizzonti B, sono considerati orizzonti diagnostici, profondi ed importanti come gli epipedons diagnostici superficiali, per definire i vari ordini e sottordini tassonomici. A seconda dell'origine si possono distinguere diversi tipi di orizzonti diagnostici di profondità.

Gli orizzonti diagnostici di profondità da noi riscontrati nella zona in esame sono:

*Orizzonte argillico (Bt):* si caratterizza per l'accumulo di argilla illuviale proveniente dagli orizzonti sovrastanti, rispetto ai quali ne deve contenere almeno 1.2 volte in più. L'argilla forma spesso evidenti pellicole (clay skins), o facce di pressione.

*Orizzonte cambico (Bw)*: rappresenta un orizzonte di alterazione in posto della roccia madre. Tale alterazione è evidente per un elevato tenore di argilla, per un valore più alto ed un croma più rossastro rispetto all'orizzonte sottostante, per un minore tenore di carbonati rispetto all'orizzonte sottostante, per fenomeni di riduzione e/o immobilizzazione del ferro, attestati dalla presenza di screziature grigiastre o grigio-azzurre. Lo spessore deve essere tale che, la sua base, si trovi almeno a 25 cm di profondità.

### *Orizzonte C*

Un orizzonte o strato minerale, esclusa la roccia, che è simile o dissimile dal materiale dal quale il suolo si ritiene si sia formato, relativamente poco influenzato dai processi di pedogenesi, e che manca delle proprietà diagnostiche di un A o di un B ma che include materiali modificati da: 1) alterazione indotte dal clima al di fuori della zona di maggior attività biologica; 2) cementazione reversibile, sviluppo di fragilità, sviluppo di alta densità apparente e d'altre proprietà caratteristiche dei frangipan (frangipan = orizzonte profondo franco o meno comunemente sabbioso con basso contenuto di sostanza organica ed alta densità apparente; quando è secco ha consistenza dura o molto dura, quando è umido diventa friabile e si rompe improvvisamente se compresso tra le dita); 3) gleizzazione; 4) accumulo di carbonato di calcio o magnesio o di sali più solubili; 5) cementazione con accumuli di carbonato di calcio e magnesio o sali più solubili; 6) cementazione con materiali silicei solubili in alcali o con ferro e silice.

Si possono distinguere:

- C: substrato pedogenetico
- C/R: substrato di transizione tra C e l'orizzonte R, con caratteristiche più vicine all'orizzonte C.

### *Orizzonte R*

Costituisce la roccia madre non alterata che ha fornito il substrato pedogenetico. Normalmente rappresenta il limite dell'attività biologica, che generalmente coincide con la comune profondità di attecchimento radicale delle piante spontanee perenni.

Il sistema di classificazione americano Soil Taxonomy, prevede un sistema gerarchico in cui passando da una categoria superiore più generica, ad una inferiore sempre meno generica, aumentano i caratteri dei suoli che devono essere riconosciuti. L'universalità e la versatilità di questa classificazione è data dal fatto che in essa è permesso l'inserimento di qualsiasi tipo di suolo non ancora conosciuto.

## **5.7 Elaborazioni statistiche**

Nell'area di studio sono stati effettuati 94 rilievi fitosociologici, 94 profili di Humus, 37 profili di suolo e 282 misure microclimatiche (3 misure per ognuna delle 94 stazioni).

### **5.7.1 Classificazione della vegetazione**

Dai rilievi fitosociologici è stata ottenuta una matrice floristica di 175 specie x 94 rilievi che è stata sottoposta alla procedura di "Cluster Analysis" per la classificazione della vegetazione, utilizzando il "Complete Linkage". Il software utilizzato per le procedure statistiche sopramenzionate è stato Syntax 2000 (Podani 2000).

### **5.7.2 Analisi della varianza**

Per verificare se le comunità identificate (gruppi del dendrogramma) differivano significativamente per uno o più parametri ambientali, è stato applicato il test di ANOVA per l'analisi della varianza. Come *post hoc*, per stimare se ciascun gruppo era differente da un altro, è stato utilizzato il *Fisher LSD* test con un grado di errore espresso dal valore critico di  $P < 0.05$ .

### **5.7.3 Analisi delle correlazioni**

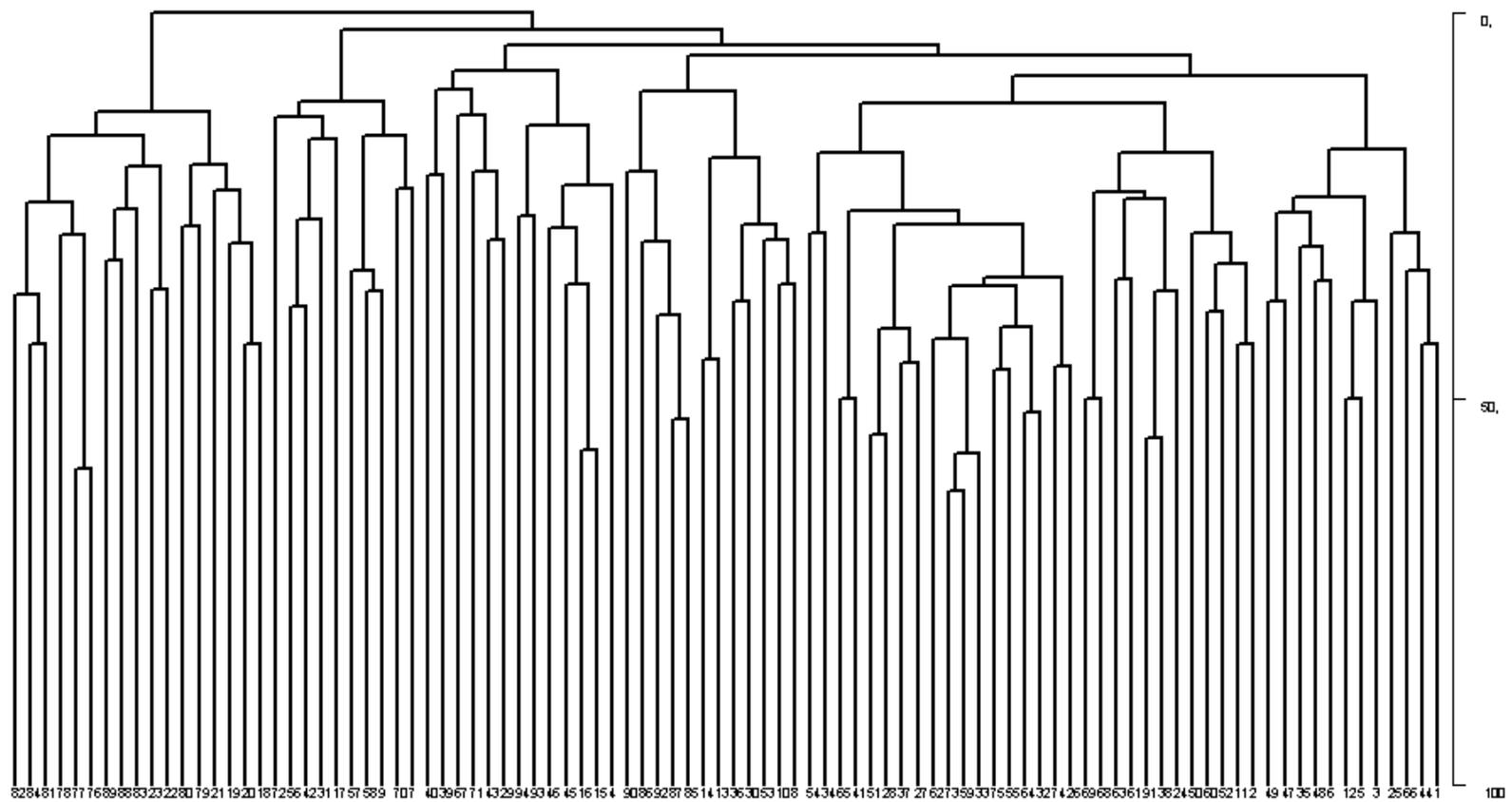
Per verificare l'esistenza di relazioni significative tra copertura delle specie e parametri ambientali (suolo, humus, ecoindicatori di Ellenberg, indice di emerobia) è stato applicato il test di correlazione di Pearson.

## **6. RISULTATI E DISCUSSIONE**

### **6.1 Vegetazione**

#### **6.1.1 Classificazione**

Il dendrogramma dei rilievi ottenuto dalla Cluster Analysis (Figura 6.1.1.1) ha evidenziato una loro ripartizione in 7 clusters. Sulla base di questo risultato è stato possibile realizzare una tabella strutturata fitosociologicamente (Tabella 6.1.1.1), in cui appaiono 7 differenti comunità identificate nei gruppi di rilievi rappresentati nelle colonne; ogni comunità è discriminata da gruppi di specie caratteristiche. Le comunità identificate sono state classificate come associazioni e silvofacies e sono di seguito elencate e contraddistinte da un acronimo riportato in parentesi:



**Figura 6.1.1.1.** Dendrogramma: risultato della Cluster Analysis effettuato sulla matrice di 220 specie x 94 rilievi. I rilievi sono ripartiti in 7 gruppi.

1. *Polysticho-Fagetum* (PF tipico)
2. PF ad *Epilobium montanum* (PFE),
3. PF a *Saxifraga rotundifolia* (PFS)
4. PF ad *Anemone nemorosa* (PFA)
5. PF pioniero a *Laburnum anagyroides* (PFpioniero);
6. *Aquifolio-Fagetum*(AF);
7. *Anemone apenninae-Fagetum carpinetosum betuli* (BM: Boschi Misti)

**Tabella 6.1.1.1 Tavola sinottica**

Comunità	Boschi misti	Aquifolio-Fagetum	Polysticho-Fagetum pioniero	Polysticho-Fagetum a Saxifraga rotundifolia	Polysticho-Fagetum tipico	Polysticho-Fagetum ad Epilobium montanum	Polysticho-Fagetum ad Anemone ranunculoides
sigla	BM	AF	PF pioniero	PFS	PF tipico	PFE	PFA
N° filievi.	17	9	17	6	24	12	12
Quota (m.s.m.l.)	1082,0	1235,0	1383,0	1530,0	1630,5	1723,6	1549,1
Pendenza (°)	17,8	20,5	32,0	27,8	27,0	22,4	20,9
Rocciosità (%)	5,9	9,6	20,5	24,2	12,8	14,0	8,0
Esposizione (°)	165,8	172,4	186,1	209,8	162,4	142,1	142,5
<i>Rubus idaeus</i>	53	11	6	17	4	17	17
<i>Quercus cerris a</i>	88	22	6				
<i>Arum italicum</i>	65			17	4		8
<i>Lonicera caprifolium</i>	71			17			
<i>Ligustrum vulgare pl.</i>	65						
<i>Cyclamen repandum</i>	41		12		8		
<i>Quercus cerris b</i>	47	11					
<i>Primula vulgaris</i>	47						
<i>Acer campestre c</i>	18			17	4		8
<i>Quercus cerris pl.</i>	24			17			
<i>Euonymus europaeus pl.</i>	35				4		
<i>Acer campestre pl.</i>	24		6			8	
<i>Oenanthe pimpinelloides</i>	18						8
<i>Acer campestre a</i>	18		6				
<i>Euonymus europaea c</i>	18		6				
<i>Ligustrum vulgare c</i>	24						
<i>Viola riviniana</i>	18				4		
<i>Acer campestre b</i>	18						
<i>Cornus sanguinea c</i>	18						
<i>Glechoma hederacea</i>	12						
<i>Lonicera caprifolium c</i>	12						
<i>Ornithogalum pyrenaicum</i>	12						
<i>Quercus cerris c</i>	12						
<i>Tamus communis</i>	12						
<i>Arisarum proboscideum</i>	6						
<i>Cornus sanguinea pl</i>	6						
<i>Eranthis hyemalis</i>	6						
<i>Tilia cordata</i>	6						
<i>Laburnum anagyroides pl</i>	18		71		13		
<i>Vicia grandiflora</i>			29	17	4		8
<i>Laburnum anagyroides c</i>	6		41				
<i>Hieracium sylvaticum</i>			24		17		
<i>Laburnum anagyroides b</i>			24		4		
<i>Pinus nigra var. italica a</i>			12				
<i>Festuca gigantea</i>			6				
<i>Hieracium racemosum</i>			6				
<i>Laburnum anagyroides a</i>			6				
<i>Pinus nigra var. italica b</i>			6				
<i>Pinus nigra var. italica c</i>			6				
<i>Orhithia secunda</i>			29	17		8	
<i>Corydalis cava</i>	71	11	18	50	71	100	58
<i>Mycelis muralis</i>	12	33	41	67	79	92	50
<i>Galium odoratum</i>	41	44		50	67	92	67
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	41	22	12	33	58	75	17
<i>Milium effusum</i>	12	33	41	67	46	42	17
<i>Cephalanthera damasonium</i>		11	65	33	21	17	75
<i>Senecio nemorensis</i>	18		12	17	33	33	8
<i>Polystichum aculeatum</i>	6	33	6		21	25	17
<i>Cardamine chelidonia</i>		22		17	4		
<i>Senecio fuchsii</i>					17	8	8
<i>Adenostyles australis</i>			6		54	33	8
<i>Paris quadrifolia</i>					13		8
<i>Saxifraga rotundifolia</i>	6	11	24	83	25		
<i>Lamium garganicum</i>	18		18	50	25	33	8
<i>Crataegus oxyacantha c</i>	41			67	4		
<i>Arabis alpina</i>	6		29	33	4	25	
<i>Adiantum capillus-veneris</i>				67		17	8
<i>Crataegus oxyacantha pl.</i>	29	11		33			
<i>Trifolium montanum</i>				50	13	8	
<i>Cytisus villosus</i>			24	33			
<i>Cytisus villosus c</i>			18	17			
<i>Crocus napolitanus</i>				17		8	
<i>Acinos alpinus</i>			6	17			
<i>Limodorum abortivum</i>			6	17			
<i>Malus sylvestris c</i>	6			17			
<i>Crataegus oxyacantha a</i>				17			
<i>Hieracium lachenalii</i>				17			
<i>Sesleria autumnalis</i>				17			
<i>Lathyrus pratensis</i>				17			
<i>Aristolochia rotundifolia</i>				17			
<i>Stachys alopecuroides</i>				17			
<i>Vicia incana</i>				17			
<i>Tanacetum parthenium</i>				17			
<i>Torilis nodosa</i>				17			
<i>Trifolium oroleucum</i>				17			
<i>Arabis glabra</i>				17			
<i>Crataegus oxyacantha b</i>	6						
<i>Lathyrus vernus</i>	29	89	47	50	46	25	17
<i>Rubus hirtus</i>	47	56			4	8	8
<i>Ilex aquifolium c</i>	29	67	6		4		
<i>Luzula pilosa</i>	6	44	29			8	
<i>Ilex aquifolium pl</i>	29	44			4		
<i>Taxus baccata c</i>		56			17		
<i>Taxus baccata b</i>		22	12		17		
<i>Taxus baccata pl</i>		22			13		
<i>Mercurialis perennis</i>	6	22					
<i>Chaerophyllum aureum</i>	29				25	25	
<i>Phyllitis scolopendrium</i>		11			4		
<i>Festuca heterophylla</i>		11	18	67	46	17	
<i>Prenanthes purpurea</i>					8		
<i>Gagea lutea</i>					4		
<i>Ribes nigrum c</i>					4		
<i>Allium ursinum</i>					4		
<i>Asplenium viride</i>					4		
<i>Nepeta nuda</i>					4		
<i>Sedum album</i>					4		
<i>Silene dioica</i>					4		
<i>Tussilago farfara</i>					4		
<i>Verbascum longifolium</i>					8		
<i>Aquilegia vulgaris</i>					4		
<i>Helleborus foetidus</i>	18		24	33			
<i>Myosotis sylvatica</i>		11			4	33	
<i>Epilobium montanum</i>			6		4	25	8
<i>Rhamnus alpinus</i>						8	
<i>Senecio rupestris</i>						25	
<i>Fragaria viridis</i>	12		6	17	21	17	33
<i>Anemone ranunculoides</i>	35	11	6		17		50
<i>Bellis pusilla</i>							8
<i>Veronica serpyllifolia</i>							8
<i>Daphne laureola</i>	94	44	29	33	17		
<i>Hedera helix</i>	100	56	12		4		
<i>Cyclamen hederifolium</i>	41	78	29	17	4		
<i>Hepatica nobilis</i>	24	11	41	33	8	17	
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	65	11	24	17	17		
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	12	11	35	17	17	17	
<i>Rosa arvensis</i>	41		24	33	4		
<i>Falmonaria apemina</i>	41	22	18	17	4		
<i>Polygonatum multiflorum</i>	47	11	24		13		
<i>Acer obtusatum a</i>	35		29	17		8	
<i>Acer obtusatum pl.</i>	6		24	50		8	
<i>Acer obtusatum c</i>	18		24	33			
<i>Lathyrus venetus</i>	24		18		4		25
<i>Acer obtusatum b</i>	18		6	33	4	8	
<i>Carpinus betulus b</i>	35	11	6	17			
<i>Rosa arvensis c</i>	24		6	33			
<i>Anemone apemina</i>	24		12		8	17	
<i>Melica uniflora</i>	18		12		4		17
<i>Rosa sempervirens</i>	18		12		4	17	
<i>Carpinus betulus a</i>	18	22	6				
<i>Corylus avellana c</i>	35		6				
<i>Sorbus aria c</i>			6	33			
<i>Clematis vitalba</i>	12			17			8
<i>Carpinus betulus c</i>	29						
<i>Daphne laureola c</i>	6	11	6		4		
<i>Carpinus betulus pl.</i>	18		6				
<i>Sorbus aria pl.</i>			6	17			
<i>Corylus avellana b</i>	12		6				
<i>Fraxinus ornus a</i>	6		12				
<i>Fraxinus ornus c</i>	6		12				
<i>Crataegus monogyna c</i>	6		6				
<i>Fraxinus ornus b</i>	6		6				
<i>Fraxinus ornus pl</i>			12				
<i>Ostrya carpinifolia b</i>			12				
<i>Euonymus latifolius c</i>			6		4		
<i>Ostrya carpinifolia a</i>	6						
<i>Ostrya carpinifolia c</i>			6				
<i>Sorbus aria b</i>			6				
<i>Fagus sylvatica a</i>	94	100	100	100	100	100	100
<i>Fagus sylvatica c</i>	82	100	82	83	96	100	100
<i>Fagus sylvatica b</i>	76	89	94	83	79	92	92
<i>Fagus sylvatica pl.</i>	53	44	88	50	67	50	92
<i>Arenaria agrimonoides</i>	65	56	35	33	50	42	50
<i>Cardamine bulbifera</i>	65	44	41		83	50	42
<i>Galium aparine</i>	35	33	29	33	75	50	25
<i>Viola suavis</i>	53	33	29	33	54	50	8
<i>Scilla bifolia</i>	41	33		50	17	58	42
<i>Geranium robertianum</i>	24	22	24	33	63	42	25
<i>Cardamine enneaphyllos</i>	53	11	18		83	25	25
<i>Vicia cracca</i>	35	33	35	33	33	8	
<i>Galanthus nivalis</i>	71		12		8	50	33
<i>Viola reichenbachiana</i>	18	11	41	17	21	17	42
<i>Neottia nidus avis</i>	29	22	29	17	4	17	33
<i>Digitalis micrantha</i>	6	22	35	17	29	42	
<i>Campanula trachelium</i>	6	11	29	17	13	50	8
<i>Potentilla micrantha</i>	24	11	6	17	17	17	25
<i>Cephalanthera longifolia</i>	12	44	29		13	8	8
<i>Epipactis helleborine helleborine</i>	12	11	29	17	4	8	25
<i>Juniperus communis pl</i>	12	11	29	33	8		8
<i>Ranunculus ficaria</i>	29	22				25	17
<i>Stellaria holostea</i>	12		18	17	4	25	8
<i>Juniperus communis c</i>	6	11	18	33			8
<i>Fragaria vesca</i>	12	22	6	17	4	8	
<i>Doronicum columnae</i>	6	11	6	17	13	17	
<i>Geranium versicolor</i>	6			17	17	8	
<i>Lilium martagon</i>	12	11	6			8	8
<							

## 6.1.2 Corologia e forme biologiche

I corotipi e le forme biologiche desunti dalla banca dati di Pignatti sono stati riuniti nei gruppi riportati di seguito in tabella seguendo il criterio utilizzato da Pignatti in Ecologia del Paesaggio (Pignatti, 1997). Per ciascun rilievo sono stati calcolati i valori dei singoli corotipi e delle forme biologiche, ponderati sulle coperture delle specie.

Sono state infine calcolate le medie dei valori per ottenere la distribuzione dei corotipi per ciascuna comunità (tabella 6.1.2.1).

**Tabella 6.1.2.1** Distribuzione dei corotipi nelle comunità

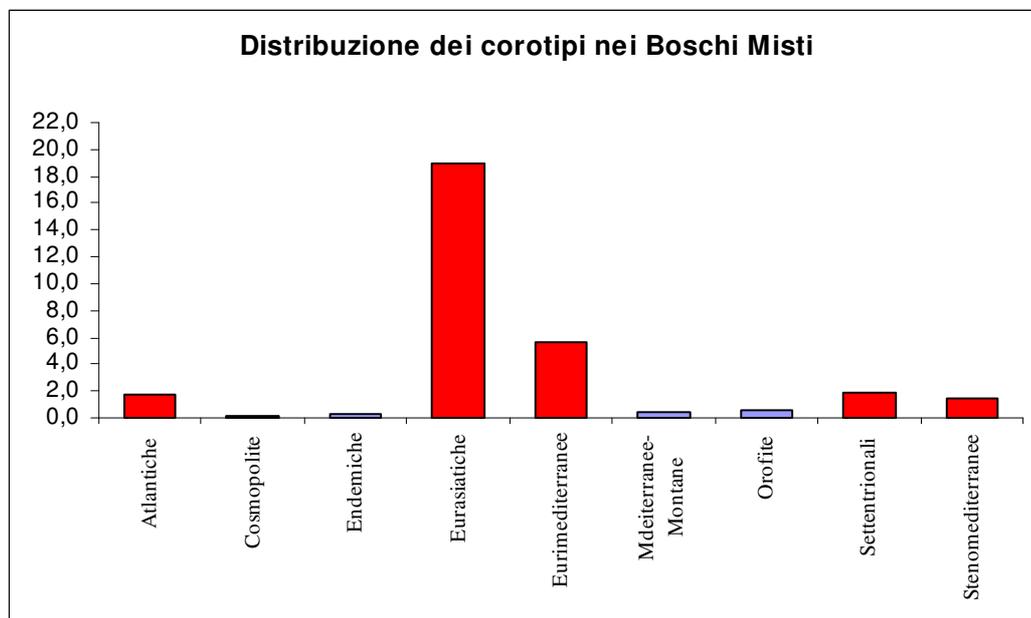
% corotipi e forme biologiche	PF tipico	PFE	PFA	PF pioniero	PFS	AF	BM	media generale
<b>Eurasiatiche</b>	83,1	82,3	83,9	73,2	72,2	67,0	58,8	74,9
<b>Atlantiche</b>	0,7	0,0	0,0	2,2	3,0	5,4	5,5	2,2
<b>Endemiche</b>	0,9	1,4	0,0	2,1	0,8	2,3	1,0	1,2
<b>Cosmopolite</b>	1,9	2,5	1,4	1,4	2,6	0,7	0,7	1,5
<b>Eurimediterranee</b>	1,7	1,8	4,3	3,9	4,2	7,8	17,6	5,9
<b>Stenomediterranee</b>	2,2	1,9	1,9	3,0	3,1	4,3	4,5	2,9
<b>Mediterraneo-Montane</b>	3,2	3,1	0,6	1,0	1,8	0,0	1,5	1,8
<b>Orofite</b>	1,8	1,1	1,0	2,1	3,2	0,8	1,8	1,7
<b>Settentrionali</b>	4,2	5,5	6,5	10,0	9,0	8,1	6,0	6,6
<b>PH</b>	44,1	44,9	57,1	54,8	51,5	55,8	49,7	50,2
<b>NP</b>	1,0	1,3	0,8	2,0	2,6	3,7	8,3	2,8
<b>Plian</b>	0,1	0,0	0,2	0,7	0,7	4,0	7,4	1,9
<b>Ch</b>	0,7	1,3	0,3	3,0	2,4	1,4	1,8	1,5
<b>G</b>	27,1	24,0	24,8	15,7	16,3	19,1	18,5	21,5
<b>H</b>	21,3	23,7	13,9	22,5	23,9	13,1	12,0	18,7
<b>T</b>	4,3	3,6	2,5	1,3	2,5	2,9	1,2	2,7

La prima evidenza è che il corotipo prevalente, come ci si aspetta, è quello eurasiatico, che caratterizza la flora temperata dei boschi decidui mesofili, e che si ritrova nelle faggete e nelle cerrete di tutti i SIC studiati; ci sono tuttavia alcune differenze significative che discriminano le differenti associazioni e silvofacies:

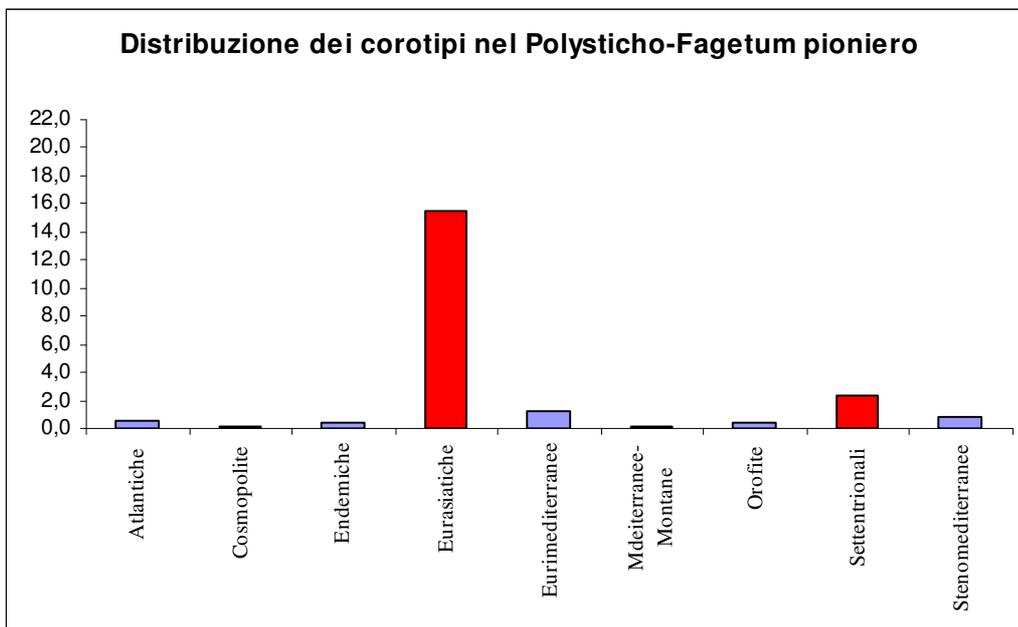
- La componente mediterranea, rappresentata dai corotipi euri e stenomediterraneo, è una buona indicatrice della termofilia di BM, come è ovvio, e tra le faggete, di AF che supera la media generale, mentre è marcatamente inferiore nel PF tipico (valore minimo). La faggeta a Ilex è una faggeta calda e umida: la componente atlantica ha

qui il valore massimo; anche le fanerofite lianose superano il valore medio, conferendo al bosco una struttura abbastanza chiusa.

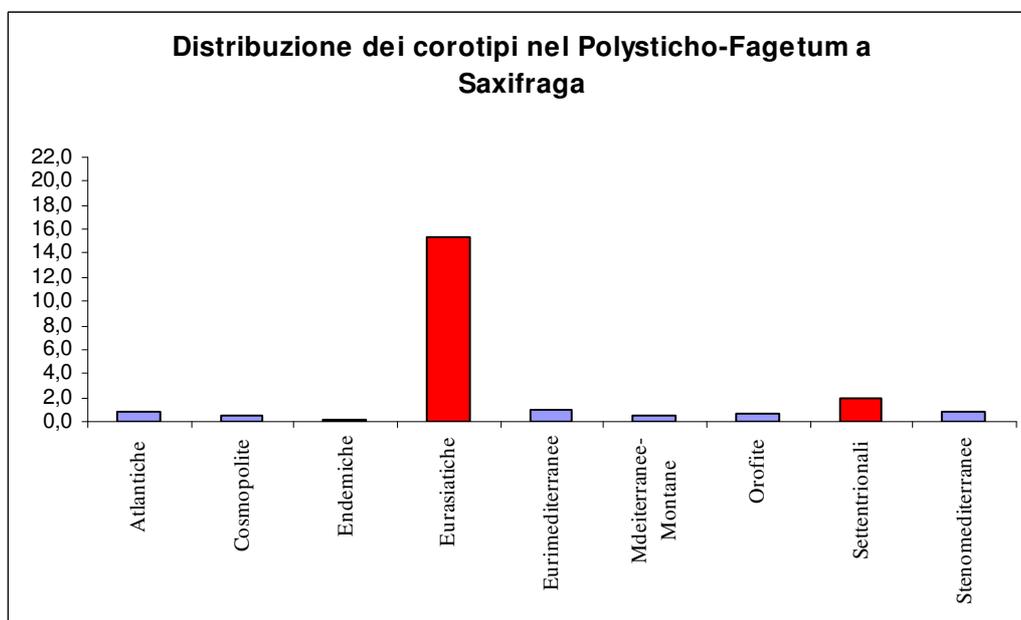
- Il PF tipico e le altre silvofacies hanno le coperture più elevate di elementi eurasiatici tipici delle faggete continentali centro-europee. presente in tutti i boschi, ma è notevolmente più abbondante (soprattutto le Eurimediterranee) in BM ed AF (Figure 6.1.2.1 e 6.1.2.4) , indicando le condizioni di maggiore termofilia che discriminano i boschi misti e l'Aquifolio-Fagetum dai Polystichum-Fagetum.
- Le specie settentrionali sono presenti con una buona percentuale, oltre che nel PF pioniero (Figura 6.1.2.2), nel PF a Saxifraga (Figura 6.1.2.3) e in AF (Figura 6.1.2.4), anche nei BM (Figure 6.1.2.1), dato che conferma l'interessante dinamica di comunità che caratterizza questa zona, dove nel contesto di un Anemono-Fagetum subentra il cerro dominante, che trova nel suolo, in particolare nella quantità di potassio, la ragione della sua presenza, ma resta una traccia di faggeta nella componente fitogeografica espressa appunto dal corotipo settentrionale.



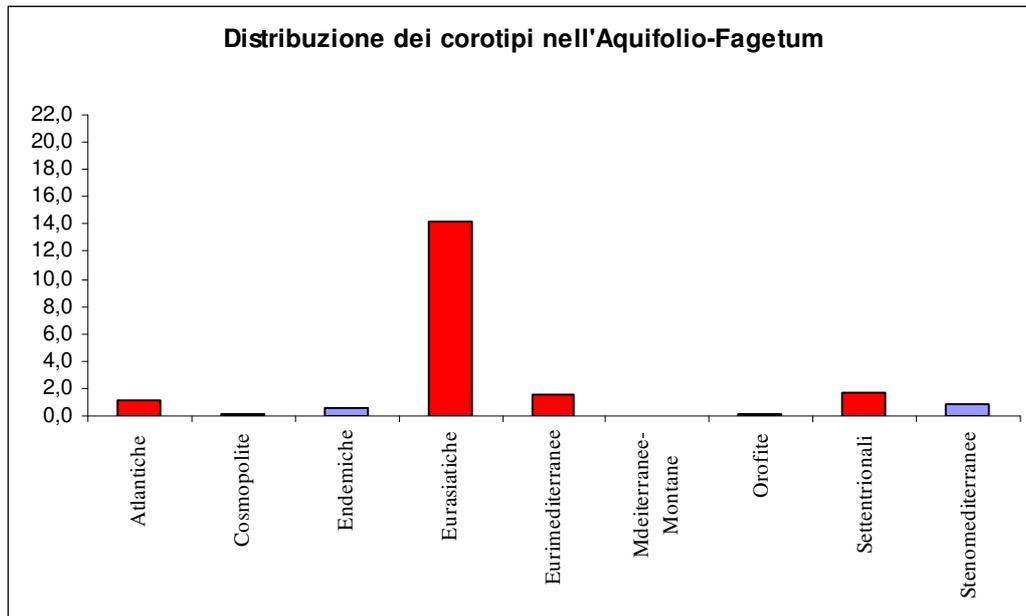
**Figura 6.1.2.1** Distribuzione dei corotipi nei Boschi Misti



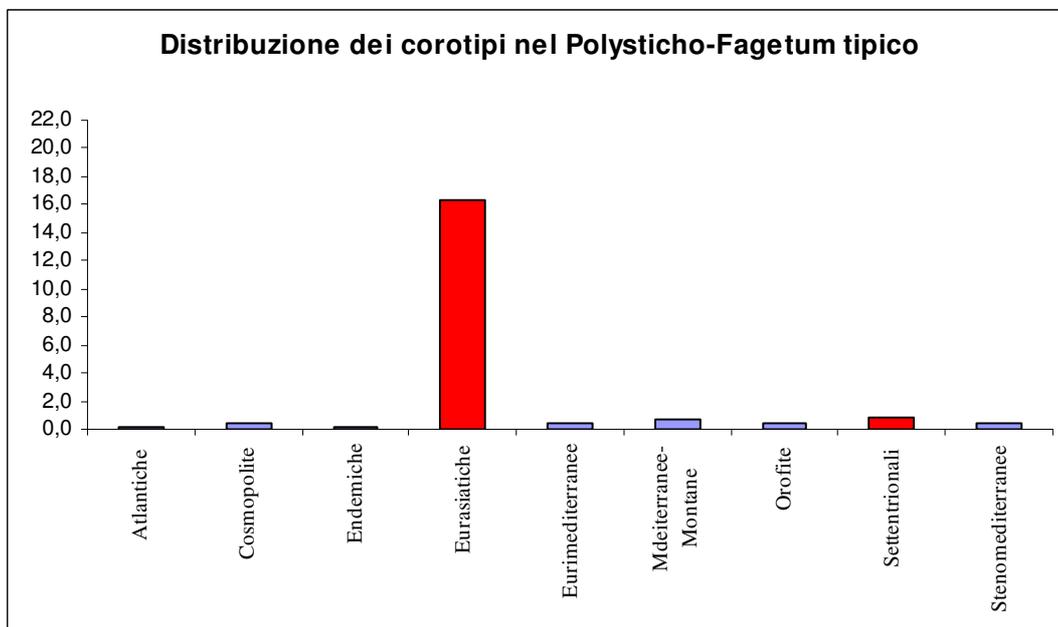
**Figura 6.1.2.2** Distribuzione dei corotipi nel *Polysticho-Fagetum* pioniero



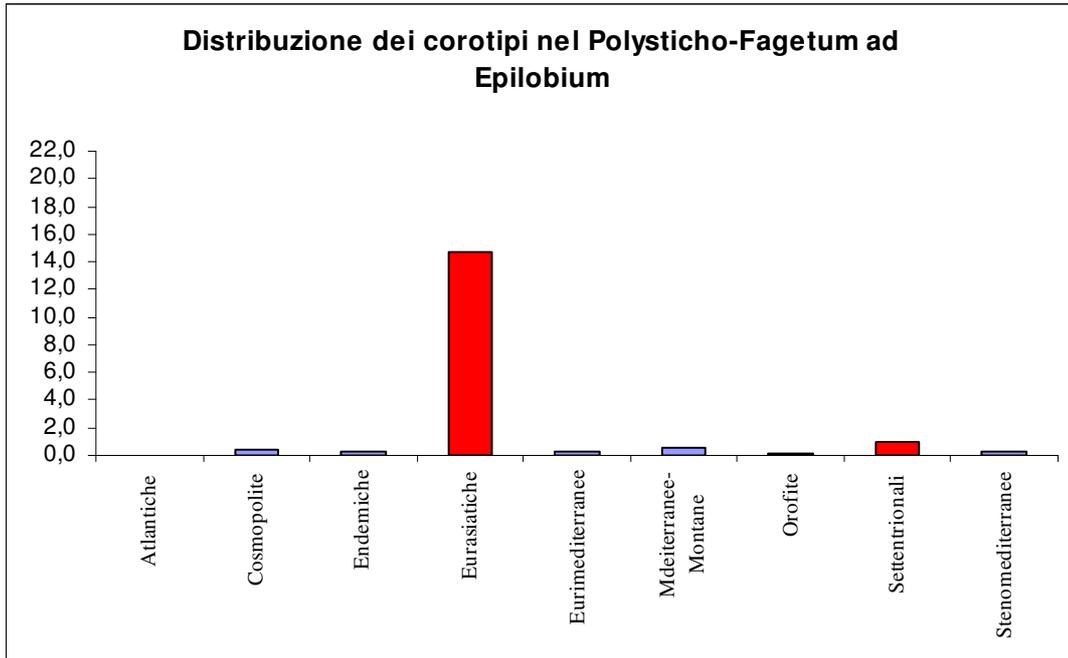
**Figura 6.1.2.3** Distribuzione dei corotipi nel *Polysticho-Fagetum* a *Saxifraga rotundifolia*



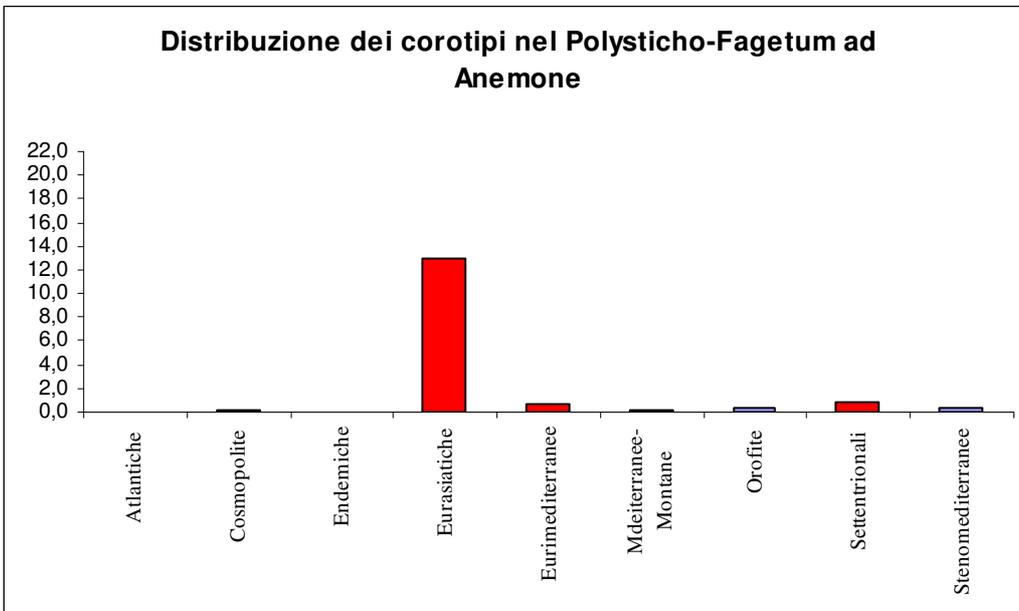
**Figura 6.1.2.4** Distribuzione dei corotipi nell' *Aquifolio-Fagetum*



**Figura 6.1.2.5** Distribuzione dei corotipi nel *Polysticho-Fagetum* tipico



**Figura 6.1.2.6** Distribuzione dei corotipi nel *Polysticho-Fagetum* ad *Epilobium montanum*



**Figura 6.1.2.7** Distribuzione dei corotipi nel *Polysticho-Fagetum* ad *Anemone ranunculoides*

L'analisi tradizionale corologica è stata affiancata da un'analisi di correlazione effettuata tramite test di Pearson tra i valori dei corotipi e delle forme biologiche versus i parametri dell'Humus e gli eco indicatori. Si riportano di seguito i risultati più interessanti dell'output di correlazione (vedi tab sotto):

- le Eurasiatiche sono positivamente correlate all'indicatore di temperatura (T) e all'indicatore di saturazione del suolo (R ), sottolineando il carattere termofilo e la predilezione per suoli saturi delle specie appartenenti a questo corotipo;
- le Atlantiche sono inversamente correlate con l'indicatore di continentalità (K) e con l'emerobia, mentre sono positivamente correlate con l'indicatore di temperatura (T);
- le Endemiche sono inversamente correlate con lo spessore dello strato OF;
- le Cosmopolite sono, come le endemiche, positivamente correlate con le terofite, indicando che anche tale corotipo va ricercato fundamentalmente tra le specie erbacee; altro dato interessante di questo corotipo è la sua correlazione positiva con l'emerobia, da cui si può desumere come le specie cosmopolite possano essere considerate indicatrici di disturbo anche in tale area di studio;
- le Eurimediterranee sono positivamente correlate con le fanerofite lianose e con l'indicatore di temperatura (T), da sottolineare inoltre la correlazione positiva di questo corotipo con la percentuale di carbonio in humus e con il rapporto C/N;
- le Mediterranee-montane sono positivamente correlate con l'emerobia e con l'indicatore di continentalità (K ); in effetti a tale corotipo appartengono molte delle specie delle praterie d'altitudine che tendono ad entrare nei boschi più disturbati;
- le Orofite sono positivamente correlate con l'humus e precisamente con la quantità di carbonio, azoto e con il rapporto C/N nello strato OH, indicando che le orofite richiedono suoli ricchi in apporti nutritivi (azoto e carbonio);
- le Settentrionali sono negativamente correlate con l'indicatore di umidità (F) e con l'indicatore dei nutrienti del suolo di Ellenberg (N ), sottolineando il carattere termofilo delle faggete rilevate; inoltre risultano correlate positivamente allo spessore dello strato OL e questo indica che la componente floristica microtermica è legata ad un buon apporto di materia organica proveniente dalle piante;

- le Stenomediterranee sono positivamente correlate con l'indicatore di temperatura (T) e con l'indicatore di saturazione del suolo (R), sottolineando il carattere termofilo e la predilezione per suoli saturi delle specie di questo corotipo; inoltre risultano correlate a tutte le componenti fanerofitiche: alberi, arbusti e liane.

**Tabella 6.1.2.2** Risultati del test di correlazione di Pearson effettuato tra corotipi, forme biologiche, indicatori di Ellenberg (L,T,K,F,R,N), indice di disturbo (emerobia), quantità di Carbonio (%C), quantità di Azoto (%N), rapporto Conio/Azoto (C/N), spessore degli orizzonti dell'humus (OL, OF, OH) ed Humus Index (Ponge, 2002). \* $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$

Pearson test	Eurasiat.	Atl.	End.	Cosm.	Eurimedit.	Medit.mont.	Orof.	Sett.	Stenomedit.
Eurasiat.	1,000								
Atl.	<b>0,263*</b>	1,000							
End.	0,099	0,104	1,000						
Cosm.	-0,004	-0,162	0,154	1,000					
Eurimedit.	<b>0,248*</b>	<b>0,675**</b>	0,044	-0,095	1,000				
Medit.mont.	0,091	-0,086	<b>0,220*</b>	0,196	0,160	1,000			
Orof.	0,141	<b>0,215*</b>	0,086	0,000	0,104	-0,007	1,000		
Sett.	-0,033	<b>0,209*</b>	0,077	-0,058	<b>0,233*</b>	-0,148	0,164	1,000	
Stenomedit.	<b>0,403**</b>	<b>0,388**</b>	0,071	-0,066	<b>0,493**</b>	0,052	0,108	0,163	1,000
PH	<b>0,550**</b>	<b>0,693**</b>	0,011	<b>-0,224*</b>	<b>0,655**</b>	-0,160	0,189	<b>0,305**</b>	<b>0,563**</b>
NP	<b>0,341**</b>	<b>0,737**</b>	0,066	-0,160	<b>0,685**</b>	-0,133	0,186	0,199	<b>0,401**</b>
P lian	<b>0,300**</b>	<b>0,559**</b>	0,003	-0,142	<b>0,816**</b>	-0,029	0,099	<b>0,213*</b>	<b>0,529**</b>
CH	<b>0,249*</b>	<b>0,384**</b>	<b>0,266**</b>	-0,040	<b>0,381**</b>	0,178	0,103	<b>0,224*</b>	0,193
G	<b>0,596**</b>	0,019	0,095	0,062	0,065	<b>0,209*</b>	0,199	-0,161	<b>0,264*</b>
H	<b>0,251*</b>	-0,044	<b>0,287**</b>	<b>0,314**</b>	0,039	<b>0,485**</b>	0,125	<b>0,288**</b>	0,022
Terofite	0,028	<b>-0,208*</b>	<b>0,376**</b>	<b>0,476**</b>	-0,164	<b>0,204*</b>	-0,087	-0,163	-0,131
L	-0,022	0,119	<b>0,319**</b>	0,094	0,119	<b>0,243*</b>	<b>0,288**</b>	<b>0,324**</b>	0,073
T	<b>0,319**</b>	<b>0,676**</b>	0,175	-0,034	<b>0,792**</b>	-0,003	0,095	0,182	<b>0,677**</b>
K	<b>-0,228*</b>	<b>-0,352**</b>	0,196	0,147	<b>-0,362**</b>	<b>0,370**</b>	0,095	0,045	<b>-0,337**</b>
F	0,001	<b>-0,430**</b>	-0,170	<b>0,245*</b>	<b>-0,365**</b>	0,162	<b>-0,256*</b>	<b>-0,619**</b>	<b>-0,316**</b>
R	<b>0,305**</b>	<b>0,542**</b>	0,192	0,033	<b>0,639**</b>	0,102	0,045	<b>0,338**</b>	<b>0,564**</b>
N	-0,076	<b>-0,487**</b>	-0,103	0,170	<b>-0,438**</b>	0,180	<b>-0,250*</b>	<b>-0,637**</b>	<b>-0,336**</b>
Emerobia	0,005	<b>-0,227*</b>	0,112	<b>0,356**</b>	-0,085	<b>0,534**</b>	-0,079	-0,086	-0,199
%N in OH	0,023	0,033	-0,013	0,126	-0,062	0,012	<b>0,352**</b>	-0,060	0,118
%C in OH	-0,011	0,015	0,001	0,089	-0,077	0,026	<b>0,312**</b>	-0,039	0,101
C/N OH	-0,007	0,006	0,057	0,056	-0,073	0,075	<b>0,315**</b>	-0,017	0,085
spessore OH	-0,036	-0,149	-0,060	0,179	-0,168	0,022	0,162	-0,065	0,033
%N in OL	0,089	0,062	0,099	0,135	0,113	0,006	0,045	-0,197	0,129
%C in OL	-0,070	0,161	-0,034	-0,137	0,116	-0,084	-0,037	0,086	-0,015
C/N OL	-0,100	-0,004	-0,093	-0,143	-0,097	-0,053	-0,034	<b>0,241*</b>	-0,086
spessore OL	-0,171	0,142	-0,051	-0,164	0,128	0,048	0,050	<b>0,287**</b>	0,047
%N in OF	0,014	-0,008	-0,087	0,044	-0,092	-0,027	0,003	<b>-0,259*</b>	0,009
%C in OF	0,036	-0,097	-0,008	0,004	<b>-0,215*</b>	-0,005	0,046	<b>-0,253*</b>	0,002
C/N OF	-0,002	-0,123	0,030	-0,036	<b>-0,237*</b>	0,031	0,042	-0,078	0,021
spessore OF	<b>-0,272**</b>	-0,108	<b>-0,203*</b>	0,020	-0,145	0,015	0,062	-0,031	0,028
humus index	-0,060	0,040	0,006	0,078	-0,097	0,052	0,200	-0,125	-0,041

\*

### **6.1.3. Caratteristiche strutturali delle comunità identificate**

La cospicua attività pollonifera del faggio consente il vigoroso sviluppo del bosco in seguito al taglio; questo tipo di bosco si sviluppa tra i 6 metri nelle parti più giovani fino ad un massimo di 16-18 metri nei cedui stramaturi ed in fase di conversione, il diametro degli alberi anche in questo caso varia dai 6 ai 12 cm.

Nelle fustaie gli alberi invece possono arrivare ad oltre 25 metri di altezza con una dimensione diametrica compresa in un intervallo di 40-60 cm con alcuni individui che raggiungono i 90 cm.

La presenza di alberi di dimensioni notevoli sono importanti per la componente dell'ornitofauna che necessita di alberi maturi con cavità naturali per poter compiere il ciclo naturale.

Le fustaie offrendo una maggiore disponibilità di nicchia spaziale presentano nella loro composizione floristica un discreto numero di specie non nemorali il cui ingresso è dovuto alla pressione di pascolo ovino.

Spesso le piante trasportate dal bestiame all'interno del bosco sono specie appetibili per cui in una ottica di gestione forestale e sostenibile ciò rappresenta un aspetto favorevole per il mantenimento di una economia montana sempre molto problematica, oltre i limiti della capacità portante dell'ambiente.

Le sette comunità identificate sono costituite sia da cedui che da fustaie senza una netta separazione tra i due tipi di governo (Tabella 6.1.3.1). Ciò indica che la composizione floristica presenta una forte omogeneità e non discrimina governo a ceduo da quello a fustaia. Tuttavia possiamo notare che in BM, AF, PF tipico la struttura forestale predominante è la fustaia, nel PFS prevale il ceduo, nel PF pioniero, PFE e PFA si osserva una distribuzione mista dei governi.

Le fustaie articolate irregolari, che costituiscono la struttura forestale più vicina alle condizioni di naturalità, sono presenti esclusivamente nelle facies del PF, concentrate principalmente nel PF tipico (Tabella 6.1.3.2.).

**Tabella 6.1.3.1. Struttura forestale nelle aree di saggio**

plot	governo	sigla	comunità
7,9-7,13	ceduo matricinato giovane	C1	<b>Boschi Misti</b>
7,8-2,4-7,7	fustaia coetanea stramatura	F3	
2,6	fustaia coetanea giovane di cerro	F1	
2,5	ceduo matricinato invecchiato	C3	
2,2-2,3-2,1-7,5-7,14-7,1-7,2-7,3-7,6	fustaia coetanea matura	F3	
3,7	fustaia coetanea giovane con novellame	F1	<b>Polysticho-Fagetum pioniero</b>
5,7-1,8-4,1-1,9	fustaia coetanea giovane	F1	
1,10	ceduo matricinato adulto	C2	
6,9-1,17-6,7-1,7	ceduo matricinato invecchiato	C3	
5,10	ceduo matricinato maturo	C3	
3,8	fustaia coetanea adulta	F2	
5,11-5,12	ceduo matricinato giovane	C1	
3,17-3,16-4,2	ceduo matricinato giovane	C1	<b>Polysticho-Fagetum a Saxifraga rotundifolia</b>
6,4-6,8	ceduo matricinato invecchiato	C3	
3,6	fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionale: stravecchie e medie	F4	
X-7,15-7,11-7,17-7,12	fustaia coetanea matura	F3	<b>Aquifolio-Fagetum</b>
7,10-1,13	fustaia coetanea giovane	F1	
1,14	ceduo matricinato invecchiato	C3	
3,13	fustaia coetanea adulta	F2	
7,18	fustaia coetanea in rinovazione, biplana per la presenza continua di una giovane perticaia	F4	<b>Polysticho-Fagetum tipico</b>
4,5-4,4	fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali: medie e giovani	F4	
1,16-1,15	ceduo matricinato maturo	C3	
1,4-3,11-6,11	fustaia coetanea adulta	F2	
5,8	ceduo matricinato invecchiato	C3	
6,2-6,10-5,13-3,10-5,9-3,3	fustaia coetanea matura	F3	
3,18	fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali: stravecchie e medie	F4	
5,5	fustaia coetanea in rinovazione, biplana per la presenza continua di una spessina	F4	
3,5-5,16-6,12-6,1-3,9	fustaia coetanea giovane	F1	
3,14-3,4	ceduo matricinato giovane	C1	
6,6-6,5	ceduo matricinato invecchiato	C3	<b>Polysticho-Fagetum ad Epilobium montanum</b>
5,17	ceduo matricinato maturo	C3	
5,15-7,16-5,4-5,6	fustaia coetanea in rinovazione, biplana per la presenza continua di una giovane perticaia	F4	
3,15-3,1	fustaia coetanea matura	F3	
5,14	ceduo matricinato giovane	C1	
1,11	fustaia coetanea adulta	F2	
1,2	ceduo matricinato adulto	C2	<b>Polysticho-Fagetum ad Anemone ranunculoides</b>
5,3-1,6-1,5-6,3	ceduo matricinato invecchiato	C3	
5,1	fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali: medie stravecchie e con una giovane spessina	F4	
3,12	fustaia coetanea matura	F3	
5,2	ceduo matricinato maturo	C3	
1,12	fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali, biplana per la presenza continua di una giovane spessina	F4	
1,3	fustaia coetanea adulta (la stanno tagliando)	F2	
3,2-1,1	ceduo matricinato giovane	C1	
4,3	fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali: medie e giovani	F4	

**Tabella 6.1.3.2.** Distribuzione delle fustaie articolate nelle comunità

	<b>BM</b>	<b>PF pioniero</b>	<b>PF a <i>Saxifraga</i></b>	<b>AF</b>	<b>PF tipico</b>	<b>PF ad <i>Epilobium</i></b>	<b>PF ad <i>Anemone</i></b>
<b>Governi</b>	Fustaia (14 su 17)	Fustaia (8)/Ceduo(8)	Ceduo (5 su 6)	Fustaia (8 su 9)	Fustaia (19 su 24)	Fustaia (7)/Cedui (5)	Cedui (7)/Fustaia (5)
<b>Età</b>	fustaie mature/stramature 10, giovani 4; cedui giovani 2 ed invecchiati 1	fustaia giovane 5, fustaia matura/adulta 3; ceduo maturo/invecchiato 6, ceduo giovane 2	ceduo 3 giovane e invecchiato 2; fustaia irregolare stravecchie e medie 1	fustaie tutte adulte/mature tranne 2 giovani; l'unico ceduo invecchiato	fustaia matura/adulta 10, giovane 9; ceduo giovane 2, ceduo maturo/invecchiato 3	fustaia giovane 4, adulta/matura 3; ceduo maturo/adulto/invecchiato 4 giovane 1	ceduo maturo/invecchiato 5, giovane 2; fustaia giovane 3, adulta/matura 2
<b>Fustaie articolate irregolari (più vicine alle condizioni di naturalità)</b>	0	0	1	0	5	4	3

#### **6.1.4. Diversità**

Per stimare la diversità biologica dei boschi analizzati è stata utilizzata la formula dell'entropia descritta da Shannon (1949), la quale misura le due componenti fondamentali della diversità: ricchezza ed equiripartizione, cioè come le abbondanze sono ripartite tra le diverse specie che compongono la comunità.

$$H' = -\sum p \log p$$

Dove H è uguale alla sommatoria delle frequenze della specie per il log delle stesse.

I valori di Shannon trovati non hanno mostrato differenze rilevanti tra le diverse parcelle: il range di valori è compreso tra 0,70 ed 1,62 se si considerano tutti i siti campionati e tra 1,0 e 1,4 se i valori vengono raggruppati per medie nelle differenti associazioni e silvofacies.

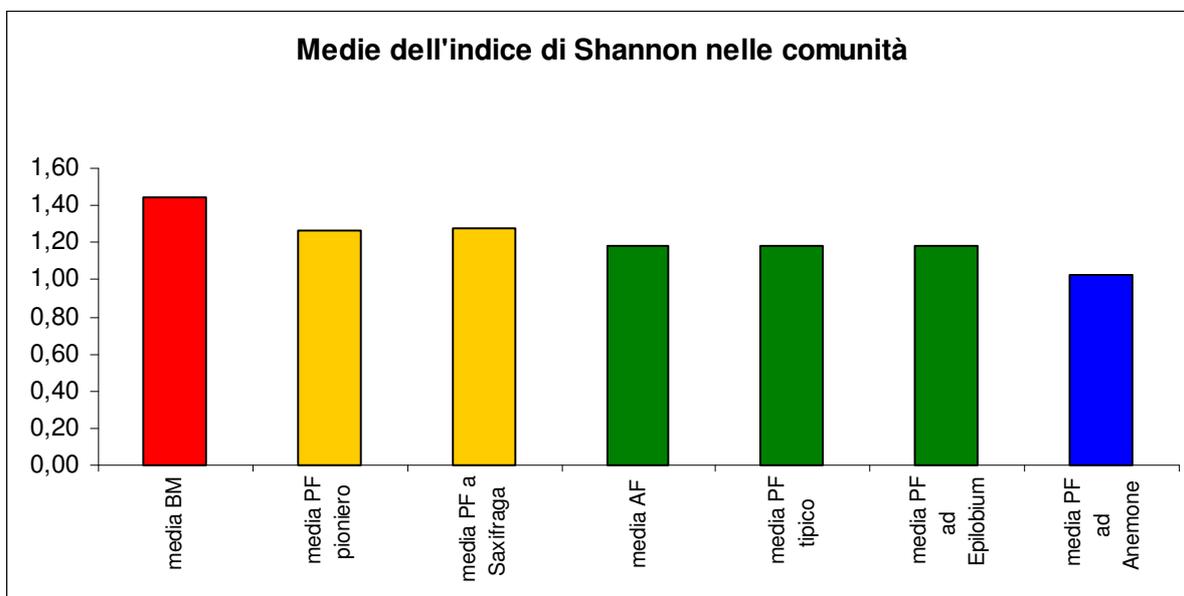
In un ambiente floristicamente omogeneo come quello delle faggete, emerge dal nostro studio che le applicazioni classiche delle misure di diversità non riescono a spiegare molto della complessità ecosistemica che comunque esiste anche dove l'eterogeneità di specie e di comunità è debole; infatti è stato trovato che la diversità si esprime nella risposta diversificata delle specie ai diversi parametri edafici misurati nel suolo e negli humus. Si tratta quindi non

di una variazione nel numero o nell'equitabilità delle specie, ma di una diversità funzionale che è stato possibile identificare attraverso una dettagliata analisi pedologica, che ha portato all'identificazione di alcuni indicatori importanti. Questa diversità che esprime quantitativamente la sincronia tra suolo e vegetazione, è la ragione di una variazione spaziale che si manifesta solo a piccola scala, ma che è fondamentale per l'attuale dinamica ecologica e per il futuro di questi boschi.

**Tabella 6.1.4.1.** Medie dell'indice di Sannon nelle comunità

	<b>Shannon H'</b>
<b>BM</b>	1,44
<b>PF pioniero</b>	1,27
<b>PFS</b>	1,27
<b>AF</b>	1,18
<b>PF tipico</b>	1,19
<b>PFE</b>	1,18
<b>PFA</b>	1,02

Osservando le medie relative (Tabella 6.1.4.1) alle comunità si nota che il valore più basso corrisponde al Polysticho-Fagetum ad Anemone, quello più alto ai Boschi Misti, valori medio alti al PF pioniero e a Saxifraga e medio bassi ad AF, PF tipico e ad Epilobium (Figura 6.1.4.1).



**Figura 6.1.4.1.** Istogramma delle medie dell'indice di Shannon nelle comunità

Confrontando le medie dell'indice di Shannon con le strutture forestali individuate nelle comunità non sono emerse relazioni significative; quindi l'aumento o diminuzione di

biodiversità di questi boschi non sembra essere causa diretta dell'intervento selvicolturale. Tuttavia confrontando la flora dello strato erbaceo è emersa una peculiarità floristica che sembrerebbe essere influenzata dalla differente struttura forestale: l'abbondanza di Orchidaceae (di seguito elencate).

Elenco delle specie di Orchidee rilevate

*Cephalanthera damasonium*  
*Cephalanthera longifolia*  
*Epipactis helleborine*  
*Gymnadenia conopsea*  
*Limodorum abortivum*  
*Neottia nidus-avis*

Tale genere sembra prediligere il governo a ceduo: su 34 rilievi effettuati nei cedui, il 65% presenta orchidee, mentre su 62 rilievi effettuati nelle fustaie solo il 42% presenta orchidee nella composizione floristica. Osservando tale risultato nel dettaglio emerge quanto segue:

- nel ceduo matricinato giovane (C1) sono state rinvenute un massimo di 4 specie di orchidee una delle quali identificata con *Gymnadenia conopsea*, specie di prato/boscaglie;
- nel ceduo matricinato adulto e maturo/invecchiato (C2, C3) un massimo di 3;
- nella fustaia giovane (F1) un massimo di 3;
- nella fustaia adulta e matura (F2, F3) un massimo di 2;
- nella fustaia irregolare (F4), cioè quella che più si avvicina alle condizioni di naturalità, un massimo di 4.

Un numero così elevato di Orchidacee per rilievo è sicuramente significativo ai fini della conservazione, essendo le orchidee preziosi indicatori dello stato di un ecosistema.

Al contrario la presenza di *Digitalis micrantha*, specie ad ecologia non prettamente nemorale, ma più diffusa nell'ambiente marginale del bosco, sembrerebbe indicare disturbo dovuto al tipo di intervento selvicolturale (Tabella 6.1.4.2a e 6.1.4.2b): infatti su 96 parcelle campionate tale specie è stata identificata in 21 di queste, sia in cedui che fustaie giovani, adulti, maturi e solo 2 parcelle sono fustaie irregolari (tali plot risentono nella loro composizione floristica della pressione del pascolo ovino).

**Tabella 6.1.4.2a** Distribuzione (valore di copertura) di *Digitalis micrantha* nei plot associata alla comunità ed alla struttura forestale

Associazione o silvofacies	BM	PF pioniero	PF a Saxifraga	AF	AF				
<b>plot</b>	<b>7,4</b>	<b>3,7</b>	<b>5,7</b>	<b>1,10</b>	<b>4,1</b>	<b>1,17</b>	<b>4,2</b>	<b>X</b>	<b>3,13</b>
<b>struttura forestale</b>	F1	F1	F1	C2	F1	C3	C1	F3	F2
<i>Digitalis micrantha</i> (copertura)	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5

**Tabella 6.1.4.2b** Distribuzione (valore di copertura) di *Digitalis micrantha* nei plot associata alla comunità ed alla struttura forestale

Associazione o silvofacies	PF tipica	PF tipica	PF tipica	PF tipica	PF tipica	PF tipica	PF tipica	PF ad Epilobium				
<b>plot</b>	<b>1,15</b>	<b>1,4</b>	<b>3,14</b>	<b>6,12</b>	<b>5,9</b>	<b>3,9</b>	<b>3,3</b>	<b>5,17</b>	<b>5,15</b>	<b>5,4</b>	<b>5,14</b>	<b>1,2</b>
<b>struttura forestale</b>	C3	F2	C1	F1	F3	F1	F3	C2	F4	F4	C1	C2
<i>Digitalis micrantha</i> (copertura)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

## **6.2 Dati stazionali**

I valori misurati nelle stazioni di rilievo sono riportati nelle Tabelle 6.2.1a e 6.2.1b

Dai valori mediani dei dati stazionali (Tabella 6.2.2) si evince che le diverse associazioni e silvofacies appaiono ben distribuite lungo i diversi gradienti.

**Tabella 6.2.2.** Valori mediani dei dati stazionali nelle diverse comunità

<b>comunità</b>	<b>quota (m.s.l.m.)</b>	<b>esposizione(°N)</b>	<b>pendenza (°)</b>	<b>rocciosità (%)</b>
<b>BM</b>	1085	235	17	2
<b>PF pioniero</b>	1434,5	189	32,5	10
<b>PFS</b>	1486,5	242	25,5	22,5
<b>AF</b>	1134	100	21	3
<b>PF tipico</b>	1643	164,5	25,5	6,5
<b>PFE</b>	1714	109,5	21,5	17,5
<b>PFA</b>	1574,5	97	19	2

- Lungo il gradiente altitudinale i Boschi Misti e il *Polysticho-Fagetum* tipico rappresentano gli estremi rispettivamente inferiore e superiore.
- Pendenza e Rocciosità: il *Polysticho-Fagetum a Saxifraga rotundifolia* è il bosco che si trova su suoli più rocciosi.

**Tabella 6.2.1a** Quota, esposizione, pendenza e rocciosità dei plot raggruppati per comunità

plot	quota	esposizione(°N)	pendenza (°)	rocciosità (%)	comunità
7,7	1131	315	8,5	0	<b>Boschi Misti</b>
7,9	936	32	17	0	
7,6	1186	316	24	2	
7,3	1020	50	24	0	
7,2	1029	240	17	0	
7,1	1039	264	0	0	
7,14	1019	10	6	10	
7,13	1077	56	16	2	
7,8	1088	341	14	30	
2,6	1000	300	29	3	
2,5	1063	3	30	10	
7,5	1215	235	22,5	0	
7,4	1215	235	22,5	0	
2,4	1085	359	34	<3	
2,2	1259	23	13	15	
2,3	1089	83	26	10	
2,1	1163	67	17	7	
3,7	1421	47	22	20	<b><i>Polysticho-Fagetum</i> pioniero</b>
5,7	1510	107	40	40	
1,10	1330	83	34	0	
1,8	1135	346	27	0	
6,9	1490	165	27	10	
5,10	1550	25	39	30	
4,1	1504	276	39	20	
3,8	1510	213	28	30	
1,17	1049	275	33	0	
5,11	1385	68	28	0	
5,12	1448	102	35	5	
1,9	1141	295	30	10	
6,7	1599	256	35	40	
1,7	1034	348	32	5	
3,17	1423	250	37	35	<b><i>Polysticho-Fagetum</i> a <i>Saxifraga rotundifolia</i></b>
3,16	1172	22	36	15	
6,4	1988	234	22	60	
6,8	1550	121	27	30	
4,2	1632	309	24	2	
3,6	1414	323	21	3	
X	1089	83	26	10	<b><i>Aquifolio-Fagetum</i></b>
7,15	1375	14	11	2	
7,11	1026	100	27	0	
7,17	1390	352	9	0	
7,12	1122	24	23	10	
7,10	985	320	21	0	
1,14	1134	348	32	30	
1,13	1134	31	28	30	
3,13	1714	93	13	5	

**Tabella 6.2.1b** Quota, esposizione, pendenza e rocciosità dei plot raggruppati per comunità

plot	quota	esposizione(°N)	pendenza (°)	rocciosità (%)	comunità
7,18	1409	342	13	0	<b><i>Polysticho-Fagetum tipico</i></b>
4,5	1474	47	50	50	
4,4	1472	347	42	35	
1,16	1506	6	35	0	
1,15	1559	351	32	20	
1,4	1649	355	31	35	
5,8	1637	272	22	25	
3,11	1651	3	25	1	
6,2	1701	238	29	35	
3,18	1502	265	23	10	
5,5	1624	199	22	8	
3,5	1629	50	22	1	
3,14	1696	56	16	15	
3,4	1724	130	14	3	
5,16	1875	88	23	15	
6,10	1530	262	57	0	
5,13	1771	263	18	3	
3,10	1699	12	30	0	
6,12	1618	226	26	5	
5,9	1676	24	26	10	
6,1	1719	29	38	5	
3,9	1744	0	32	0	
6,11	1616	263	12	30	
3,3	1652	70	11	0	
6,6	1969	210	28	30	<b><i>Polysticho-Fagetum ad Epilobium montanum</i></b>
6,5	1946	277	19	25	
5,17	1909	28	26	3	
5,15	1791	103	11	25	
7,16	1681	68	20	15	
3,15	1620	356	23	1	
3,1	1419	93	15	0	
5,4	1743	165	17	20	
5,14	1711	78	32	20	
5,6	1632	171	16	20	
1,11	1545	116	32	4	
1,2	1717	40	30	5	
5,3	1610	62	21	15	<b><i>Polysticho-Fagetum ad Anemone ranunculoides</i></b>
5,1	1871	97	25	25	
3,12	1531	25	30	10	
5,2	1578	33	16	25	
1,6	1257	45	23	0	
1,12	1419	97	19	2	
1,5	1369	355	17	0	
1,3	1582	346	19	0	
3,2	1579	50	37	15	
6,3	1497	238	12	2	
4,3	1571	265	14	0	
1,1	1725	97	18	2	

## **6.3 Microclima**

I risultati dell'analisi microclimatica, effettuata tramite il calcolo degli scarti tra i valori di Temperatura-Umidità dell'aria e Temperatura del suolo misurati in bosco e fuori dal bosco (standard di riferimento) sono riportati nelle Tabelle 6.3.1a, 6.3.1b e 6.3.1c.

Le medie degli scarti calcolati per ogni comunità (Tabelle 6.3.1a, 6.3.1b e 6.3.1c) mostrano che (Figura 6.3.1):

1. Nel *Polysticho-Fagetum* tipico i valori degli scarti sono i più alti: risulta il bosco più umido e più fresco in assoluto;
2. Il *Polysticho-Fagetum* pioniero presenta scarti mediamente elevati;
3. Nel *Polysticho-Fagetum* a *Saxifraga rotundifolia* il valore degli scarti di Umidità risulta più basso rispetto ai precedenti, confermando quanto già osservato nella composizione floristica che risulta impoverita rispetto alle altre facies. I bassi scarti di umidità possono essere spiegati con la gestione selvicolturale: in questo tipo di bosco i cedui prevalgono, con conseguente maggiore apertura della *canopy* che crea condizioni di maggiore aridità;
4. Il *Polysticho-Fagetum* ad *Anemone ranunculoides* invece presenta scarti di temperatura più bassi, ma scarti di umidità più alti rispetto al PFS. Anche in questo caso gli scarti di umidità possono essere spiegati dalla gestione selvicolturale: qui le fustaie sono per la maggior parte giovani.
5. Nel *Polysticho-Fagetum* ad *Epilobium montanum* gli scarti di temperatura presentano valori simili a quelli del PFA, mentre gli scarti l'umidità sono più alti;
6. Nell'*Aquifolio-Fagetum* gli scarti di temperatura sono piccoli e quelli di umidità si invertono;
7. I Boschi Misti infine presentano i valori minimi, mostrando una minore omeostasi rispetto alle fagete.

quote	plot	T ° a 1,50 da suolo	standard di riferimento	scarti	T ° al suolo	standard di riferimento	scarti	data (2007)	ora	U% a 1,50 da suolo	standard di riferimento	scarti	U% al suolo	standard di riferimento	scarti	T ° suolo	standard di riferimento	scarti
<b>boschi misti</b>																		
1131	7,7	3,6	4,3	-0,7	3,7	4	-0,3	26-mar	10.20	75,7	75	0,7	77,1	74,3	2,8	nd		
936	7,9	11,5	10,9	0,6	11,1	10,5	0,6	28-mar	12.30	61,6	55,7	5,9	61,6	55,3	6,3	nd		
1186	7,6	5,4	4,8	0,6	5,3	5,1	0,2	26-mar	14.45	63,4	71,1	-7,7	63,9	71,1	-7,2	nd		
1020	7,3	8,1	9,8	-1,7	8,2	9,4	-1,2	27-mar	12	59,3	55,5	3,8	59,9	55,4	4,5	nd		
1029	7,2	5,4	5,6	-0,2	5,3	5,6	-0,3	27-mar	11	72,1	75,3	-3,2	72,3	75,2	-2,9	nd		
1039	7,1	3,6	5	-1,4	3,5	4,5	-1	27-mar	9.30	83,4	81,8	1,6	85,7	82,3	3,4	nd		
1019	7,14	17,3	16,8	0,5	17,6	17,5	0,1	11-apr	14.20	37,2	36,6	0,6	36,9	36,7	0,2	8,5	8,3	0,2
1077	7,13	19,8	18,7	1,1	20,8	18,4	2,4	11-apr	11.30	30,6	32,6	-2	31,5	32,6	-1,1	7,2	7,2	0
1088	7,8	10,6	11,2	-0,6	11,5	11,9	-0,4	28-mar	14.35	44	45	-1	44,8	44	0,8	nd		
1000	2,6	19,5	17,9	1,6	22	20,1	1,9	12-apr	13.50	31,8	32	-0,2	31,8	32	-0,2	7,9	7,9	0
1063	2,5	15,9	16,9	-1	16,5	17,8	-1,3	12-apr	12	32,1	30,3	1,8	33,4	31,1	2,3	7,1	6,4	0,7
1215	7,5	5	6,8	-1,8	5,8	7,4	-1,6	26-mar	12.20	64,2	60,6	3,6	62,2	60,8	1,4	nd		
1003	7,4	7,9	8,4	-0,5	6,9	8,3	-1,4	28-mar	10.28	63,1	71,7	-8,6	67,8	72	-4,2	nd		
1085	2,4	13	13,6	-0,6	12,8	13,3	-0,5	12-apr	10.15	38,7	37,5	1,2	38,8	39	-0,2	6,6	6,4	0,2
1259	2,2	10,9	12,5	-1,6	12,6	17,5	-4,9	02-apr	12	44,7	42,1	2,6	46,3	49,1	-2,8	nd		
1089	2,3	12,3	12,5	-0,2	13	13,7	-0,7	02-apr	15	43,5	42,8	0,7	44,5	44,1	0,4	nd		
1163	2,1	12,5	13,4	-0,9	13,6	17,2	-3,6	02-apr	13.23	41	40,1	0,9	41,9	36,8	5,1	nd		
media scarti		<b>10,72</b>		<b>-0,4</b>	<b>11,19</b>		<b>-0,7</b>			<b>52,14</b>		<b>0,04</b>	<b>52,96</b>		<b>0,5</b>	<b>7,46</b>		<b>0,22</b>
DS				1,0			1,7					3,7			3,4			
<b>Polysticho-Fagetum pioniero</b>																		
1421	3,7	15,4	14,6	0,8	15,8	14,6	1,2	19-apr	14.45	49,9	53,6	-3,7	50,3	54,5	-4,2	8,7	8,3	0,4
1510	5,7	6,6	8,9	-2,3	6,9	11	-4,1	18-mag	9	85,3	70,8	14,5	86,9	71,9	15	8,5	12,6	-4,1
1330	1,10	16,6	18,8	-2,2	17,4	20,4	-3	21 mg	13.30	63,1	51,8	11,3	63,5	38,2	25,3	9,6	13,8	-4,2
1135	1,8	10,1	10,1	0	10,6	11	-0,4	16-mag	9.15	76,5	74,1	2,4	74,9	74	0,9	10,9	10,8	0,1
1490	6,9	18,6	20,6	-2	19,5	25,4	-5,9	10-mag	16	55,5	39,9	15,6	55,3	31,9	23,4	10,5	12,9	-2,4
1550	5,10	18,4	19	-0,6	19	19,7	-0,7	23-mag	15.15	52	48,1	3,9	52,5	49,1	3,4	9,5	10,1	-0,6
1504	4,1	15,9	17,4	-1,5	16,3	18,1	-1,8	24-apr	12.25	52,5	46,2	6,3	52,8	45,9	6,9	7,9	7,8	0,1
1510	3,8	13,8	15,1	-1,3	14,1	14,8	-0,7	23-apr	10	62,7	58,1	4,6	63,6	62,2	1,4	8,5	9,1	-0,6
1049	1,17	18,3	19,2	-0,9	18,8	19,8	-1	06-giu	14	68,1	56,3	11,8	66,9	58,6	8,3	12,4	13	-0,6
1385	5,11	12,4	15,1	-2,7	12,9	21,1	-8,2	08-mag	9.20	63,3	41,7	21,6	64,1	31	33,1	7,9	9,4	-1,5
1448	5,12	15,1	18,5	-3,4	16	18,7	-2,7	08-mag	11.15	51,4	38,6	12,8	55	41	14	8,4	8,7	-0,3
1141	1,9	19,5	23,6	-4,1	20,5	27,1	-6,6	21-mag	16	52,6	35,8	16,8	55,5	28,5	27	11,2	11,4	-0,2
1599	6,7	16,6	17,8	-1,2	16,8	18,6	-1,8	10-mag	12.20	48,4	41,3	7,1	49,7	45,1	4,6	9,6	9	0,6
1034	1,7	11,6	16,3	-4,7	13,4	19,1	-5,7	17-mag	9.18	66,1	51,6	14,5	62,3	56,6	5,7	10,4	11,5	-1,1
media scarti		<b>14,92</b>		<b>-1,9</b>	<b>15,57</b>		<b>-3,0</b>			<b>60,53</b>		<b>10,0</b>	<b>60,95</b>		<b>11,8</b>	<b>9,57</b>		<b>-1,0</b>
DS				1,5			2,7					6,5			11,0			1,5
<b>Polysticho-Fagetum a Saxifraga rotundifolia</b>																		
1423	3,17	13,93	14,6	-0,7	13,5	17,8	-4,3	19-apr	10	48,7	46,8	1,9	50,3	44,5	5,8	8,9	9,4	-0,5
1172	3,16	16,5	17,5	-1	17,3	17,7	-0,4	19-apr	12	40,3	41	-0,7	40,8	41,7	-0,9	8	7,8	0,2
1988	6,4	17,9	20,4	-2,5	21,3	26,6	-5,3	09-mag	13.45	36,8	33,2	3,6	34,4	22,4	12	5,8	5,6	0,2
1550	6,8	18,03	21,6	-3,57	18,3	23,7	-5,4	10-mag	14.20	50,6	37	13,6	56,9	38	18,9	8,5	11,2	-2,7
1632	4,2	9,2	8,8	0,4	10,3	9,5	0,8	02-mag	9.30	74,8	77,5	-2,7	74,7	75	-0,3	5,4	5,8	-0,4
1414	3,6	15,5	15,7	-0,2	15,7	15,9	-0,2	24-apr	13.30	51,3	53,8	-2,5	51,9	54,6	-2,7	7,7	10,2	-2,5
media scarti		<b>15,18</b>		<b>-1,3</b>	<b>16,07</b>		<b>-2,5</b>			<b>50,42</b>		<b>2,2</b>	<b>51,50</b>		<b>5,5</b>	<b>7,38</b>		<b>-1,0</b>
DS				1,4			2,6					5,6			7,8			1,2

**Tabella 6.3.1a.** Misure microclimatiche: Temperatura (T °), Umidità (U%) dell'aria misurate sia al suolo che a 1,50m da esso; temperatura del suolo (T ° suolo) misurata a 25 cm di profondità; data ed orario in cui sono state effettuate le misurazioni; misure dello standard di riferimento effettuate nella radura più vicina al plot; calcolo degli scarti dei valori dallo standard di riferimento; per ogni comunità sono state inoltre calcolate la media degli scarti, la deviazione standard (DS) e la mediana.

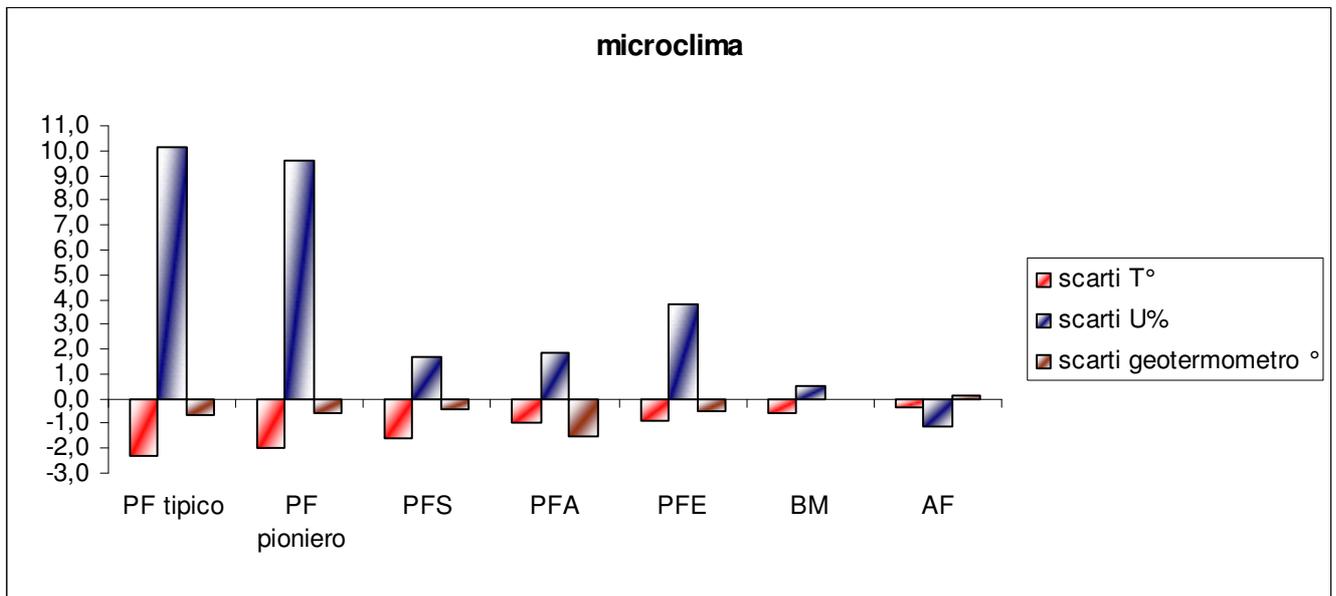
quote	plot	T° a 1,50 da suolo	standard di riferimento	scarti	T° al suolo	standard di riferimento	scarti	data (2007)	ora	U% a 1,50 da suolo	standard di riferimento	scarti	U% al suolo	standard di riferimento	scarti	T° suolo	standard di riferimento	scarti
<b>Aquifolio-Fagetum</b>																		
1552	biancoX	18,6	nd		18,7	nd		03-lug	11	56,1	nd		55,7	nd		11,1	nd	
1375	7,15	11,9	12,7	-0,8	12,3	12,6	-0,3	13-apr	10	52,4	52	0,4	52,4	53,1	-0,7	5,7	5,7	0
1026	7,11	12,2	13,3	-1,1	16,8	13,7	3,1	03-apr	12.15	39,5	40,6	-1,1	39,6	39,9	-0,3	nd	nd	nd
1390	7,17	15,7	16,5	-0,8	16,3	17,8	-1,5	13-apr	15.25	48,7	49,9	-1,2	48,6	50,2	-1,6	6,1	6	0,1
1122	7,12	10,8	10,1	0,7	10,9	10,3	0,6	03-apr	14.50	52,2	55,3	-3,1	53,4	55,8	-2,4	nd	nd	nd
985	7,10	7	7,2	-0,2	7,1	7,4	-0,3	03-apr	9.30	62,5	62,8	-0,3	65,7	64,7	1	nd	nd	nd
1134	1,14	6,7	pioggia		7	pioggia		29-mag	11.30	97,67			97,9	nd		10,3		
1134	1,13	6,7	pioggia		7,1	pioggia		29-mag	10.40	89,9			89,2	nd		9,9		
1714	3,13	15,4	17,9	-2,5	19,3	18,3	1	20-apr	10.45	37,8	39,2	-1,4	37	39,2	-2,2	6,8	6,6	0,2
media scarti		<b>11,67</b>		<b>-0,8</b>	<b>12,83</b>		<b>0,4</b>			<b>59,64</b>		<b>-1,1</b>	<b>59,94</b>		<b>-1,0</b>	<b>8,32</b>		<b>0,1</b>
DS				1,0			1,4					1,1			1,2			0,1
<b>Polysticho-Fagetum tipico</b>																		
1409	7,18	14,10	nd		14,9	nd		07-giu	11	86	nd		86,4	nd		9,4	nd	
1474	4,5	16,9	19,9	-3	16,6	21,4	-4,8	24-mag	11	60,7	45,8	14,9	61,2	47		8,5	16,8	-8,3
1472	4,4	16,8	19,9	-3,1	16,8	21,4	-4,6	24-mag	14	69,5	45,8	23,7	61,3	47		9	16,8	-7,8
1509	1,16	7,8	11,3	-3,5	8	9,2	-1,2	30-mag	11	86,3	57,6	28,7	86,3	56,2		7,7	13	-5,3
1559	1,15	7,5	11,3	-3,8	8,3	9,2	-0,9	31-mag	13	78,6	57,6	21	79,7	56,2		7,3	13	-5,7
1649	1,4	10,7	10,4	0,3	11,3	11,4	-0,1	16-mag	14.16	66,9	66,6	0,3	66,3	66,9		8,3	9	-0,7
1637	5,8	5,6	7,5	-1,9	5,8	10,3	-4,5	18-mag	16	85,7	75,1	10,6	86,2	76,2		6,7	11,5	-4,8
1651	3,11	16,2	21,4	-5,2	16,9	26,5	-9,6	11-mag	13	53	42	11	53,2	38,8		7,5	10,9	-3,4
1701	6,2	6	pioggia		6,1	nd		03-mag	ND	98,4		pioggia	98,5	nd		6,3	pioggia	
1502	3,18	6,6	8,2	-1,6	6,6	9,2	-2,6	18-apr	9.45	71,6	71,2	0,4	70,8	79,2		6	5	1
1624	5,5	16,8	17,6	-0,8	17	20,1	-3,1	22-mag	13.30	50,1	41,6	8,5	53,3	42,2		7,4	8,2	-0,8
1629	3,5	16,2	16,6	-0,4	18,5	17,7	0,8	18-apr	13.11	26,5	27,9	-1,4	25,7	27,5		5,1	5,7	-0,6
1696	3,14	15,1	12,3	2,8	12,8	12,6	0,2	20-apr	12	67,7	65,2	2,5	62,5	65,4		5,6	5,5	0,1
1724	3,4	18,7	22,4	-3,7	19,6	22,8	-3,2	18-apr	11.42	28,4	20,9	7,5	26,9	22,3		6,1	5,9	0,2
1875	5,16	10	8,6	1,4	11,6	11,1	0,5	07-mag	11.39	69,7	76,8	-7,1	67,9	77,4	-9,5	5,5	5,7	-0,2
1530	6,10	8,9	nd		10	nd		03-mag	ND	80,6			84,6	nd		5,9		
1771	5,13	14,8	20,9	-6,1	15,1	22,8	-7,7	22-mag	11	60,6	34,3	26,3	62,4	43	19,4	7,3	9,4	-2,1
1699	3,10	16	17,3	-1,3	16,3	20,1	-3,8	11-mag	11.35	51,7	41,3	10,4	52,1	38	14,1	7,3	7,1	0,2
1618	6,12	15,2	23,7	-8,5	15,7	24,9	-9,2	08-mag	15.20	46,7	28,5	18,2	47,5	29,8	17,7	6,4	6,8	-0,4
1676	5,9	16,1	19,9	-3,8	16,2	21,8	-5,6	22-mag	12.25	58,5	40,1	18,4	58,4	45,8	12,6	7,5	8,1	-0,6
1719	6,1	15	14,8	0,2	16	15,6	0,4	08-mag	13.51	50,1	49,6	0,5	54,1	50,7	3,4	5,9	5,7	0,2
1744	3,9	15,6	15,8	-0,2	18,4	20,5	-2,1	11-mag	9.55	52,9	55,5	-2,6	50,5	41,5	9	6,7	7,4	-0,7
1616	6,11	6,9	pioggia		7	nd		03-mag	ND	95,3			95,3	nd		6,1		
1652	3,3	19,7	19,1	0,6	20,5	20,9	-0,4	18-apr	14.45	25,7	32,7	-7	28,2	30	-1,8	6,4	6,5	0,1
media scarti		<b>13,05</b>		<b>-2,1</b>	<b>13,58</b>		<b>-3,1</b>			<b>63,38</b>		<b>9,2</b>	<b>63,30</b>		<b>8,1</b>	<b>6,91</b>		<b>-2,0</b>
DS				2,7			3,1					10,7			9,4			2,8

**Tabella 6.3.1b.** Misure microclimatiche: Temperatura (T°), Umidità (U%) dell'aria misurate sia al suolo che a 1,50m da esso; temperatura del suolo (T° suolo) misurata a 25 cm di profondità; data ed orario in cui sono state effettuate le misurazioni; misure dello standard di riferimento effettuate nella radura più vicina al plot; calcolo degli scarti dei valori dallo standard di riferimento; per ogni comunità sono state inoltre calcolate la media degli scarti, la deviazione standard (DS) e la mediana.

quote	plot	T ° a 1,50 da suolo	standard di riferimento	scarti	T ° al suolo	standard di riferimento	scarti	data (2007)	ora	U% a 1,50 da suolo	standard di riferimento	scarti	U% al suolo	standard di riferimento	scarti	T ° suolo	standard di riferimento	scarti
<b><i>Polysticho-Fagetum ad Epilobium montanum</i></b>																		
1969	6,6	16	17,5	-1,5	17,1	20,7	-3,6	09-mag	11.20	32,2	27,7	4,5	33,7	26,8	6,9	5,4	6	-0,6
1946	6,5	17,4	17,8	-0,4	19,2	19,8	-0,6	09-mag	12.22	32	31,1	0,9	32	32	0	5,1	5,5	-0,4
1909	5,17	9,8	13,7	-3,9	10,8	13,8	-3	07-mag	10.31	66,4	56,2	10,2	66,6	56,3	10,3	3,9	3,7	0,2
1791	5,15	16,6	17,5	-0,9	17,4	18,7	-1,3	23-mag	11.30	59,6	55,6	4	58,8	54,4	4,4	8,1	9,5	-1,4
1681	7,16	15,1	17	-1,9	17,7	17,1	0,6	13-apr	13.30	45,2	40,9	4,3	44,8	42,2	2,6	5,4	5,7	-0,3
1620	3,15	13	13,2	-0,2	13,6	14,9	-1,3	24-apr	9.35	59,9	58	1,9	59,8	58,7	1,1	6,5	6,3	0,2
1419	3,1	13,5	14,3	-0,8	15	15,9	-0,9	17-apr	12.22	37,6	36,5	1,1	37,1	36,4	0,7	4,7	5,3	-0,6
1743	5,4	17,4	18,1	-0,7	19,1	23,4	-4,3	23-mag	12.45	58	47,7	10,3	55,5	41,3	14,2	7,7	10,1	-2,4
1711	5,14	16,6	17,6	-1	17,3	23,1	-5,8	23-mag	9.25	62,4	55,2	7,2	62,1	39,6	22,5	9	11,9	-2,9
1632	5,6	6,3	5,9	0,4	6,4	6,6	-0,2	18-mag	11	91,7	92,3	-0,6	91,7	92,2	-0,5	6,9	7,1	-0,2
1545	1,11	12,7	13,2	-0,5	13,9	14,1	-0,2	21-mag	11.53	77,2	72,2	5	77,1	70,8	6,3	7,4	8,6	-1,2
1717	1,2	8,7	9,4	-0,7	9,7	10,4	-0,7	17-mag	12.32	73	70,8	2,2	73,5	72,2	1,3	6,9	7,2	-0,3
<b>media scarti</b>		<b>13,59</b>		<b>-1,0</b>	<b>14,77</b>		<b>-1,8</b>			<b>57,93</b>		<b>4,3</b>	<b>57,73</b>		<b>5,8</b>	<b>6,42</b>		<b>-0,8</b>
<i>DS</i>				<i>1,0</i>			<i>1,9</i>					<i>3,4</i>			<i>6,6</i>			<i>0,9</i>
<b><i>Polysticho-Fagetum ad Anemone ranunculoides</i></b>																		
1610	5,3	18,1	18,1	0	18,5	19,8	-1,3	22-mag	15.05	55,4	55,1	0,3	55,8	58,2		8,5	11,7	-3,2
1871	5,1	8,7	nd		8,8	nd		07-mag	ND	76,5	nd		78,4	nd		6,4	nd	
1531	3,12	11,7	12,3	-0,6	12,7	13,4	-0,7	17-apr	14.35	35,5	37,2	-1,7	35,7	35,6	0,1	5,8	5,9	-0,1
1578	5,2	15,9	16,4	-0,5	16,3	19,3	-3	23-apr	12.10	46	44,4	1,6	45,4	45,6	-0,2	7	7,2	-0,2
1257	1,6	13,2	17,6	-4,4	13,5	20,7	-7,2	16-mag	11.35	65,2	42	23,2	65,3	37	28,3	9,2	10,9	-1,7
1419	1,12	11,9	11,6	0,3	12,5	12,2	0,3	21-mag	9.38	78	79	-1	77,4	81,1	-3,7	7,5	9	-1,5
1369	1,5	11,9	16,6	-4,7	12,1	16,8	-4,7	16-mag	10.33	69,8	57,3	12,5	69,9	59,8	10,1	8,3	9,8	-1,5
1582	1,3	10	10,3	-0,3	10,9	11,8	-0,9	16-mag	12.10	72,2	74,6	-2,4	71,9	74,9	-3	8,3	14,3	-6
1579	3,2	12,6	10,8	1,8	13,3	13,5	-0,2	17-apr	10.50	40,5	42,3	-1,8	42,7	41	1,7	4,6	4,8	-0,2
1497	6,3	8,7	10,8	-2,1	9,2	11,3	-2,1	02-mag	11.40	80,6	77	3,6	79,9	77,5	2,4	6,1	6,6	-0,5
1571	4,3	8,1	9	-0,9	8,2	9,2	-1	02-mag	10.45	79,9	74,7	5,2	80,2	75,6	4,6	5,8	6,6	-0,8
1725	1,1	9,6	10,9	-1,3	10,2	12,3	-2,1	17-mag	14.10	63,6	59,3	4,3	63,8	58,7	5,1	7,4	9,9	-2,5
<b>media scarti</b>		<b>11,70</b>		<b>-1,2</b>	<b>12,18</b>		<b>-2,1</b>			<b>63,60</b>		<b>4,0</b>	<b>63,87</b>		<b>4,5</b>	<b>7,08</b>		<b>-1,7</b>
<i>DS</i>				<i>1,9</i>			<i>2,1</i>					<i>7,3</i>			<i>8,8</i>			<i>1,7</i>

**Tabella 6.3.1c.** Misure microclimatiche: Temperatura (T°), Umidità (U%) dell'aria misurate sia al suolo che a 1,50m da esso; temperatura del suolo (T° suolo) misurata a 25 cm di profondità; data ed orario in cui sono state effettuate le misurazioni; misure dello standard di riferimento effettuate nella radura più vicina al plot; calcolo degli scarti dei valori dallo standard di riferimento; per ogni comunità sono state inoltre calcolate la media degli scarti, la deviazione standard (*DS*) e la mediana.

Per quanto riguarda la temperatura del suolo gli scarti maggiori sono risultati nel PFA; seguono, con valori molto vicini tra loro, il PF pioniero, il PFE, il PFS e il PF tipico; infine l' AF mostra anche in questo caso uno scarto molto basso ed invertito. E' interessante notare che la faggeta con *Ilex aquifolium* presenta condizioni di debole omeostasi; ciò in accordo con una composizione floristica abbastanza impoverita dovuta alla distribuzione di questo tipo di bosco al limite settentrionale del suo areale.



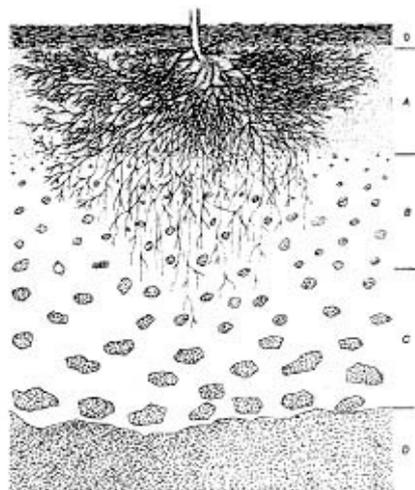
**Figura 6.3.1.** Medie degli scarti di temperatura, Umidità dell'aria e temperatura del suolo in ogni comunità.

## **6.4 Suolo**

“Il terreno è un’entità vivente molto complessa...Respira (fissa  $O_2$  ed emette  $CO_2$ ), assimila (sintetizza carbonio, fissa azoto), degrada e mineralizza le sostanze organiche, accumula sostanze di riserva sotto forma di humus, ha bisogno dell’acqua come tutti i sistemi biologici, possiede cioè tutte le funzioni di un organismo vivente” (Florenzano, 1991).

Il terreno possiede quindi molte caratteristiche che lo avvicinano agli organismi viventi. Esso è la sede di reazioni chimiche controllate che nel loro insieme, sono l’espressione di un *quasi-organismo*.

I profili pedologici (Tabelle 6.4.1a e 6.4.1b) eseguiti in bosco, hanno mostrato suoli generalmente sottili (mediamente profondi circa 70 –80 cm), giacenti su una roccia madre, per la maggior parte dei profili, di tipo carbonatico, (solo alcuni profili giacciono su depositi quaternari: conoidi, depositi colluviali ed alluvionali, morenico, depositi fluvio-lacustri e lacustri breccie di pendio- Pleistocene superiore-Olocene).



La maggior parte di suoli analizzati nell’area di studio sono sottili di tipo ABwC caratterizzati da: un sottile epipedon con struttura grumosa-granulare e con elevato contenuto di sostanza organica (10%÷20%) ed un orizzonte B di tipo cambico, con struttura grumosa-granulare, spesso contenente scheletro calcareo, tale orizzonte gradualmente s’inserisce nell’orizzonte C. la maggior parte dei suoli sono da debolmente acidi a neutri e poveri in carbonato di calcio, ma aventi una buona saturazione in basi (> 60%) , tali suoli sono stati classificati come Dystric Eutrudepts. Occasionalmente sono stati trovati Typical Eutrudepts, aventi profilo da debolmente a moderatamente alcalino, con debole presenza di carbonato di calcio ed una saturazione in basi alta (> 90%). Ambedue i tipi di suolo hanno una tessitura moderatamente

		pH	CaCO <sub>3</sub>	sost.org.	C org.	N tot.	C/N	Ac.scambio	P ass.	Basi scambiabili				CSC	SB	Granulometria					spessori	colori	AWC	Classificazione	tipo di humus	humus index	comunità			
										meq/100gr						meq/100gr	%s.											(cm)	(mm)	
										Mg	Ca	Na	K				%s.gr	%s.m.	%s.fi.	%limo										%arg.
7.3	A	7,4	0,00	17,12	9,93	0,72	13,79	6,32	18,62	4,11	41,72	1,46	1,92	55,52	88,6	1,21	1,58	4,83	50,15	42,23	6,5	10YR 2/3	230	Typic Eutrudept	dysmull	4				
	B <sub>1</sub>	7,4	0,00	4,93	2,86	0,29	9,86	4,74	5,57	3,20	28,00	1,09	1,14	38,16	87,6	0,41	1,60	9,58	51,60	36,81	11	2.5YR 5/4								
	B <sub>2</sub>	7,8	1,92	1,34	0,78	0,09	8,67	2,69	2,26	2,51	23,01	0,85	0,50	29,56	90,9	1,71	1,26	9,15	45,88	24,00	37,5	2.5YR 6/3								
	B <sub>3</sub>	8,4	10,55	0,88	0,51	0,06	8,50	0,00	3,83	3,57	36,59	0,85	0,36	41,36	100,0	1,07	1,28	5,82	75,82	16,00	60	2.5YR 7/1								
7.13	A	7,0	0,00	22,09	12,84	1,15	11,17	6,77	ND	5,21	73,17	1,45	1,53	88,13	92,3	1,00	0,60	2,11	79,93	16,36	11	7.5YR 2/3	194	ND	dysmull	4				
	B	7,2	0,00	13,69	7,96	0,55	14,47	5,84	ND	3,20	49,90	0,94	1,42	61,29	90,5	1,05	1,49	5,58	73,76	18,12	46,5	10YR 2/3								
7.8	A <sub>1</sub>	6,4	0,00	22,48	13,07	1,30	10,05	18,45	18,53	3,80	46,01	0,72	1,49	70,48	73,8	0,95	0,76	3,34	52,19	42,76	11	10YR 3/2	98	Lithic Haploxeroll	amphimull spesso	5				
	A <sub>2</sub>	7,9	1,50	15,88	9,23	0,80	11,54	6,47	16,40	2,28	49,48	0,60	0,78	59,62	89,1	0,98	1,49	4,66	74,45	38,43	29	10YR 3/2								
7.5	A <sub>1</sub>	7,6	1,00	17,01	9,87	0,87	11,34	6,73	19,66	3,20	39,36	1,31	1,84	52,44	87,2	4,26	2,74	3,93	46,89	42,17	7,5	5YR 3/1	85	Lithic Haploxeroll	dysmull	4				
	A <sub>2</sub>	7,1	0,00	8,31	4,82	0,40	12,05	5,03	7,83	1,60	28,41	0,70	1,41	37,16	86,5	6,20	3,05	4,80	45,59	40,35	27,5	10YR 3/2								
2.4	A	6,2	0,00	26,02	15,13	1,83	8,27	22,85	21,60	3,40	64,86	0,85	1,54	93,50	75,6	16,08	4,74	5,71	48,40	40,07	3,5	7.5YR 4/2	165	Dystric Eutrudept	dysmull	4				
	B <sub>1</sub>	6,2	0,00	4,41	2,56	0,19	13,47	8,96	5,80	2,97	23,15	0,85	0,85	36,77	75,6	17,60	8,19	8,39	23,47	41,35	56,5	7.5YR 5/2								
	B <sub>2</sub> /C	6,1	0,00	0,95	0,55	0,06	9,17	7,56	1,60	3,20	29,66	0,72	0,71	41,85	81,9	17,24	4,18	5,29	55,30	38,00	52	7.5YR 6/2								
2.1	A <sub>1</sub>	7,2	3,84	21,86	12,68	1,33	9,53	8,24	27,50	2,89	50,19	0,36	1,25	62,94	86,9	5,94	1,56	3,00	57,50	31,99	17,5	10YR 2/3	95	Lithic Haploxeroll	amphimull spesso	5				
	A <sub>2</sub>	7,6	4,80	17,67	10,25	1,15	8,91	9,29	28,99	2,06	69,97	0,21	1,04	82,57	88,7	8,93	2,94	5,42	69,34	25,36	25	10YR 3/2								
1.10	A <sub>1</sub>	7,2	1,50	20,79	12,09	0,73	16,56	7,56	21,60	2,74	49,06	0,85	1,29	61,50	87,7	16,67	5,96	6,20	52,34	18,82	14	7.5YR 4/2	102	Typic Eutrudept	eumull	1				
	B <sub>1</sub>	7,9	5,51	9,56	5,56	0,32	17,37	3,75	15,41	1,60	43,10	0,60	1,07	50,12	92,5	21,30	6,63	5,93	38,35	27,80	30	7.5YR 5/2								
	B <sub>2</sub> /C	8,0	9,51	5,85	3,40	0,33	10,30	2,06	15,23	1,60	41,44	0,60	0,78	46,49	95,6	16,62	6,30	7,55	56,71	26,24	31	7.5YR 6/2								
4.1	A	7,2	1,00	22,01	12,79	0,86	14,87	10,70	17,05	2,51	59,04	0,60	0,99	73,85	85,5	10,08	2,96	3,32	71,55	20,77	17,5	10YR 2/3	80	Lithic Haploxeroll	amphimull spesso	5				
1.17	A <sub>1</sub>	7,8	1,90	24,58	14,29	1,20	11,91	16,85	ND	4,40	69,48	1,93	1,00	93,66	82,0	4,47	0,97	1,90	86,38	6,28	10,5	7.5YR 2/3	149	ND	dysmull	4				
	A <sub>2</sub>	7,3	3,80	14,45	8,40	0,51	16,47	12,99	ND	1,83	49,62	2,29	0,65	67,37	80,7	15,17	3,14	3,91	68,51	9,27	64,5	10YR 4/4								
5.12	A <sub>1</sub>	7,6	1,00	17,45	10,14	0,86	11,79	6,40	29,22	2,22	71,80	0,48	0,57	81,47	92,1	5,05	6,07	7,27	63,37	22,23	31,5	7.5YR 3/2	97	Typic Haploxeroll	amphimull spesso	5				
	A <sub>2</sub>	7,8	24,03	11,56	6,72	0,57	11,79	4,65	8,35	1,64	70,09	0,48	0,43	77,29	94,0	6,66	7,67	8,54	34,95	24,18	23,5	7.5YR 3/3								
1.7	A <sub>1</sub>	7,2	1,50	23,00	13,08	0,84	15,57	12,22	22,81	3,88	60,84	0,97	0,85	78,76	84,5	6,86	2,73	4,60	49,17	36,65	2,5	7.5YR 2/2	170	Typic Eutrudept	eumoder	6				
	A <sub>2</sub> /B	8,0	2,00	7,64	4,44	0,30	14,80	3,29	9,57	1,60	50,03	0,48	0,50	55,90	94,1	2,09	1,18	2,87	73,37	20,48	48,5	7.5YR 4/3								
	B	8,0	2,00	5,51	3,20	0,21	15,24	2,25	10,09	1,37	42,00	0,60	0,57	46,79	95,2	5,74	4,35	9,65	61,56	18,69	25	7.5YR 5/3								
3.16	A <sub>1</sub>	7,2	3,00	24,42	14,19	1,35	10,51	15,51	34,37	2,74	74,43	0,60	0,92	94,21	83,5	5,33	2,18	3,79	74,91	23,78	22,5	5YR 2/3	102	Typic Haploxeroll	amphimull spesso	5				
	A <sub>2</sub>	7,7	10,01	20,75	12,07	1,15	10,49	7,76	30,62	1,83	75,40	0,48	0,57	86,04	91,0	8,94	3,02	4,61	72,19	21,24	27,5	5YR 3/2								
6.4	A <sub>1</sub>	6,5	0,00	16,34	9,48	0,77	12,31	22,36	12,60	3,88	27,30	0,97	1,07	55,58	59,8	4,85	2,89	5,07	66,87	20,32	17,5	7.5YR 3/3	200	Pachic Hapludoll	amphimull spesso	5				
	A <sub>2</sub>	6,4	0,00	11,52	6,68	0,79	8,46	18,72	6,60	1,14	26,61	1,09	0,43	47,99	61,0	3,74	1,20	3,42	80,33	15,65	47,5	7.5YR 3/4								
6.8	A	7,3	9,01	26,35	15,32	1,62	9,46	7,08	28,54	3,80	59,87	0,48	0,71	71,94	90,2	10,66	2,44	2,53	61,71	22,66	32,5	5YR 2/2	135	Typic Haploxeroll	amphimull spesso	5				
3.6	A <sub>1</sub>	7,1	0,00	23,57	13,67	1,14	11,99	13,13	20,88	4,80	39,08	0,49	1,35	58,85	77,7	4,06	2,18	3,79	69,71	19,62	4	7.5YR 2/2	92	Lithic Haploxeroll	amphimull spesso	5				
	A <sub>2</sub>	7,7	3,36	19,10	11,08	0,72	15,39	6,46	12,18	2,06	63,89	0,49	0,71	73,60	91,2	16,47	3,02	4,61	44,55	28,43	38,5	7.5YR 3/3								
7.15	A <sub>1</sub>	5,9	0,00	16,15	9,39	0,52	18,06	15,17	ND	5,48	31,32	1,42	1,15	54,54	72,2	2,08	1,88	4,19	64,54	27,31	9,5	10YR 2/3	268	ND	eumoder	6				
	A <sub>2</sub>	5,8	0,00	5,45	3,17	0,26	12,19	13,30	ND	3,43	15,80	1,36	0,65	34,53	61,5	0,60	1,08	4,01	55,55	38,76	22,5	7.5YR 4/4								
	B <sub>1</sub>	6,2	0,00	1,68	0,98	0,10	9,80	9,22	ND	3,65	27,17	1,42	0,63	42,09	78,1	3,59	2,04	4,46	43,92	46,00	23	10YR 4/4								
	B <sub>2</sub>	7,5	0,00	1,27	0,74	0,05	14,80	2,26	ND	3,88	52,11	1,42	0,61	60,29	96,3	3,20	1,48	2,44	42,88	50,00	65	2.5YR 4/3								
7.10	A	4,5	0,00	4,42	2,57	0,11	23,36	14,79	ND	1,14	1,66	1,68	0,50	19,77	25,2	16,18	11,04	28,38	36,40	8,00	6,5	10YR 6/6	220	ND	eumoder	6				
	B <sub>1</sub>	4,9	0,00	1,31	0,76	0,04	19,00	13,10	ND	1,37	1,89	1,75	0,43	18,54	29,3	5,06	8,45	33,25	42,25	11,00	28,5	10YR 6/6								
	B <sub>2</sub>	5,3	0,00	0,43	0,25	0,02	12,50	11,26	ND	1,37	1,94	1,70	0,39	16,67	32,4	3,72	7,41	34,58	34,29	20,00	40	10YR 7/4								
	B <sub>3</sub>	5,7	0,00	0,17	0,10	0,01	10,00	9,60	ND	1,37	1,91	1,71	0,22	14,80	35,2	8,66	13,37	32,98	24,99	20,00	45	10YR 6/4								
1.13	A	7,1	0,00	24,81	14,42	1,57	9,18	7,05	ND	4,03	60,71	1,23	0,50	73,52	90,4	0,43	0,69	1,73	79,86	17,29	37,5	5YR 2/4	106	ND	amphimull spesso	5				
3.13	A <sub>1</sub>	5,5	0,00	19,08	11,09	0,97	11,43	27,33	12,20	3,88	39,64	0,60	0,92	72,38	62,2	1,25	2,03	3,86	50,03	42,85	9	7.5YR 4/2	170	Dystric Eutrudept	amphimull sottile	5				
	A <sub>2</sub>	5,5	0,00	8,73	5,08	0,31	16,39	23,41	3,60	2,97	27,58	0,60	0,71	55,27	57,6	0,60	1,78	4,33	53,79	39,50	14	7.5YR 5/3								
	B	5,7	0,00	2,71	1,58	0,11	14,36	15,81	3,00	2,97	15,80	0,85	0,71	36,14	56,2	1,26	2,28	3,43	37,03	56,00	49	7.5YR 6/4								

Tabelle

fine ed una capacità di ritenzione idrica da media a molto alta ( $AWC = 120-280$  mm). Il regime di umidità è udico ed il regime di temperatura varia, con l'altitudine da mesico a frigido.

Nei siti in cui vi è forte processo di erosione dominano suoli di tipo rendzina con regime di umidità di tipo xerico (Lithic and Typic Haploxerolls) con un epipedon di tipo mollico, molto ricco in sostanza organica (16-26%) e con uno spessore di 35÷50 m, situato su un orizzonte C di roccia carbonatica, o, raramente su depositi terrigeni. Questi suoli hanno un contenuto abbondante di scheletro calcareo con frammenti di differenti dimensioni e con una capacità di ritenzione idrica bassa (80-100 mm); sono suoli con pH neutro/debolmente alcalino (Tabelle 6.4.1a e 6.4.1b), (De Nicola et al. 2007).

### **6.4.1 Analisi pedologiche**

1. **pH:** i valori vanno da *debolmente acidi* (5.3) a *debolmente alcalini* (8.0); in tale range è compreso l'intervallo ristretto (6.5÷7.5) in cui l'assimilabilità dei principali elementi nutritivi da parte delle piante viene maggiormente esaltata (Tabella 6.4.2.). Nella maggior parte dei profili (87%) il valore del pH tende a crescere con la profondità a causa del substrato calcareo sul quale giacciono questi suoli (Tabelle 6.4.1a e 6.4.1b). Cause dell'acidità misurata sono:

- decomposizione della lettiera, che apporta al suolo una buona percentuale di acidi umici;
- piogge abbondanti che favoriscono la lisciviazione delle basi;
- tessitura: suoli sabbiosi o tendenzialmente sciolti (Figura 6.4.1), in virtù della loro maggiore permeabilità per l'acqua, mostrano un pH più basso.

2. **Sostanza organica:** diminuisce con la profondità in ciascun profilo ed i valori nell'orizzonte A (epipedon) vanno da 4,42% a 33,63%, mostrando una buona disponibilità di nutrienti (Tabelle 6.4.1a e 6.4.1b).

La sostanza organica, soprattutto in stato di avanzata umificazione, ha un'influenza positiva sulle proprietà del terreno esercitando:

		pH	CaCO <sub>3</sub> %	sost.org. %	C org. %	N tot. %	C/N	Ac.scambio meq/100gr	P ass. ppm	Basi scambiabili meq/100gr				CSC meq/100gr	SB %	Granulometria					spessori (cm)	colori	AWC (mm)	Classificazione	tipo di humus	humus index	comunità
										Mg	Ca	Na	K			%s.gr	%s.m.	%s.fi.	%limo	%arg.							
7.18	A	7,2	0,95	13,66	7,94	0,50	15,88	6,10	ND	4,57	43,66	1,72	0,50	56,55	89,2	1,57	1,39	2,59	66,28	28,17	17,5	7.5YR 3/3	245	ND	eumoder	6	Polysticho-Fagetum sciafilo
	B	7,1	0,00	8,45	4,91	0,26	18,88	5,16	ND	4,80	42,55	1,54	0,47	54,51	90,5	0,32	0,40	1,23	57,19	40,86	67,5	10YR 3/3					
4.4	A	7,7	4,75	14,62	8,50	0,51	16,67	4,13	ND	1,83	50,73	2,23	0,36	59,27	93,0	9,86	3,95	5,24	64,73	16,22	41	7.5YR 3/2	87	ND	hemimoder	5	
	B	7,3	0,00	2,51	1,46	0,12	12,17	6,25	ND	2,97	40,47	1,51	0,65	51,85	87,9	6,42	2,68	2,61	42,30	46,00	44,25	5YR 3/4					
1.16	A	6,9	0,00	15,45	8,98	0,45	19,96	18,13	ND	3,88	38,25	1,42	0,79	62,48	71,0	5,10	2,25	2,27	52,33	38,05	5,75	7.5YR 4/4	78	ND	eumoder	6	
	B	7,3	0,00	2,51	1,46	0,12	12,17	6,25	ND	2,97	40,47	1,51	0,65	51,85	87,9	6,42	2,68	2,61	42,30	46,00	44,25	5YR 3/4					
1.15	A	7,2	0,00	33,63	19,55	1,08	18,10	7,69	ND	3,34	59,60	2,64	0,99	74,25	89,6	3,59	1,19	1,41	70,58	23,23	7	7.5YR 3/3	55	ND	dysmoder	7	
	B	7,9	0,00	6,93	4,03	0,21	19,19	1,93	ND	2,28	47,26	2,68	0,43	54,59	96,5	5,54	2,05	2,47	72,97	16,97	39,5	7.5YR 3/4					
1.4	A <sub>1</sub>	7,1	0,00	16,19	9,39	0,72	13,04	10,43	16,53	2,97	32,85	0,36	0,92	47,53	78,1	20,76	5,03	4,64	51,67	17,90	5,5	7.5YR 3/4	80	Lithic Haploxeroll	amphimull sottile	5	
	A <sub>2</sub>	7,5	0,00	10,24	5,94	0,41	14,49	7,58	5,04	1,60	41,72	0,36	0,50	51,76	85,4	21,08	5,55	5,48	37,81	21,08	75,5	7.5YR 3/5					
3.11	A	6,0	0,00	17,15	9,97	0,84	11,87	15,13	13,93	3,43	36,45	0,48	1,07	56,56	73,2	6,18	2,57	3,42	51,55	36,28	15,5	10YR 3/2	114	Typic Eutrudept	dysmull	4	
	B	7,7	5,01	10,58	6,15	0,50	12,30	5,86	8,80	1,60	51,70	0,21	0,50	59,86	90,2	15,13	5,17	7,03	48,88	23,79	49,5	10YR 4/2					
6.10	A	6,5	0,00	20,07	11,67	0,85	13,73	18,92	11,00	2,51	37,56	0,60	1,21	60,81	68,9	5,91	3,82	8,20	52,47	29,60	32,5	7.5YR 4/3	280	Dystric Eutrudept	dysmull	4	
	B <sub>1</sub>	6,6	0,00	8,33	4,84	0,40	12,10	15,44	4,40	2,28	29,94	0,48	0,92	49,06	68,5	2,71	6,47	7,76	62,34	23,72	30	7.5YR 5/3					
	B <sub>2</sub>	7,1	0,00	5,32	3,09	0,31	9,97	13,93	2,96	2,28	30,35	0,48	0,78	47,83	70,9	0,93	1,26	8,85	77,72	15,24	16	7.5YR 5/3					
	B <sub>3</sub>	6,9	0,00	4,96	2,88	0,27	10,67	14,36	2,26	1,83	22,89	0,21	0,50	39,79	63,9	0,84	1,09	1,09	85,83	11,15	22	7.5YR 5/3					
5.9	A	6,5	0,00	9,77	5,67	0,52	10,90	26,72	19,02	2,51	31,88	1,09	0,71	62,91	57,5	0,55	0,79	4,14	77,90	16,62	16	7.5YR 3/3	215	Dystric Eutrudept	oligomull	3	
	B <sub>1</sub>	6,7	0,00	7,48	4,34	0,42	10,33	22,99	15,87	1,60	32,71	0,97	0,36	58,62	60,8	0,48	0,85	5,24	77,22	16,21	7,5	7.5YR 5/4					
	B <sub>2</sub>	7,4	0,50	4,46	2,59	0,23	11,26	14,21	16,39	1,37	36,87	0,97	0,21	53,63	73,5	0,46	1,05	6,76	76,03	15,70	70	7.5YR 6/3					
6.1	A	6,7	0,00	14,08	8,17	0,54	15,13	13,73	5,83	2,97	34,51	1,09	0,99	53,30	74,2	0,84	0,55	1,74	65,44	31,42	9	7.5YR 3/4	250	Dystric Eutrudept	oligomull	3	
	B <sub>1</sub>	7,3	0,00	8,57	4,97	0,39	12,74	10,41	3,74	2,28	35,34	1,09	0,43	49,55	79,0	0,64	0,70	1,95	69,36	27,34	41	7.5YR 4/4					
	B <sub>2</sub>	7,8	0,50	6,27	3,64	0,29	12,55	5,30	2,00	1,14	47,12	0,58	0,78	54,93	90,4	0,80	0,65	2,20	68,61	27,74	50	7.5YR 5/4					
3.9	A <sub>1</sub>	6,4	0,00	15,52	9,00	0,75	12,00	17,42	14,00	3,43	20,79	0,36	1,14	43,14	59,6	6,41	3,67	6,11	56,59	27,22	9	5YR 2/3	82	Typic Haploxeroll	amphimull spesso	5	
	A <sub>2</sub>	6,9	0,00	6,72	3,90	0,32	12,19	12,37	3,31	2,06	28,14	0,61	0,78	43,95	71,9	9,93	5,54	9,64	57,74	17,15	36	5YR 3/2					
3.3	A	5,7	0,00	10,29	5,97	0,46	12,98	22,67	17,40	2,51	17,46	0,61	0,64	43,89	48,4	1,88	1,06	2,19	55,86	39,01	12	7.5YR 3/4	250	Typic Dystrudept	amphimull sottile	5	
	B	5,5	0,00	4,27	2,48	0,20	12,40	22,32	14,00	1,83	14,83	0,49	0,36	39,82	43,9	1,28	0,90	1,66	58,16	38,00	68	7.5YR 5/3					
5.17	A	5,5	0,00	16,19	9,41	0,71	13,25	29,06	ND	4,80	30,35	1,15	1,08	66,44	56,3	0,42	0,89	3,72	74,02	20,95	35	10YR 4/4	125	ND	amphimull spesso	5	
3.1	A <sub>1</sub>	7,2	0,75	22,77	13,21	1,32	10,01	10,31	32,36	2,97	45,32	0,79	0,71	60,10	82,8	0,53	1,21	1,58	87,61	11,06	14,5	5YR 2/4	128	Entic Hapludoll	amphimull spesso	5	
	A <sub>2</sub>	7,6	2,88	19,19	11,13	1,05	10,60	5,83	17,75	5,48	69,30	0,27	0,71	81,59	92,9	7,10	1,54	2,65	80,04	10,66	50,5	5YR 3/3					
5.14	A	6,9	0,00	26,22	15,24	1,90	8,02	18,45	31,61	3,91	80,19	0,48	0,78	103,82	82,2	1,75	0,97	2,79	62,42	32,08	21	5YR 3/2	95	Lithic Haploxeroll	amphimull sottile	5	
5.6	A	6,4	0,00	14,88	8,63	0,54	15,98	14,06	26,20	3,20	23,42	0,58	1,42	42,68	67,1	1,28	0,45	0,64	65,91	31,72	5	7.5YR 2/3	180	Dystric Eutrudept	hemimoder	5	
	B <sub>1</sub>	6,4	0,00	9,55	5,54	0,38	14,58	13,55	14,00	2,51	27,58	0,46	0,92	45,03	69,9	0,46	0,62	1,28	65,58	32,06	7	10YR 5/3					
	B <sub>2</sub>	6,7	0,00	2,38	1,38	0,14	9,86	10,19	9,25	4,25	29,52	0,97	0,99	45,93	77,8	0,33	0,53	0,81	66,33	44,40	60	10YR 6/3					
5.3	A	6,3	0,00	17,72	10,28	0,72	14,28	19,76	27,60	4,80	46,85	0,76	0,64	72,80	72,9	0,38	1,10	3,70	69,29	25,52	10,5	7.5YR 3/4	280	Dystric Eutrudept	dysmull	4	
	B <sub>1</sub>	7,6	1,00	6,84	3,97	0,32	12,41	7,66	10,35	1,37	38,14	0,88	0,28	48,33	84,2	0,22	0,99	7,73	74,96	16,10	39,5	7.5YR 4/4					
	B <sub>2</sub>	7,6	1,00	5,40	3,13	0,26	12,04	7,97	2,20	1,60	40,05	0,97	0,28	50,88	84,3	0,30	0,88	6,57	76,40	15,86	70,5	7.5YR 4/6					
5.2	A	6,6	0,00	13,34	7,74	0,54	14,33	14,72	24,45	3,88	22,59	0,61	1,92	43,72	66,3	1,08	1,28	2,54	59,32	35,77	8	10YR 3/3	95	Dystric Eutrudept	dysmull	4	
	B	7,0	0,00	5,90	3,42	0,24	14,25	9,79	3,83	1,83	30,08	0,61	0,92	43,22	77,3	0,46	1,42	3,05	57,88	37,19	47	7.5YR 3/4					
1.1	A <sub>1</sub>	5,4	0,00	13,43	7,79	0,74	10,53	29,19	13,20	2,97	16,91	0,79	0,92	50,78	42,5	9,30	2,91	3,15	52,29	32,34	11,5	10YR 3/3	160	Humic Dystrudept	oligomull	3	
	A <sub>2</sub>	6,6	0,00	8,72	5,06	0,42	12,05	17,89	2,61	1,37	22,31	0,49	0,28	42,35	57,8	9,40	3,00	3,38	56,83	27,39	58,5	7.5YR 3/4					

Tabelle 6.4.1b Risultati delle analisi pedologiche

	pH	CaCO <sub>3</sub> %	sost.org. %	C org. %	N tot. %	C/N	Ac.scambio meq/100gr	P ass. ppm	Basi scambiabili meq/100gr				CSC meq/100gr	SB %	Granulometria					AWC (mm)	Classificazione suoli	Classificazione humus	Humus index
									Mg	Ca	Na	K			%s.gr	%s.m.	%s.fi.	%limo	%arg.				
1.1	6,4	0,00	9,49	5,51	0,47	11,80	19,75	4,35	1,63	21,43	0,54	0,39	43,73	55,25	9,38	2,99	3,34	56,08	28,20	160	Humic Dystrudept	Oligomull	3
1.4	7,5	0,00	10,64	6,17	0,43	14,39	7,77	5,82	1,69	41,12	0,36	0,53	51,47	84,86	21,06	5,51	5,42	38,75	20,86	80	Lithic Haploxeroll	Amphimull sottilie	5
1.7	8	1,98	7,44	4,32	0,29	14,97	3,24	10,18	1,60	47,75	0,54	0,53	53,66	94,15	3,45	2,28	5,16	68,69	20,42	170	Typic Eutrudept	Eumoder	6
1.10	7,8	6,41	10,12	5,89	0,40	14,30	3,76	16,49	1,81	43,53	0,65	0,99	50,74	92,88	18,50	6,37	6,65	48,55	25,48	102	Typic Eutrudept	Eumull	1
1.13	7,1	0,00	24,81	14,42	1,57	9,18	7,05	ND	4,03	60,71	1,23	0,50	73,52	90,40	0,43	0,69	1,73	79,86	17,29	106	ND	Amphimull spesso	5
1.15	7,8	0,00	10,95	6,37	0,34	19,03	2,79	ND	2,44	49,12	2,68	0,51	57,55	95,45	5,25	1,92	2,31	72,61	17,91	55	ND	Dysmoder	7
1.16	7,2	0,00	4,00	2,32	0,16	13,06	7,62	ND	3,07	40,22	1,50	0,66	53,07	85,99	6,26	2,63	2,57	43,45	45,09	78	ND	Eumoder	6
1.17	6,3	3,53	15,87	9,22	0,61	15,83	13,53	ND	2,19	52,40	2,24	0,70	71,05	80,90	13,67	2,84	3,63	71,01	8,85	149	ND	Dysmull	4
2.1	7,4	4,40	19,40	11,25	1,22	9,17	8,86	28,38	2,40	61,83	0,27	1,13	74,49	87,99	7,70	2,37	4,42	64,46	28,09	95	Lithic Haploxeroll	Amphimull spesso	5
2.4	6,2	0,00	3,48	2,02	0,18	11,31	8,74	4,34	3,09	27,47	0,79	0,81	40,90	78,56	17,38	6,22	6,86	39,03	39,76	165	Dystric Eutrudept	Dysmull	4
3.1	7,5	2,40	19,99	11,59	1,11	10,47	6,83	21,01	4,92	63,95	0,39	0,71	76,80	90,62	5,63	1,47	2,41	81,73	10,75	128	Entic Hapludoll	Amphimull spesso	5
3.3	5,5	0,00	5,17	3,00	0,24	12,49	22,37	14,51	1,93	15,22	0,50	0,40	40,43	44,61	1,37	0,92	1,74	57,82	38,15	250	Typic Dystrudept	Amphimull sottilie	5
3.6	7,7	3,04	19,52	11,32	0,76	15,07	7,09	13,00	2,31	61,56	0,49	0,77	72,22	89,95	15,30	2,94	4,53	46,92	27,60	92	Lithic Haploxeroll	Amphimull spesso	5
3.9	6,8	0,00	8,48	4,92	0,41	12,15	13,38	5,45	2,33	26,67	0,56	0,85	43,79	69,41	9,23	5,17	8,93	57,51	19,16	82	Typic Haploxeroll	Amphimull spesso	5
3.11	7,3	3,81	12,15	7,06	0,58	12,20	8,07	10,02	2,03	48,06	0,28	0,63	59,07	86,17	13,00	4,55	6,17	49,52	26,77	114	Typic Eutrudept	Dysmull	4
3.13	5,6	0,00	5,93	3,45	0,26	14,39	18,73	4,27	3,08	21,07	0,77	0,74	44,39	57,27	1,13	2,15	3,66	41,92	51,15	170	Dystric Eutrudept	Amphimull sottilie	5
3.16	7,5	6,86	22,40	13,02	1,24	10,50	11,25	32,31	2,24	74,96	0,54	0,73	89,71	87,63	7,32	2,64	4,24	73,42	22,38	102	Typic Haploxeroll	Amphimull spesso	5
4.1	7,2	1,00	22,01	12,79	0,86	14,87	10,70	17,05	2,51	59,04	0,60	0,99	73,85	85,50	10,08	2,96	3,32	71,55	20,77	80	Lithic Haploxeroll	Amphimull spesso	5
4.4	7,7	4,75	14,62	8,50	0,51	16,67	4,13	ND	1,83	50,73	2,23	0,36	59,27	93,00	9,86	3,95	5,24	64,73	16,22	87	ND	Hemimoder	5
5.2	6,9	0,00	6,98	4,05	0,28	14,26	10,51	6,83	2,13	28,99	0,61	1,07	43,30	75,75	0,55	1,40	2,98	58,09	36,98	95	Dystric Eutrudept	Dysmull	4
5.3	7,5	0,91	6,95	4,03	0,32	12,35	8,90	7,08	1,80	40,02	0,92	0,32	51,95	83,27	0,28	0,94	6,70	75,31	16,78	280	Dystric Eutrudept	Dysmull	4
5.6	6,7	0,00	3,95	2,29	0,19	10,74	10,79	10,89	4,01	28,91	0,89	1,02	45,61	76,30	0,41	0,53	0,84	66,23	42,32	180	Dystric Eutrudept	Hemimoder	5
5.9	7,2	0,37	5,61	3,26	0,29	11,13	17,06	16,80	1,58	35,68	0,99	0,31	55,62	69,75	0,48	0,99	6,19	76,45	15,90	215	Dystric Eutrudept	Oligomull	3
5.12	7,7	10,84	14,93	8,68	0,74	11,79	5,65	20,30	1,97	71,07	0,48	0,51	79,69	92,93	5,74	6,75	7,81	51,23	23,06	97	Typic Haploxeroll	Amphimull spesso	5
5.14	6,9	0,00	26,22	15,24	1,90	8,02	18,45	31,61	3,91	80,19	0,48	0,78	103,82	82,20	1,75	0,97	2,79	62,42	32,08	95	Lithic Haploxeroll	Amphimull sottilie	5
5.17	5,5	0,00	16,19	9,41	0,71	13,25	29,06	ND	4,80	30,35	1,15	1,08	66,44	56,30	0,42	0,89	3,72	74,02	20,95	125	ND	Amphimull spesso	5
6.1	7,5	0,25	7,92	4,59	0,35	12,86	8,15	3,06	1,77	41,16	0,84	0,65	52,58	84,24	0,74	0,66	2,06	68,63	27,91	250	Dystric Eutrudept	Oligomull	3
6.4	6,4	0,00	12,82	7,43	0,78	9,49	19,70	8,22	1,88	26,80	1,06	0,60	50,03	60,66	4,04	1,66	3,86	76,71	16,91	200	Pachic Hapludoll	Amphimull spesso	5
6.8	7,3	9,01	26,35	15,32	1,62	9,46	7,08	28,54	3,80	59,87	0,48	0,71	71,94	90,20	10,66	2,44	2,53	61,71	22,66	135	Typic Haploxeroll	Amphimull spesso	5
6.10	6,7	0,00	10,91	6,34	0,50	11,97	16,09	5,84	2,26	30,93	0,46	0,90	50,63	68,01	3,05	3,61	6,61	66,74	21,52	280	Dystric Eutrudept	Dysmull	4
7.3	8,0	6,13	2,34	1,36	0,13	8,98	1,69	4,32	3,22	31,63	0,91	0,56	38,01	95,20	1,22	1,32	7,21	62,29	22,08	230	Typic Eutrudept	Dysmull	4
7.5	7,2	0,21	10,17	5,90	0,50	11,90	5,39	10,37	1,94	30,76	0,83	1,50	40,43	86,61	5,78	2,98	4,61	45,87	40,74	85	Lithic Haploxeroll	Dysmull	4
7.8	7,5	1,09	17,70	10,29	0,94	11,13	9,76	16,99	2,70	48,53	0,64	0,98	62,61	84,93	0,97	1,29	4,30	68,33	39,62	98	Lithic Haploxeroll	Amphimull spesso	5
7.10	5,3	0,00	0,80	0,44	0,03	13,69	11,27	ND	1,36	1,90	1,71	0,34	16,58	32,33	6,57	10,09	33,33	32,81	17,21	220	ND	Eumoder	6
7.13	7,2	0,00	15,30	8,89	0,66	13,84	6,02	ND	3,58	54,35	1,04	1,44	66,43	90,83	1,04	1,32	4,92	74,94	17,78	194	ND	Dysmull	4
7.15	6,8	0,00	3,31	1,93	0,14	13,61	6,69	ND	3,88	38,88	1,41	0,66	51,51	84,35	2,70	1,54	3,26	47,17	45,33	268	ND	Eumoder	6
7.18	7,1	0,20	9,52	5,53	0,31	18,27	5,36	ND	4,75	42,78	1,58	0,47	54,93	90,26	0,58	0,60	1,51	59,06	38,25	245	ND	Eumoder	6

Tabella 6.4.2. Medie ponderate di ogni profilo delle analisi del suolo, forma di humus ed humus index. (Ponge 2002)

- effetti sulle caratteristiche fisiche del terreno: miglioramento delle proprietà strutturali con formazioni di aggregati più stabili, riduzione dei fenomeni erosivi e aumento dell'aerazione;
- effetti sulla nutrizione delle piante: la sostanza organica aumenta la capacità di assimilazione degli elementi nutritivi minerali, trattiene il calcio e il magnesio con un minor dilavamento, influisce sulla mobilitazione del potassio e aumenta la capacità di scambio con migliore disponibilità di elementi nutritivi per i vegetali.

3. **Azoto:** il suo pattern è ovviamente simile a quello mostrato dalla sostanza organica dato che le principali riserve di azoto nel suolo sono costituite dalla mineralizzazione della sostanza organica stessa (Tabelle 6.4.1a e 6.4.1b). Nel caso della lettiera di faggio, l'azoto rimane per lungo tempo immobilizzato nel suolo a causa delle reazioni chimiche che si svolgono all'interno delle foglie; il contatto dei composti fenolici contenuti nei vacuoli cellulari con i composti proteici del citoplasma origina sostanze molto stabili, dette *pigmenti bruni* (Toutain, 1981), responsabili in parte della colorazione bruna delle foglie. Essi rappresentano più del 25% del peso della foglia e contengono fino al 70% dell'azoto (Toutain, 1987); difficilmente degradabili dalla pedoflora e dalla pedofauna, costituiscono dunque una riserva azotata potenziale. La formazione dei pigmenti bruni gioca un ruolo importante nel bilancio dell'azoto presente in questi suoli forestali; infatti, la liberazione dell'azoto contenuto in essi avviene al momento di maggior fabbisogno per la pianta, cioè all'inizio della ripresa vegetativa, quando l'attività degli organismi del suolo è in aumento.

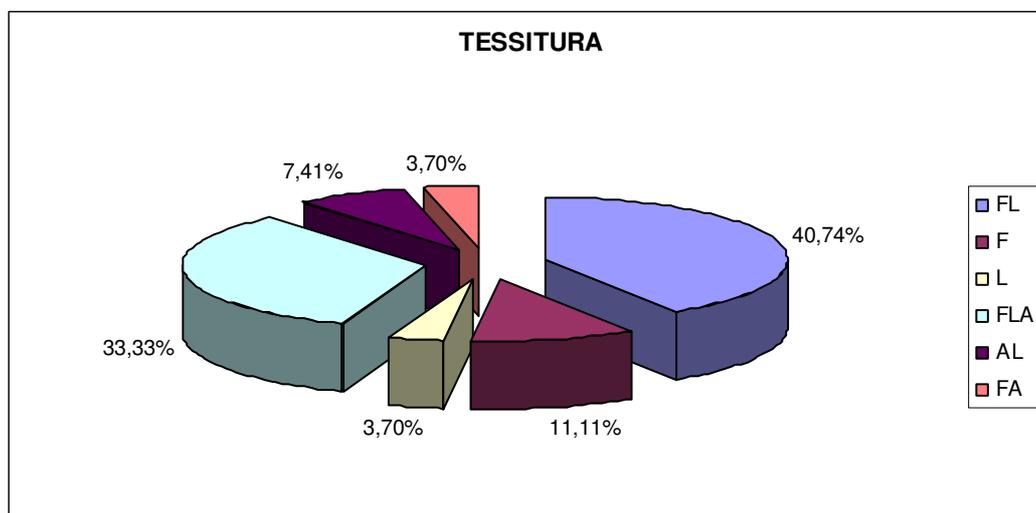
4. **La tessitura:** le classi di tessitura a cui appartengono i suoli rilevati, partendo da quelli percentualmente più abbondanti, sono di seguito elencati:

- FL (40,74%) Franco-Limoso: è un suolo avente una moderata quantità di sabbia, soltanto una piccola quantità di argilla ed oltre la metà di limo;
- FLA (33,33%) Franco-Limoso-Argilloso: è un suolo contenente poca sabbia, un po' più argilla e molto limo;
- F (11,11%) Franco: è un suolo avente un miscuglio relativamente uniforme di sabbia, limo e argilla;
- AL (7,41%) Argillo-Limoso: è un suolo a tessitura fine;

- L (3,70%) Limoso: è un suolo sciolto a granuli;
- FA (3,70%) Franco-Argilloso: è un suolo avente un 1/3 di sabbia, 1/3 di limo ed 1/3 di argilla.

L'importanza pratica della tessitura è grandissima in quanto tutte le proprietà funzionali del suolo (aerazione, regime idrico del suolo, permeabilità, complesso assorbente ecc.) dipendono direttamente dalla tessitura.

In sintesi si può affermare che la tessitura dei suoli analizzata è tendenzialmente sciolta cioè suoli che trattengono poca acqua.



**Figura 6.4.1.** Classi di tessitura dei suoli analizzati

Le classi di tessitura si possono mettere anche in relazione con la permeabilità , secondo la seguente scala di giudizio:

**Tabella 6.4.3** Scala di giudizio permeabilità - tessitura

<b>PERMEABILITA'</b>	<b>TESSITURA</b>
<i>Discretamente bassa</i>	Argillo-Limoso
<i>Mediamente bassa</i>	Franco-Limoso
<i>Media</i>	Franco
<i>Mediamente alta</i>	Limoso
<i>Discretamente alta</i>	Franco-Limoso-Argilloso

Per il 56% dei suoli analizzati la permeabilità ricade nel range che va da *media* a *discretamente alta* mentre per il restante 44% il giudizio di permeabilità ricade nelle classi più basse (*discretamente bassa* e *mediamente bassa*).

5. **Carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ):** anche in questo caso, come per il pH, ci si attendevano valori elevati in relazione alla natura del substrato (roccia madre) e all'elevata quantità di scheletro ritrovata nei profili; il carbonato di calcio è invece risultato assente in quasi tutti i profili e dove presente, i valori non superano il 5%; si può dunque concludere che i suoli analizzati risultano tutti *poveri* di calcare, tranne nei profili 1.10, 3.16, 4.1, 6.8 e 7.3, che ne sono *mediamente dotati*. Solo il profilo 5.12 è *ben dotato* (Tabella 6.4.2.).

6. **Available Water Capacity (AWC):** Tra le proprietà del suolo che influenzano la capacità di acqua disponibile abbiamo:

- la sostanza organica che incrementa la capacità di acqua disponibile. Ogni 1% di sostanza organica incrementa di circa il 10% l'acqua disponibile di un suolo;
- la tessitura del suolo è il fattore che determina in misura maggiore il livello di acqua disponibile.

La quantità di acqua disponibile nel suolo (AWC) presenta concentrazioni mediamente elevate (in media 200 mm), soprattutto se rapportate con la scarsa profondità dei suoli (in media 60 cm) e con la tessitura che per il 56% dei terreni analizzati (Figura 6.4.1.) ne favorisce la permeabilità (Tabelle 6.4.1a e 6.4.1b).

7. **CSC (Capacità di Scambio Cationico):** La capacità di scambio cationico si determina estraendo le basi scambiabili ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) e l'acidità scambiabile ( $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ). Nei suoli analizzati la capacità di scambio è *alta* (Tabella 6.4.2.).

L'assorbimento per scambio ionico rappresenta il meccanismo più importante di trattenimento degli ioni e coinvolge quasi esclusivamente i cationi - tra cui quelli utili alla nutrizione vegetale ovvero calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potassio ( $\text{K}^+$ ) e sodio ( $\text{Na}^+$ ) - che, fissati solo temporaneamente sui minerali argillosi e le sostanze umiche, sono facilmente sostituiti da altri cationi al mutare della composizione ionica della soluzione del suolo. Tra le basi scambiabili (Tabelle 6.4.1a e 6.4.1b) si ha una larga preponderanza del calcio ( $1,90\div 80,19$  meq/100gr); seguono il magnesio ( $1,36\div 4,92$  meq/100gr), il potassio ( $0,31\div 1,50$  meq/100gr), il sodio (meno del  $0,27\div 2,68$  meq/100gr). I cationi scambiabili ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) sono in equilibrio dinamico con le rispettive frazioni solubili e rappresentano le forme prontamente disponibili per la pianta: via via che l'elemento presente nella soluzione viene assorbito il livello viene ripristinato a spese delle forme scambiabili.

- Carenze di calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) (Tabella 6.4.2.) nei nostri ambienti sono abbastanza rare e, in linea generale, si manifestano su terreni acidi, a bassa CSC, e soggetti ad intensa lisciviazione (zone ad elevata piovosità o con notevoli apporti idrici).
- Il magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), nonostante il suo ruolo fisiologicamente importante, è richiesto dalla pianta in quantità assai minori rispetto al calcio e al potassio (Tabella 6.4.2.).
- Il potassio ( $\text{K}^+$ ) è il più importante tra i cationi scambiabili per la nutrizione delle piante e la sua disponibilità è riferita alla tessitura del terreno (Tabella 6.4.2.): un terreno incoerente necessita di quantità inferiori di potassio scambiabili rispetto ad un suolo coerente.
- La valutazione del sodio scambiabile ( $\text{Na}^+$ ) ai fini della nutrizione delle piante deve prendere in considerazione i suoi eccessi sul complesso di scambio in relazione con gli altri cationi. Magnesio e potassio possono venire ostacolati nell'assorbimento dalla eccessiva presenza di sodio (antagonismo ionico) (Tabella 6.4.2.).

8. **Acidità di scambio:** L'acidità è legata alla presenza di ioni idrogeno ( $\text{H}^+$ ) ed alluminio ( $\text{Al}^{3+}$ ) scambiabili. La presenza di tali ioni sul complesso di scambio è limitata ai suoli caratterizzati da basso valore di pH (Tabella 6.4.2.).

9. **Saturazione in basi:** è il rapporto percentuale tra le basi di scambio adsorbite e la CSC. I range dei valori sono raggruppati nella tabella 6.4.4. I suoli analizzati (Tabella 6.4.2.)

ricadono nelle seguenti classi di valutazione: *molto bassa* per il 3% , *bassa* per il 13%, *media* per il 38% ed *alta* per il restante 46%.

**Tabella 6.4.4** Valutazione della Saturazione in Basi (SB)

<b>SB</b>	<b>VALUTAZIONE</b>
Inferiore al 45%	Molto bassa
Tra il 45% e il 65%	Bassa
Tra il 65% e l'85%	Media
Superiore all'85%	Alta

### ***6.4.2 La fertilità del suolo***

La fertilità del suolo indica la capacità di un suolo di sostenere condizioni ottimali di crescita per le piante. Poiché piante diverse presentano differenti esigenze e condizioni ottimali di crescita, appare chiaro che non esiste un unico concetto di fertilità del suolo. Essa è condizionata infatti da tutti quei fattori ambientali, fisici e chimici legati alla nutrizione delle piante, ed è intimamente associata alla sostanza organica del suolo attraverso l'attività biologica dei microrganismi. Il livello di microrganismi nel suolo dipende dalla presenza di sostanza organica, ed è limitato essenzialmente ai primi 30 o 40 cm del profilo. Il livello di microrganismi nel suolo è inoltre fortemente influenzato dalle condizioni al contorno, in un equilibrio tanto più dinamico quanto più rapide sono le variazioni di tali condizioni (termiche, idrologiche, meccaniche, ecc.).

### **6.4.3 La fertilità minerale ed organica**

Il suolo può essere considerato come un sistema vivente composto da molteplici entità che respirano (consumo di ossigeno e rilascio di anidride carbonica), degradano e decompongono molecole complesse quali carboidrati (cellulosa), proteine, grassi, ed altre, sviluppano molteplici funzioni metaboliche e rilasciano calore durante la decomposizione di sostanza organica (Bradley & Fyles, 1996).

Nel corso degli ultimi trecento anni, si sono contrapposte almeno due teorie fondamentali sulla fertilità del suolo e sulla nutrizione delle piante:

1. La *teoria umista* considera l'humus come il principale componente del suolo, responsabile della nutrizione vegetale perché fornisce i principali elementi nutritivi. Ipotizza inoltre che l'humus agisca come stimolatore dell'accrescimento vegetale, esercitando una propria attività "ormono-simile".

2. La *teoria mineralista*, contrapposta alla teoria umica, propone una idea della nutrizione vegetale e della produzione di sostanza organica basata sulla capacità delle piante di sintetizzare composti quali cellulosa, emicellulose, lignina, ecc., a partire da anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) atmosferica e acqua (H<sub>2</sub>O).

La sostanza organica contribuisce alla fertilità organica del suolo e, più in generale, all'accrescimento vegetale esercitando effetti indiretti ed effetti diretti sulle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo.

Per avere un'indicazione della fertilità dei suoli indagati si è utilizzato il parametro C/N che è un indicatore dell'evoluzione delle sostanze organiche nel suolo. Nei suoli in cui predomina il processo di mineralizzazione (suoli biologicamente attivi e con sostanza organica facilmente degradabile) le perdite di carbonio risultano nettamente superiori rispetto a quelle di azoto e di conseguenza il rapporto C/N si abbassa considerevolmente. Mano a mano che alla mineralizzazione si affianca l'umificazione, una parte del carbonio organico entra nella costituzione di nuove molecole (molecole umiche), una parte resta invece immobilizzata nei residui animali e vegetali. Quest'ultima porzione diventa maggioritaria nei suoli in cui la

sostanza organica è poco appetibile e/o la microflora e la pedofauna sono scarsamente attive. In questo caso il rapporto C/N rimane elevato. Nei suoli da noi analizzati tale rapporto è elevato: molto probabilmente la causa è la scarsa attività di microflora, ma soprattutto di pedofauna.

I dati emersi indicano che:

- pur essendo la tessitura (Figura 6.4.1.) dei suoli prevalentemente sabbiosa e quindi con buona permeabilità, la capacità di ritenzione idrica è elevata a causa della notevole quantità di sostanza organica che, soprattutto in fase avanzata di umificazione, ha un'influenza positiva sulle caratteristiche idrauliche dei suoli e in particolare aumenta la ritenzione idrica e riduce l'evaporazione (Tabella 6.4.2.);
- i suoli trovati sono prevalentemente giovani (profili di tipo AC) dove la percentuale di sabbia e limo è maggiore rispetto all'argilla; quest'ultima infatti necessita di tempi più lunghi per la sua formazione (Tabelle 6.4.1a e 6.4.1b);
- sono suoli in cui l'assimilabilità dei principali elementi nutritivi da parte delle piante viene esaltata dal range di valori di pH trovati; ciò favorisce lo sviluppo di una vegetazione forestale anche se su suoli sottili (Tabelle 6.4.1a, 6.4.1b e 6.4.2.)

Nei suoli analizzati solo il profilo 5.14 mostra un rapporto  $C/N < 9$  indicando scarsa umificazione della sostanza organica e rapida mineralizzazione (Tabella 6.4.2), mentre:

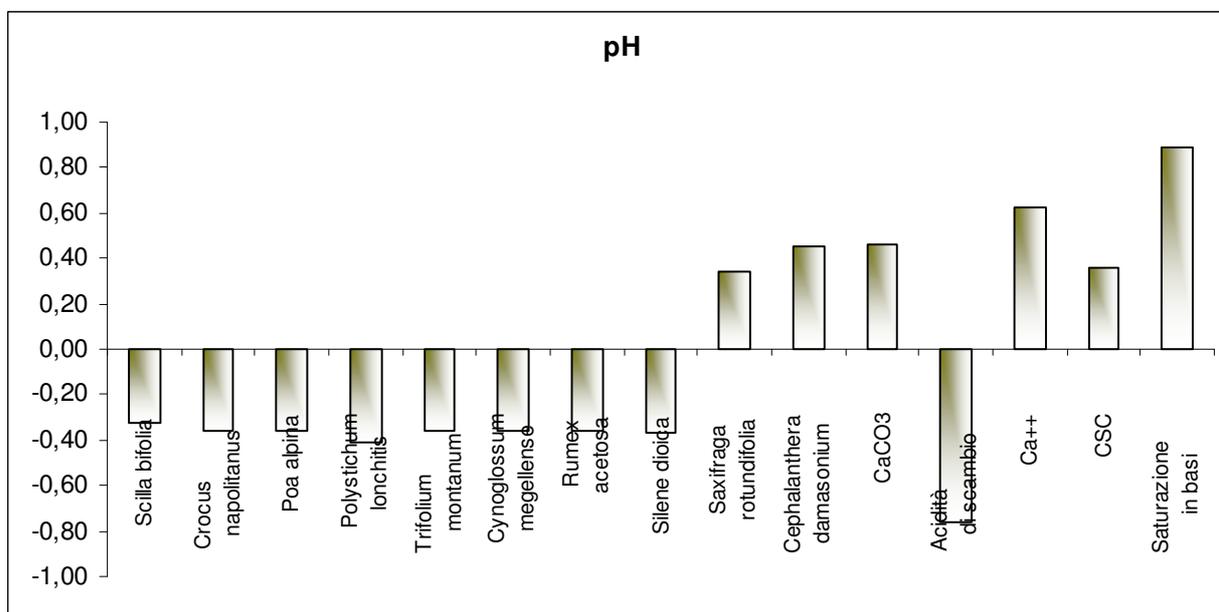
- 18,42% dei suoli analizzati ha rapporto C/N compreso tra 9 e 11 indicando una situazione di equilibrio tra sostanza organica umificata e mineralizzata;
- 81,58% dei suoli analizzati ha rapporto  $C/N > 11$  indicando processi di mineralizzazione pressoché nulli mentre potrebbero aumentare i processi di umificazione (Tabella 6.4.2).

## 6.5 Specie e parametri del suolo

I risultati del test di correlazione di Pearson tra parametri del suolo e copertura delle specie hanno permesso di evidenziare i parametri più influenti sulla distribuzione delle specie nel sottobosco delle faggete esaminate. Su un totale di 220 specie censite, 100 (45,5%) mostrano correlazioni significative con uno o più parametri del suolo misurati (pH, sostanza organica, rapporto carbonio/azoto, calcio, azoto, potassio, magnesio, Capacità di Scambio Cationico, acidità di Scambio, Saturazione in basi, argilla, sabbie, AWC).

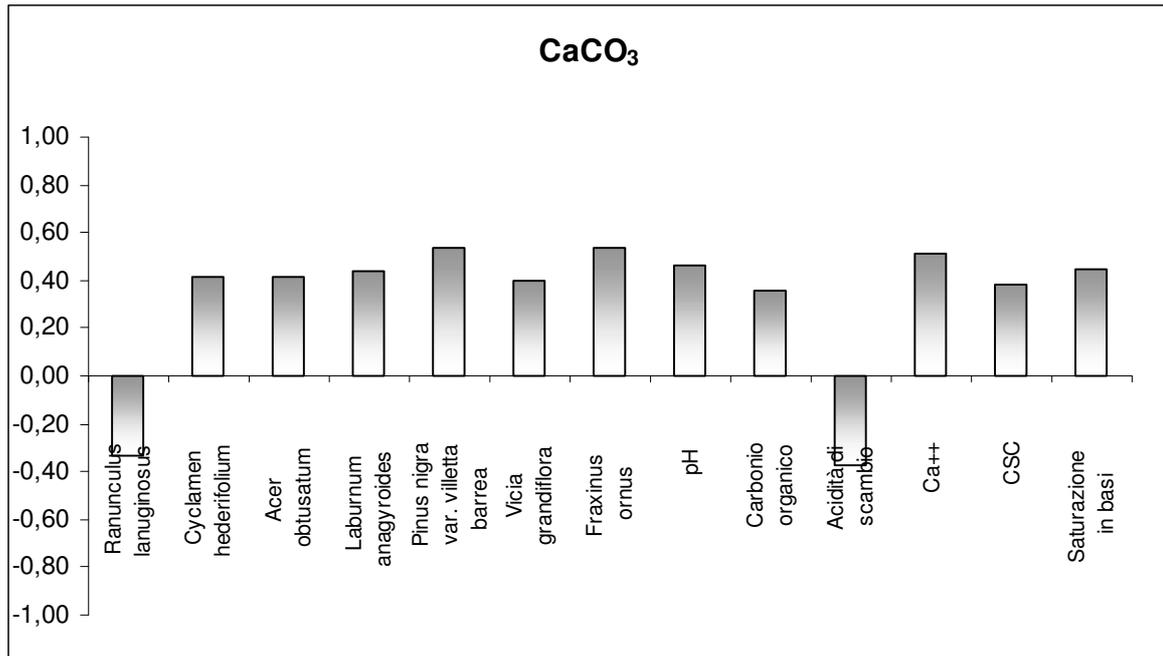
Le specie mostrano risposte diversificate ai parametri del suolo misurati:

- **pH**- Emergono due gruppi di specie correlate con il pH: le basofile - *Cephalanthera damasonium* e *Saxifraga rotundifolia* – e le acidofile – *Scilla bifolia*, *Crocus napolitanus*, *Poa alpina*, *Polystichum lonchitis*, *Trifolium montanum*, *Cynoglossum megellense*, *Rumex acetosa* e *Silene dioica*.



**Figura 6.5.1** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs pH

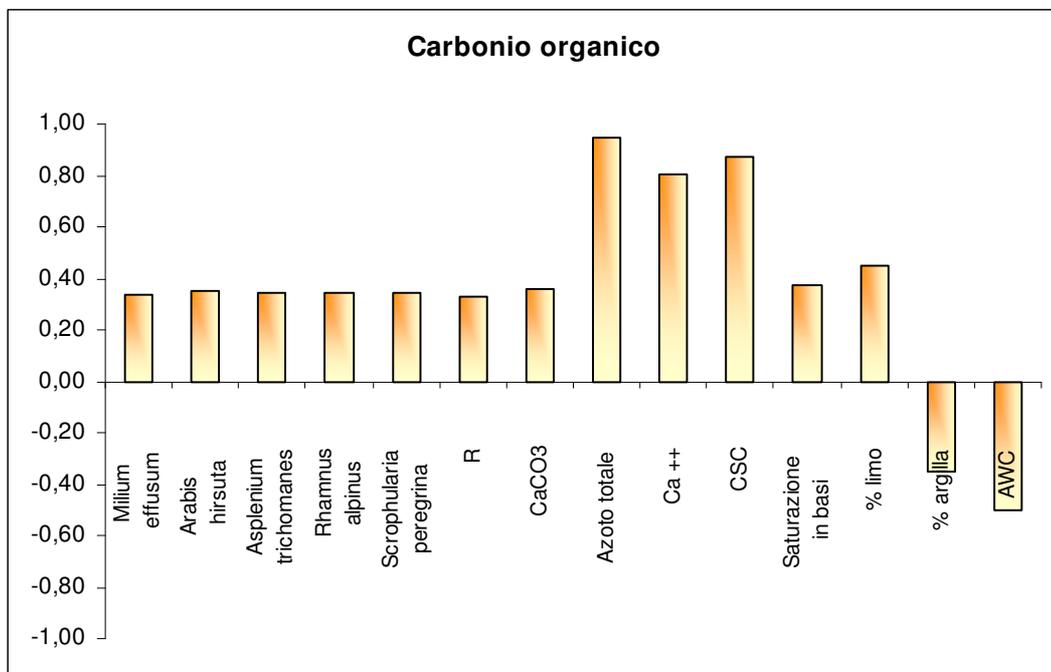
- **CaCO<sub>3</sub>** – *Cyclamen hederifolium*, *Acer obtusatum*, *Laburnum anagyroides*, *Pinus nigra*, *Vicia grandiflora* e *Fraxinus ornus* sono specie positivamente correlate con il carbonato di calcio, mentre solo *Ranunculus lanuginosus* è inversamente correlato.



**Figura 6.5.2** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs CaCO<sub>3</sub>

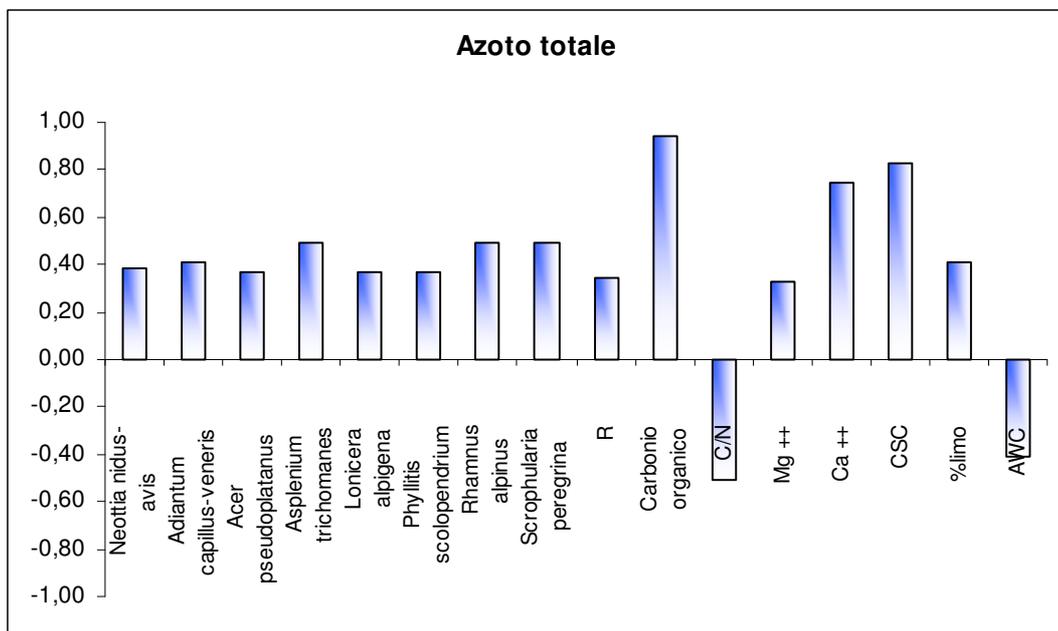
- **Carbonio organico** – *Millium effusum*, *Arabis hirsuta*, *Asplenium trichomanes*, *Rhamnus alpinus* e *Scrophularia peregrina* sono tutte specie legate a suoli ricchi in carbonio.

Tra le correlazioni emerse all'interno dello stesso set di dati, il carbonio organico risulta ovviamente correlato positivamente con l'azoto. Inoltre è interessante la correlazione positiva con l'indicatore del suolo R (reaction) di Ellenberg.



**Figura 6.5.3.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Carbonio organico

- **Azoto totale** – *Neottia nidus-avis*, *Adiantum capillus-veneris*, *Asplenium trichomanes*, *Lonicera alpigena*, *Phyllitis scolopendrium*, *Rhamnus alpinus* e *Scrophularia peregrina* sono tutte specie positivamente correlate con la percentuale di azoto totale. Anche per l'azoto, come per il carbonio organico, è risultata una correlazione positiva con l'indicatore del suolo R di Ellenberg.



**Figura 6.5.4.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Azoto totale

- **Rapporto Carbonio/Azoto (C/N)** – *Cardamine bulbifera*, *Geranium robertianum*, *Mycelis muralis*, *Galanthus nivalis*, *Adiantum capillus-veneris*, *Stellaria holostea* e *Myosotis sylvatica* sono specie che prediligono suoli con un rapporto C/N basso, mentre specie più tipiche di faggete *Lathyrus vernus*, *Taxus baccata*, *Cephalanthera damasonium*, *Allium ursinum*, *Hieracium sylvaticum*, *Ilex aquifolium*, *Juniperus communis*, *Euonymus latifolius*, *Rubus ulmifolius*, *Sanicula europaea*, *Ribes nigrum* ed *Aquilegia vulgaris* prediligono suoli con un alto rapporto C/N.

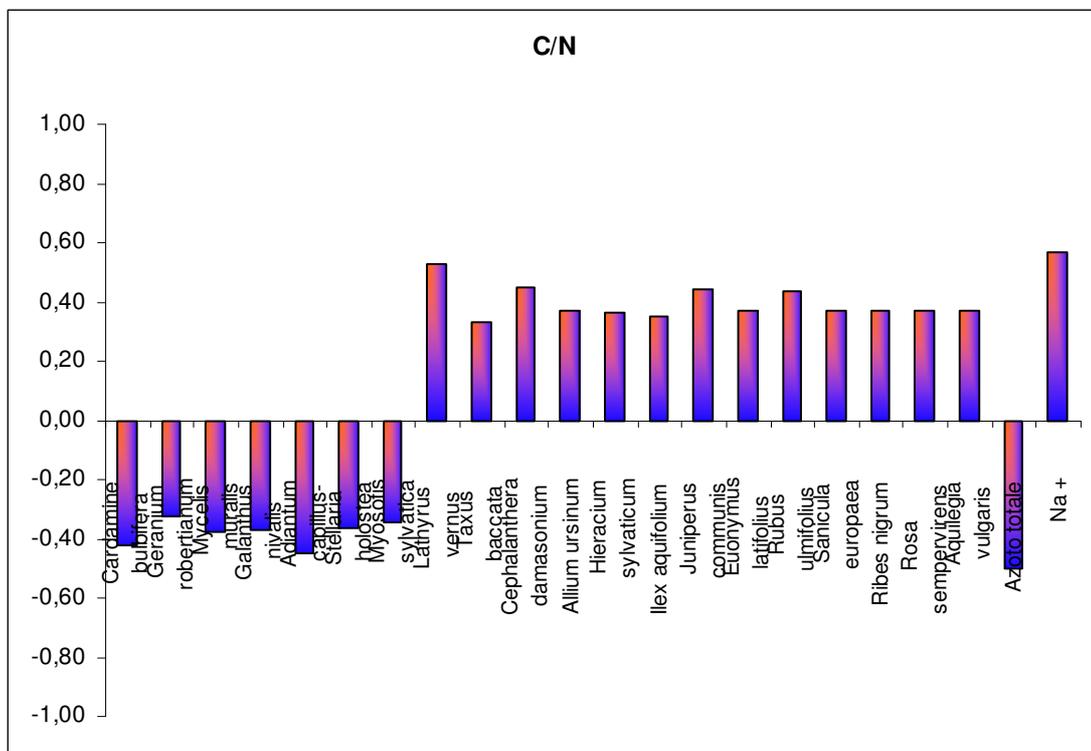
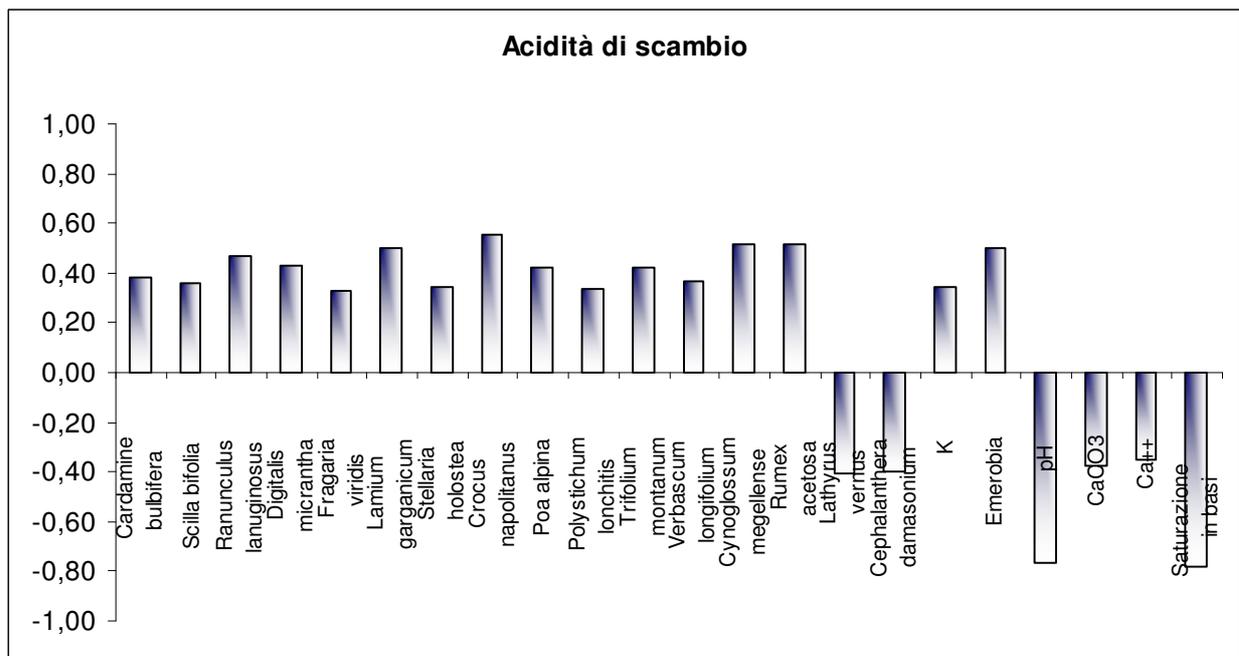


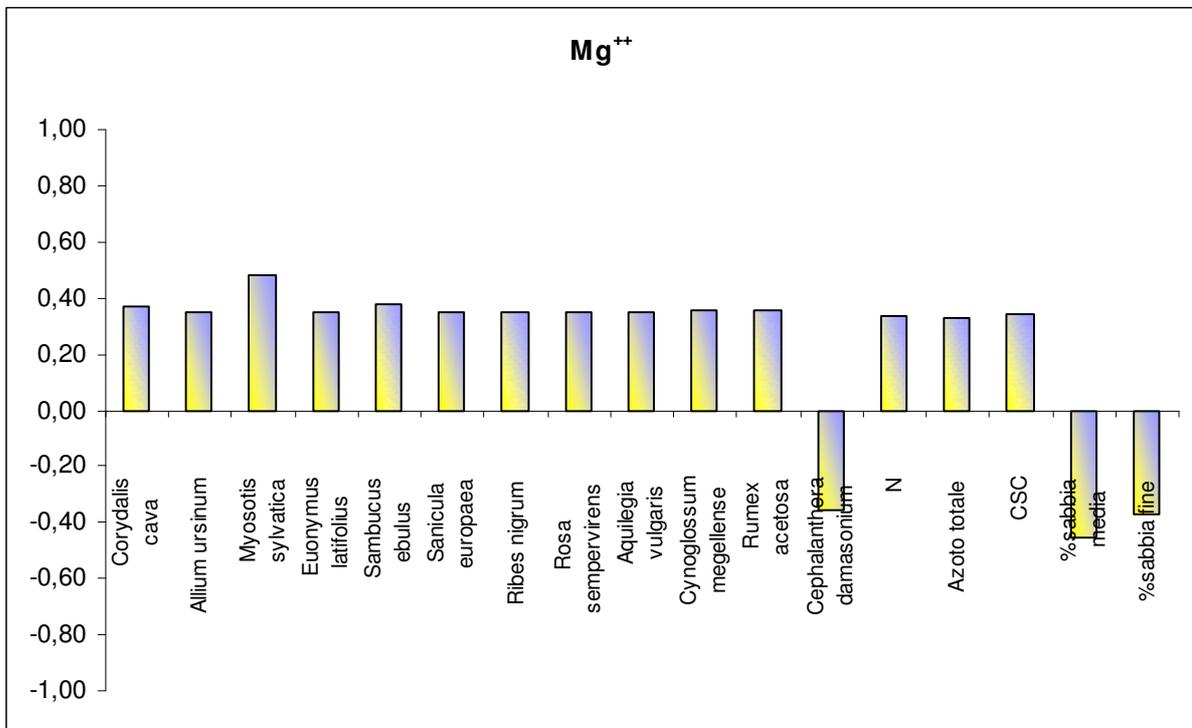
Figura 6.5.5. Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs C/N

- **Acidità di scambio** – *Cardamine bulbifera*, *Scilla bifolia*, *Ranunculus lanuginosus*, *Digitalis micrantha*, *Fragaria viridis*, *Lamium garganicum*, *Stellaria holostea*, *Crocus napolitanus*, *Poa alpina*, *Polystichum lonchitis*, *Trifolium montanum*, *Verbascum longifolium*, *Cynoglossum megellense* e *Rumex acetosa* sono tutte specie positivamente correlate con l'acidità di scambio, mentre *Lathyrus vernus* e *Cephalanthera damasonium* sono negativamente correlate con l'acidità di scambio. E' interessante la correlazione positiva con l'indicatore K (continentalità) di Ellenberg e con l'indice di emerobia.



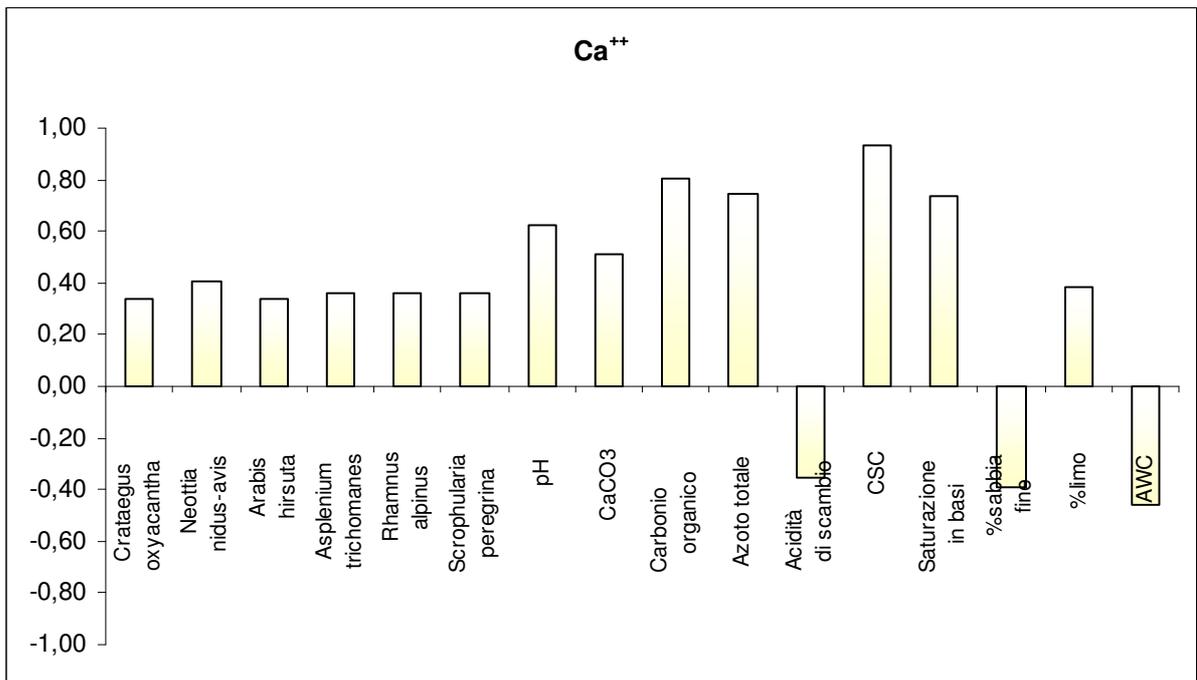
**Figura 6.5.6.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Acidità di scambio

- **Base scambiabile Mg<sup>++</sup>** - Prediligono suoli ricchi in Magnesio specie quali *Corydalis cava*, *Allium ursinum*, *Myosotis sylvatica*, *Euonymus latifolius*, *Sambucus ebulus*, *Sanicula europea*, *Ribes nigrum*, *Rosa sempervirens*, *Aquilegia vulgaris*, *Cynoglossum megellense*, *Rumex acetosa*, mentre solo *Cephalanthera damasonium* vuole suoli poveri in Magnesio. Questo parametro è correlato positivamente con l'indicatore N (nutrienti del suolo) di Ellenberg.



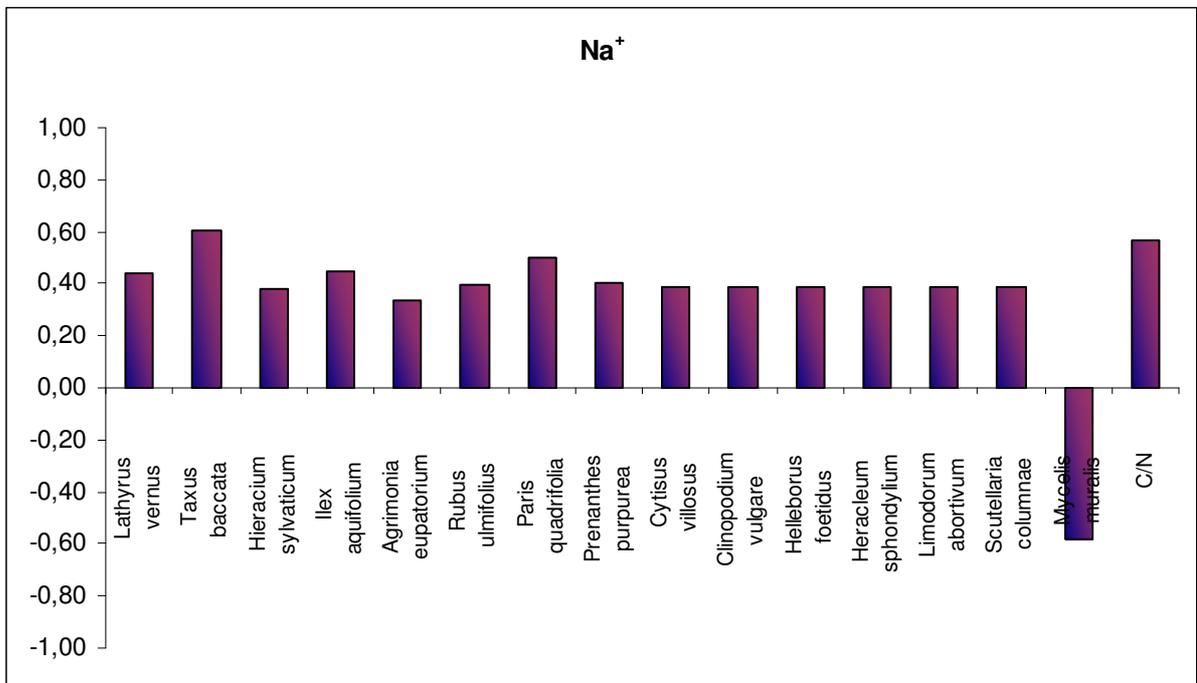
**Figura 6.5.7.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Base scambiabile Mg<sup>++</sup>

- **Base scambiabile  $\text{Ca}^{++}$**  - *Crataegus oxyacantha*, *Neottia nidus-avis*, *Arabis hirsuta*, *Asplenium trichomanes*, *Rhamnus alpinus* e *Scrophularia peregrina* sono tutte specie positivamente correlate con lo ione  $\text{Ca}^{++}$ .



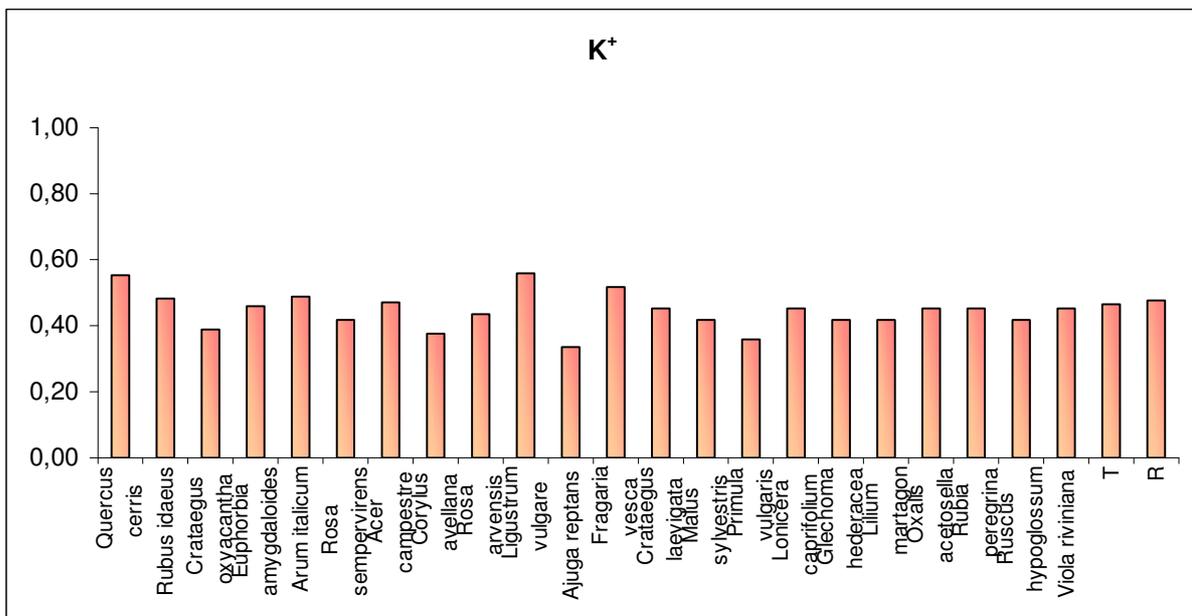
**Figura 6.5.8.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Base scambiabile  $\text{Ca}^{++}$

- **Base scambiabile Na<sup>+</sup>** - Prediligono suoli ricchi in Sodio specie quali *Lathyrus vernus*, *Taxus baccata*, *Hieracium sylvaticum*, *Ilex aquifolium*, *Agrimonia eupatorium*, *Rubus ulmifolius*, *Paris quadrifolia*, *Prenanthes purpurea*, *Cytisus villosus*, *Clinopodium vulgare*, *Helleborus foetidus*, *Heracleum sphondylium*, *Limodorum abortivum*, *Scutellaria columnae*, mentre solo *Mycelis muralis* vuole suoli poveri in Sodio.



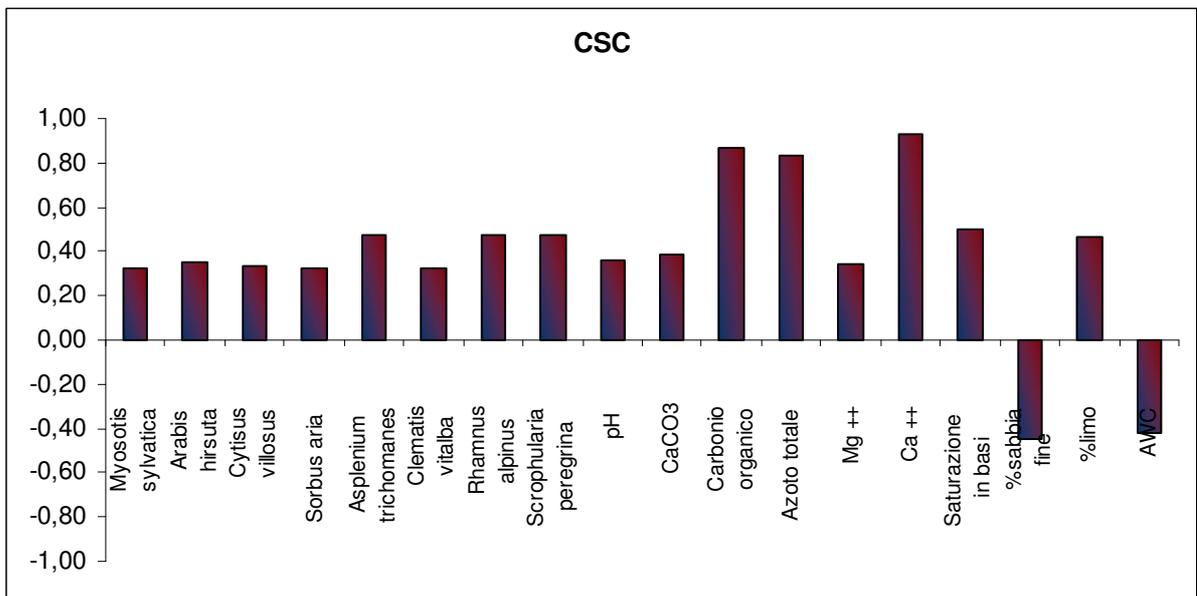
**Figura 6.5.9.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Base scambiabile Na<sup>+</sup>

- **Base scambiabile  $K^+$**  - Lo ione Potassio mostra solo correlazioni positive con le seguenti specie *Quercus cerris*, *Rubus idaeus*, *Crataegus oxyacantha*, *Euphorbia amygdaloides*, *Arum italicum*, *Rosa sempervirens*, *Acer campestre*, *Corylus avellana*, *Rosa arvensis*, *Ligustrum vulgare*, *Ajuga reptans*, *Fragaria vesca*, *Crataegus laevigata*, *Malus sylvestris*, *Primula vulgaris*, *Lonicera caprifolium*, *Glechoma hederacea*, *Lilium martagon*, *Oxalis acetosella*, *Rubia peregrina*, *Ruscus hypoglossum* e *Viola riviniana*. Il potassio risulta positivamente correlato con gli indicatori T (temperatura) ed R di Ellenberg.



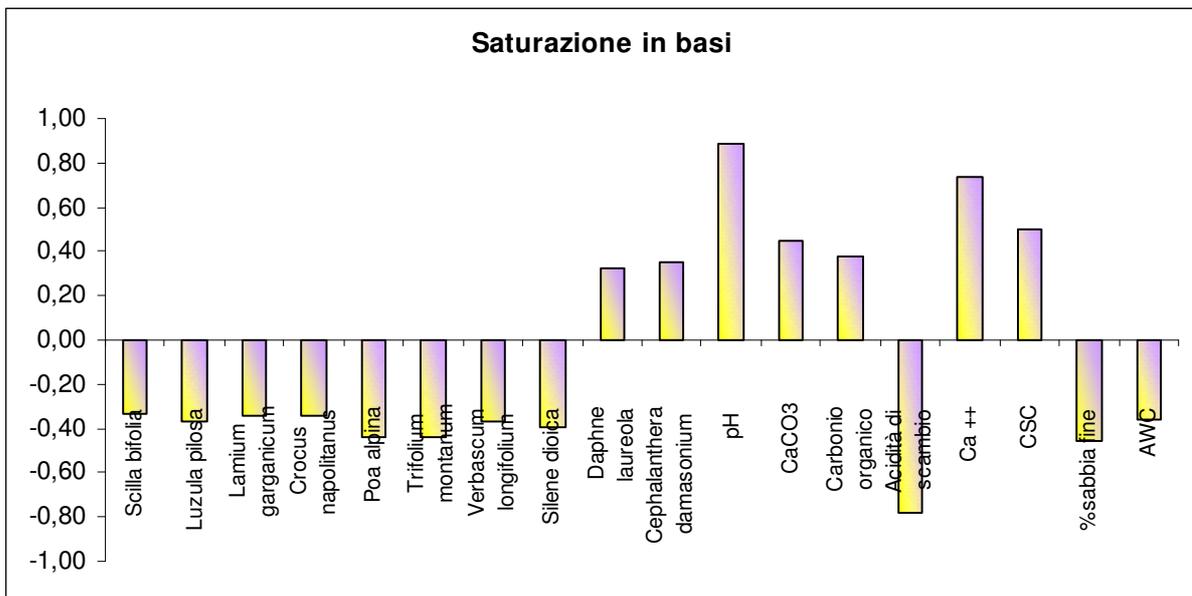
**Figura 6.5.10.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Base scambiabile  $K^+$

- **Capacità di Scambio Cationico (CSC)** – Prediligono suoli con buona capacità di scambio cationico le seguenti specie *Myosotis sylvatica*, *Arabis hirsuta*, *Cytisus villosus*, *Sorbus aria*, *Asplenium trichomanes*, *Clematis vitalba*, *Rhamnus alpinus* e *Scrophularia peregrina*.



**Figura 6.5.11.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Capacità di Scambio Cationico (CSC)

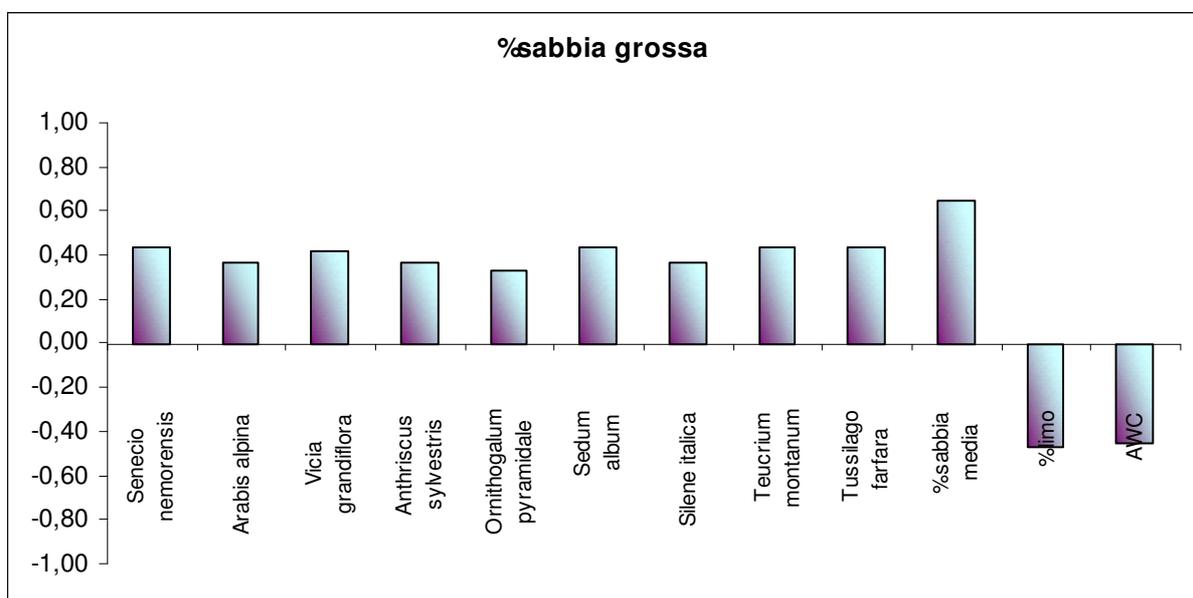
- **Saturazioni in basi** – *Scilla bifolia*, *Luzula pilosa*, *Lamium garganicum*, *Crocus napolitanus*, *Poa alpina*, *Trifolium montanum*, *Verbascum longifolium* e *Silene dioica* sono negativamente correlate con la saturazioni in basi, mentre solo *Daphne laureola* e *Cephalanthera damasonium* lo sono positivamente.



**Figura 6.5.12.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Saturazione in basi

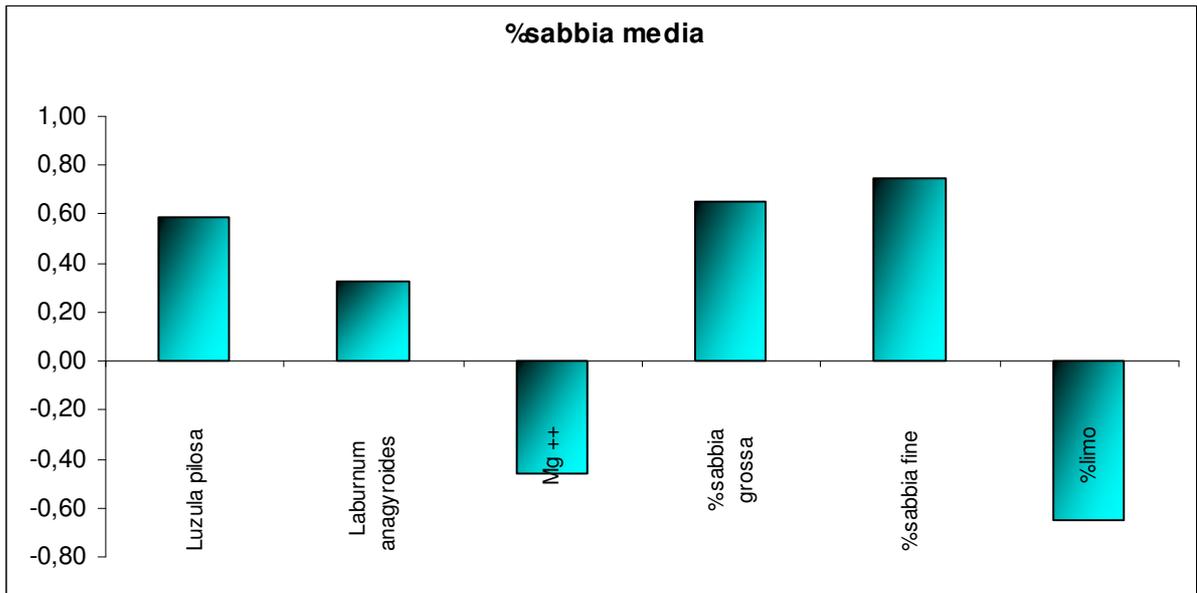
- **Granulometria –**

- Con la sabbia grossa risultano positivamente correlate le seguenti specie *Senecio nemorensis*, *Arabis alpina*, *Vicia grandiflora*, *Anthriscus sylvestris*, *Ornithogalum pyramidale*, *Sedum album*, *Silene italica*, *Teucrium montanum* e *Tussilago farfara*.



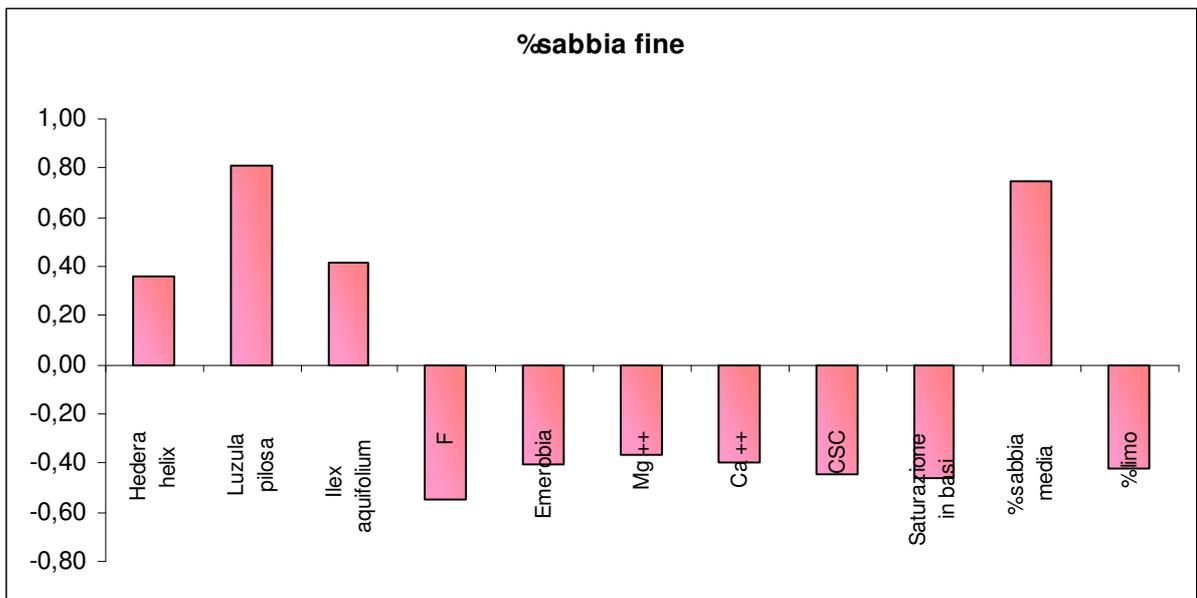
**Figura 6.5.13.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Sabbia Grossa

- Con la sabbia media risultano positivamente correlate solo *Luzula pilosa* e *Laburnum anagyroides*.



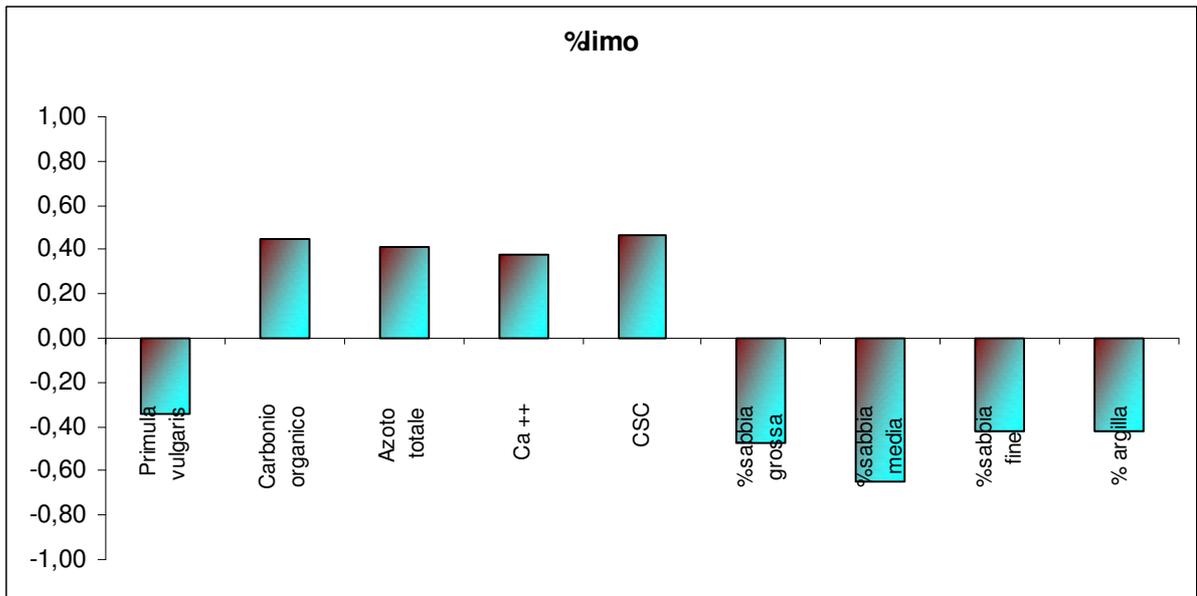
**Figura 6.5.14.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Sabbia Media

- Con la sabbia fine sono positivamente correlate *Hedera helix*, *Luzula pilosa* ed *Ilex aquifolium*. Questo parametro risulta positivamente correlato con l'indicatore F (umidità) di Ellenberg e con l'emerobia.



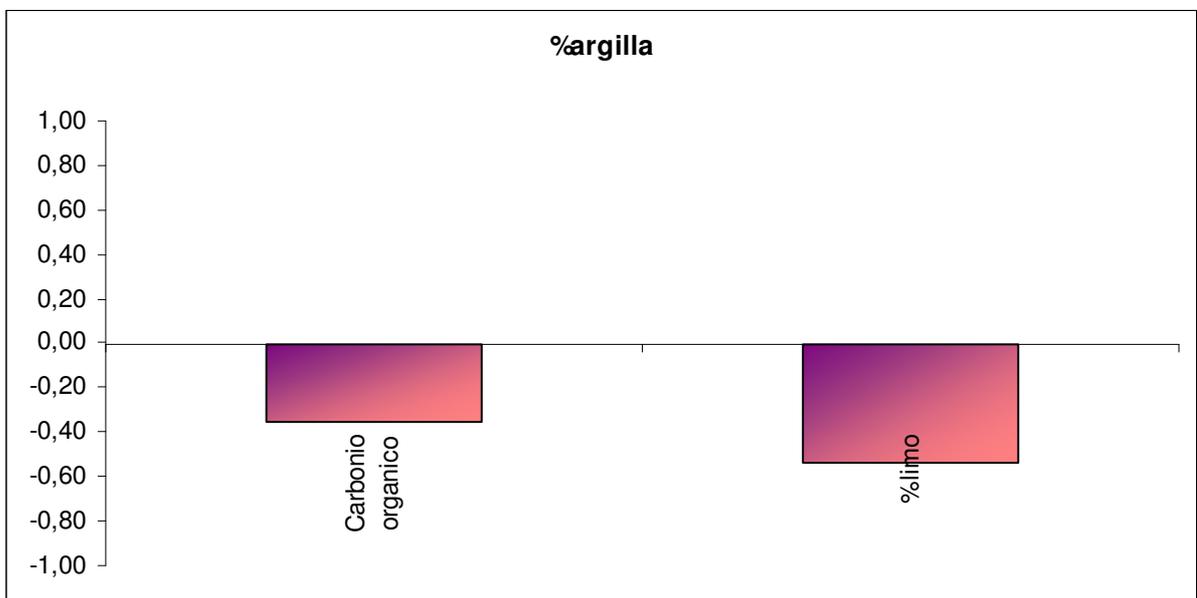
**Figura 6.5.15.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Sabbia Fine

- Con il limo è negativamente correlata solo *Primula vulgaris*.



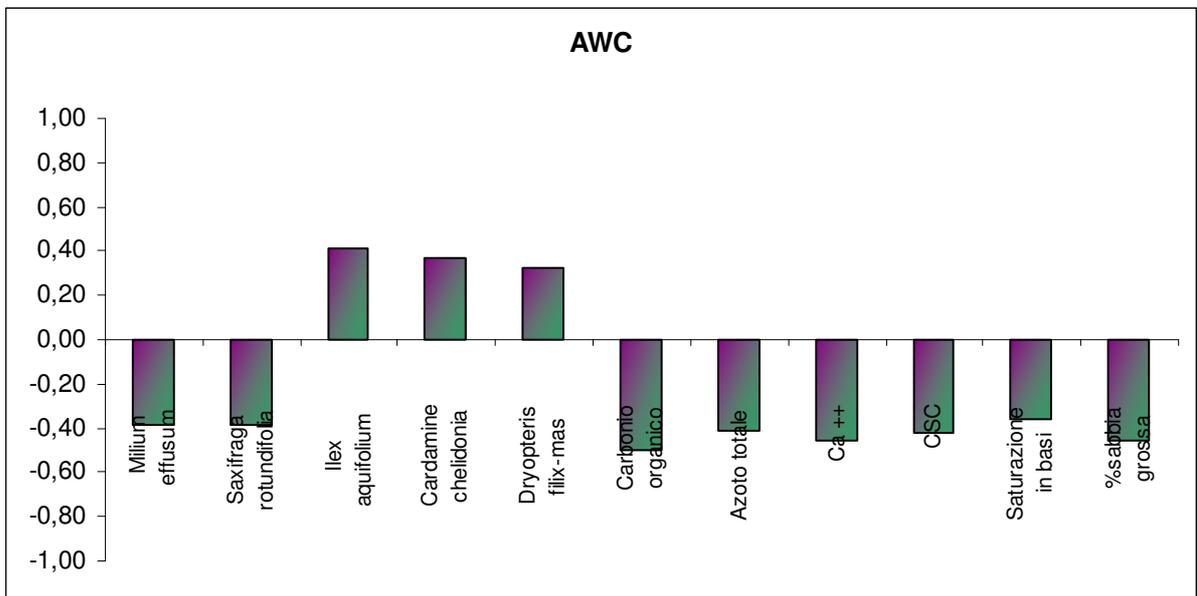
**Figura 6.5.16.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Limo

- Infine con l'argilla non risulta essere correlata nessuna specie; importante è invece la correlazione negativa con il carbonio organico che dimostra che i suoli incontrati sono evolutivamente suoli giovani (poveri in argilla, ricchi in sostanza organica), in cui la formazione di argilla (minerale proveniente dall'alterazione delle rocce carbonatiche) viene ostacolata sia dalla pendenza che da processi erosivi.



**Figura 6.5.17.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Argilla

- **Available Water Capacity (AWC)** – Richiedono suoli con una buona capacità idrica *Ilex aquifolium*, *Cardamine chelidonia* e *Dryopteris filix-mas*, mentre *Milium effusum* e *Saxifraga rotundifolia* sono negativamente correlate con l'AWC. Oltre che con le specie l'AWC è negativamente correlato con la sabbia grossa; ciò è spiegabile con il tipo di tessitura riscontrato, che, essendo sciolta, cioè con bassa percentuale di argilla e percentuali più elevate di sabbia, è maggiormente permeabile.



**Figura 6.5.18.** Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Available Water Capacity

## **6.6 Humus**

### **6.6.1 Classificazione delle forme di humus**

Le forme di humus ricadono tutte tra i tipi Mull e Moder:

- se l'integrazione della lettiera nel suolo minerale è rapida e completa, l'orizzonte A si presenta fino alla superficie e la forma è quella **Mull**. Gli animali che operano tale processo di integrazione sono soprattutto i lombrichi e la struttura dell'orizzonte A è tipicamente glomerulare (Duchaufour 1983, Brêtes et al. 1992, Zanella et al. 2001) con elementi di grandi dimensioni ( $\varnothing > 3-5$  mm, in Jabiol et al. 2004);
- un'integrazione più lenta e incompleta è praticata dagli Artropodi (insetti, diplopodi, crostacei, acari ecc.); essa porta a un orizzonte A chiamato di giustapposizione (Jabiol et al. 1995) giacente sotto uno strato di (OF + OL) più o meno spesso e permanente. La struttura di tale orizzonte A è fatta di grumi di piccole dimensioni (gran parte inferiori al millimetro) giustapposti a granelli minerali anch'essi di piccole dimensioni (Zanella et al. 2001). Spesso tali piccoli grumi si tengono insieme in grumi organo-minerali più grossi (1-5 mm), ma poco coesi, che si rompono subito anche con una leggerissima pressione. In questo caso, la forma viene classificata come **Moder**.

CODplot	OLn+Olv (spessore)	%C	%N	C/N	OF	OFr (spessore)	%C	%N	C/N	OFl (spessore)	%C	%N	C/N	OFe (spessore)	%C	%N	C/N	OH (spessore)	OHr (spessore)	%C	%N	C/N	OHf (spessore)	%C	%N	C/N	forma di Humus	humus index	Comunità	
7,7	2_4	44,07	1,61	27,37		0,5_2	40,81	1,61	25,35									assente									hemimoder	5	boschi misti	
7,9	2_6	45,50	1,80	25,28									1_2	27,04	1,30	20,80	assente										oligomull	3		
7,6	4_5	46,22	1,36	33,99									0,5_2	29,37	1,61	18,24	assente										hemimoder	5		
7,3	3_7	45,67	1,22	37,43		0,5_2	32,56	1,27	25,64																		dysmull	4		
7,2	3_5	45,78	1,36	33,66									3_4	30,38	1,35	22,50							0,5_1	34,08	1,80	18,93	eumoder	6		
7,1	3_6	46,90	1,30	36,08						1,5_3	43,48	1,68	25,88										2_4	29,93	1,76	17,01	dysmoder	7		
7,14	2_5	46,55	0,80	58,19						1_4	40,90	2,04	20,05					assente									dysmull	4		
7,13	1,5_4	44,91	1,29	34,81		0,5_1,5	41,86	2,06	20,32																		dysmull	4		
7,8	4_7	45,19	1,31	34,50		3_6	41,35	1,38	29,96									5_8	12,27	0,65	18,88						amphimull spesso	5		
2,6	1_2	45,54	1,13	40,30	assente													assente									oligomull	3		
2,5	1,5_3,5	47,04	1,00	47,04		1,5_2,5	34,57	1,47	23,52									assente									dysmull	4		
7,5	5_6	45,07	1,27	35,49									2_3,5	38,06	1,86	20,46	assente										dysmull	4		
7,4	0,5_1	44,07	1,29	34,16		0,5	39,74	1,16	34,26									0,5_1	23,38	1,05	22,27						eumoder	6		
2,4	1,5_4	44,62	1,40	31,87									1_3	40,73	1,70	23,96											dysmull	4		
2,2	4_9	47,04	1,00	47,04		1_1,5	34,57	1,47	23,52									assente									oligomull	3		
2,3	3_9	45,87	1,14	40,24									1_3	44,13	1,53	28,84							2,5_3	23,14	1,13	20,48	dysmoder	7		
2,1	3_6	47,27	1,07	44,18		2_4	43,30	1,74	24,89														7_10	33,64	1,73	19,45	eumoder	6		
3,7	2_4	47,20	0,78	60,51		2_3	45,21	1,14	39,66														9_12	37,48	1,56	24,03	eumoder	6		
5,7	2,5_6,5	44,27	1,48	29,91						2,5_4	39,09	1,80	21,72										7_8	28,48	1,77	16,09	amphimull spesso	5		
1,10	2_3	47,43	1,02	46,50		1_1,5	38,10	1,29	29,53									assente									eumull	1		
1,8	3,5_4,5	46,16	0,71	65,01		0,5_2	39,78	1,18	33,71									assente									oligomull	3		
6,9	2,5_3	46,57	0,95	49,02		0,5_1	31,04	0,89	34,88									assente									oligomull	3		
5,10	2_3	45,64	0,80	57,05		0,5_1,5	42,65	1,25	34,12														3_5	30,68	1,23	24,94	eumoder	6		
4,1	6_10	45,57	0,68	67,01		1,5_2,5	43,73	1,12	39,04									6_8	22,34	1,07	20,88						eumoder	6	Polysticho-Fagetum pioniero	
3,8	4_6	44,49	0,94	47,33		2_4	38,96	1,32	29,52														6_8	27,11	1,03	26,32	eumoder	6		
1,17	2_4	42,01	1,40	30,01		1_2	16,90	0,52	32,50																		dysmull	4		
5,11	3_6	45,03	1,18	38,16		2_3	45,62	1,59	28,69														6_7	36,47	1,53	23,84	eumoder	6		
5,12	3,5_7	46,62	1,00	46,62		2,5_3,5	43,48	1,17	37,16														7_9	38,33	1,75	21,90	eumoder	6		
1,9	2_3,5	44,22	1,45	30,50		3_4,5	40,26	1,47	27,39														13_14	40,28	1,61	25,02	eumoder	6		
6,7	3,5_4	46,57	0,95	49,02		1,5_2,5	31,04	0,89	34,88									assente									hemimoder	5		
1,7	1,5_4,5	45,49	1,26	36,10		1,5_3	41,74	1,41	29,60										0,5_1	32,93	1,33	24,76					eumoder	6		
3,17	6_7	46,09	0,72	64,01		0,5_1,5	43,28	1,32	32,79														5_7	33,66	1,54	21,86	eumoder	6		
3,16	2_3	45,73	0,81	56,46		3_4	44,13	1,49	29,62														7_10	32,80	1,80	18,22	amphimull spesso	5		Polysticho-Fagetum a Saxifraga rotundifolia
6,4	3_5	45,07	1,41	31,96						4,6	36,22	2,04	17,75					6_8	15,71	1,16	13,54					amphimull spesso	5			
6,8	2,5_3,5	45,13	1,37	32,94						1,5_2,5	42,95	1,77	24,27										6_8	34,13	1,77	19,28	amphimull spesso	5		
4,2	3_6	46,01	0,86	53,50	assente													assente									oligomull	3		
3,6	3_7	46,79	0,81	57,77		3_4	40,88	1,63	25,08										3_4	28,69	1,52	18,88					amphimull spesso	5		
X	2,5_4,5	46,49	1,19	39,07		2_4,5	44,18	1,69	26,14									assente									hemimoder	5	Aquifolio-Fagetum	
7,15	3,5_7	47,24	1,04	45,42		1,5_2,5	40,71	1,75	23,26										0,5_1	18,07	1,08	16,69					amphimull spesso	5		
7,11	6_13	47,16	1,03	45,79		3_4	44,00	1,51	29,14	2_5	24,41	1,18	20,69					assente									dysmull	4		
7,17	3_4	48,57	0,95	51,13		1_2	45,08	1,32	34,15										0,5_1,5	25,53	1,19	21,45					eumoder	6		
7,12	4_6	47,32	1,07	44,22		2_5	40,87	1,61	25,39									assente									hemimoder	5		
7,10	4_7	44,65	1,29	34,61		2_4	40,04	1,94	20,64										2_4	31,14	1,50	20,76					eumoder	6		
1,14	3_4	41,45	1,37	30,26						2_3	26,47	1,16	22,82					assente									dysmull	4		
1,13	2_4	44,56	1,93	23,09		1,5_5	41,60	1,83	22,73														3_6	40,65	1,84	22,09	eumoder	6		
3,13	2_5	46,81	0,78	60,01		1_5	40,35	1,36	29,67										2_4	23,24	1,20	19,37					dysmoder	7		

Tabella 6.6.1.1a. Spessore, quantità di carbonio (%C) ed azoto (%N), rapporto Carbonio/Azoto (C/N) misurati nei diversi orizzonti individuati nelle forme di humus classificate. Vengono riportati i valori dell'humus index (Ponge 2002)

- **Amphimull**

Osservando le caratteristiche principali gli Amphimull possono essere riconducibili ai mull (per la presenza di un A biomacrostrutturato), per altri, ed in particolare per la presenza di una sequenza completa degli orizzonti organici (OL, OF, OH), sembra rispondere ad un funzionamento biologico più simile a quello dei moder (Tabelle 6.6.1.1a e 6.6.1.1b).

Tra le forme di humus individuate gli Amphimull mostrano i rapporti C/N più bassi (Tabella 6.6.1.2.) sia in humus (28,21) che nell'orizzonte A (11,81).

**Tabella 6.6.1.2. Amphimull**

<b>Sample</b>	<b>media C/N</b>	<b>media %N</b>	<b>media %C</b>	<b>tipo di humus</b>
<b>7,18</b>	24,36	1,34	32,79	amphimull sottile
<b>3,4</b>	25,64	1,32	33,95	amphimull sottile
<b>1,12</b>	27,92	1,13	32,35	amphimull sottile
<b>media</b>	<b>25,98</b>	<b>1,26</b>	<b>33,03</b>	
<b>6,4</b>	21,10	1,54	32,33	amphimull spesso
<b>5,7</b>	22,59	1,68	37,28	amphimull spesso
<b>6,8</b>	25,51	1,63	40,74	amphimull spesso
<b>6,6</b>	25,62	1,33	33,16	amphimull spesso
<b>3,18</b>	27,39	1,57	40,41	amphimull spesso
<b>7,8</b>	27,77	1,11	32,94	amphimull spesso
<b>6,11</b>	29,23	1,28	35,51	amphimull spesso
<b>3,15</b>	31,32	1,34	38,05	amphimull spesso
<b>4,5</b>	31,60	1,36	39,39	amphimull spesso
<b>3,6</b>	33,90	1,32	38,78	amphimull spesso
<b>7,15</b>	34,36	1,40	43,97	amphimull spesso
<b>3,16</b>	34,77	1,37	40,89	amphimull spesso
<b>media</b>	<b>28,76</b>	<b>1,41</b>	<b>37,79</b>	
<b>media amphimull</b>	<b>28,21</b>	<b>1,38</b>	<b>36,84</b>	

- **Dysmoder**

I Dysmoder sono la forma di moder con l'orizzonte OH spesso (OH>1cm;Tabelle 6.6.1.1a e 6.6.1.1b).

I Dysmoder hanno un rapporto C/N nell'humus più elevato degli Amphimull (30,06) ma inferiore rispetto agli altri. Il valore del rapporto C/N (Tabella 6.6.1.3) misurato in A (11,81) è lo stesso di quello riscontrato negli Amphimull.

**Tabella 6.6.1.3.** Dysmoder

<b>Sample</b>	<b>media C/N</b>	<b>media %N</b>	<b>media %C</b>	<b>tipo di humus</b>
<b>7,1</b>	26,38	1,58	40,10	dysmoder
<b>1,15</b>	26,82	1,41	37,95	dysmoder
<b>5,14</b>	27,17	1,45	38,77	dysmoder
<b>1,3</b>	29,18	1,24	35,99	dysmoder
<b>2,3</b>	29,92	1,26	37,71	dysmoder
<b>1,6</b>	31,72	1,33	40,10	dysmoder
<b>3,3</b>	32,86	1,18	38,62	dysmoder
<b>3,13</b>	36,40	1,11	36,80	dysmoder
<b>media</b>	<b>30,06</b>	<b>1,32</b>	<b>38,26</b>	

- **Dysmull**

Questa forma di humus può definirsi “la forma peggiore” tra i mull, in altre parole quella in cui il processo di trasformazione della lettiera è più rallentato (Tabelle 6.6.1.1a e 6.6.1.1b).

I Dysmull mostrano un rapporto C/N in humus (Tabella 6.6.1.4.) molto simile ai Dysmoder (30,05), mentre il valore del rapporto C/N misurato in A è intermedio fra tutte le forme di humus trovate (13,60).

**Tabella 6.6.1.4.** Dysmull

<b>Sample</b>	<b>media C/N</b>	<b>media %N</b>	<b>media %C</b>	<b>tipo di humus</b>
<b>7,13</b>	23,95	1,48	34,94	dysmull
<b>2,4</b>	23,99	1,28	32,43	dysmull
<b>3,11</b>	24,61	1,39	34,69	dysmull
<b>1,14</b>	26,49	1,27	33,96	dysmull
<b>5,16</b>	26,68	1,30	34,82	dysmull
<b>7,3</b>	26,88	1,20	32,58	dysmull
<b>1,17</b>	27,91	0,86	24,32	dysmull
<b>7,5</b>	28,02	1,56	41,56	dysmull
<b>5,3</b>	28,35	1,44	38,89	dysmull
<b>5,2</b>	30,12	1,35	37,38	dysmull
<b>5,1</b>	30,33	1,17	34,75	dysmull
<b>7,11</b>	31,94	1,24	38,52	dysmull
<b>5,13</b>	32,75	1,09	35,24	dysmull
<b>6,10</b>	35,16	1,19	41,38	dysmull
<b>2,5</b>	35,29	1,23	40,81	dysmull
<b>3,2</b>	39,14	1,28	43,40	dysmull
<b>7,14</b>	39,30	1,42	43,73	dysmull
<b>media</b>	<b>30,05</b>	<b>1,28</b>	<b>36,67</b>	

CO Dplot	OLn+Olv (spessore)	%C	%N	C/N	OF	OFr (spessore)	%C	%N	C/N	OFm (spessore)	%C	%N	C/N	OFc (spessore)	%C	%N	C/N	OH (spessore)	OHr (spessore)	%C	%N	C/N	OHf (spessore)	%C	%N	C/N	tipo di Humus	humus index	Comunità	
7,18	1,5_2	41,14	1,36	30,25		1_2	32,66	1,43	22,84										0,5_1	24,55	1,23	19,96					amphimull sottile	5	Polysticho-Fagetum tipico	
4,5	4_5	45,62	0,95	48,02		1,5_2,5	41,10	1,53	26,86										7_11	31,46	1,59	19,79					amphimull spesso	5		
4,4	3,5_4,5	43,19	1,33	32,47						2_3	24,99	0,92	27,16					assente									hemimoder	5		
1,16	2_4	44,55	1,20	37,13						1_2	40,99	1,96	20,91										0,5_1	19,79	0,90	21,99	eumoder	6		
1,15	3_5	44,47	1,38	32,22		2_3	40,82	1,59	25,67														5_6	28,55	1,27	22,48	dysmoder	7		
1,4	4_6,5	45,70	0,90	50,78		3,5_4,5	42,25	1,59	26,57														0,5_1	40,56	1,65	24,58	eumoder	6		
5,8	4_6	44,86	1,25	35,89		2_3	42,10	1,65	25,58														2,5_5	44,21	1,53	28,90	eumoder	6		
3,11	2,5_4	44,33	1,30	34,10		2_3	42,39	1,75	24,22	2_2,5	17,35	1,12	15,49					assente									dysmull	4		
6,2	3_6	46,36	0,89	52,09		1,5_3	40,52	1,37	29,58									assente									hemimoder	5		
3,18	4_6	44,01	1,15	38,27										2_5	42,07	1,68	25,04							8_10	35,14	1,88	18,69	amphimull spesso		5
5,5	1,5_2,5	45,62	1,02	44,73		2_2,5	36,76	1,49	24,67									assente									oligomull	3		
3,5	3_6	46,92	1,03	45,55		1,5_3	37,64	1,64	22,95									assente									hemimoder	5		
3,14	3_4,5	46,06	1,12	41,13						1,5_3	37,86	1,47	25,76					assente									hemimoder	5		
3,4	1_3	45,48	1,22	37,28		1-1,5	39,41	1,74	22,65															0,5_1,5	16,97	1,00	16,97	amphimull sottile		5
5,16	1,5_2	44,72	1,27	35,21		1_1,5	37,91	1,41	26,89	2_3	21,83	1,23	17,75					assente									dysmull	4		
6,10	1,5_4	44,53	1,10	40,48		1,5_3	38,22	1,28	29,86									assente									dysmull	4		
5,13	1_3	45,00	1,04	43,27		2_3	25,49	1,14	22,36									assente									dysmull	4		
3,10	2_4	45,19	1,29	35,03										2,5_4,5	42,99	1,92	22,39							7,5_8,5	25,46	1,17	21,76	eumoder		6
6,12	4_7	44,88	1,17	38,36		2_4	33,41	1,32	25,31									assente									hemimoder	5		
5,9	0,5_2	44,21	1,53	28,90		0,5_1	26,83	0,99	27,10									assente									oligomull	3		
6,1	2_4	45,10	0,92	49,02		0,5_2	22,54	1,37	16,45									assente									oligomull	3		
3,9	1,5_5,5	46,62	1,21	38,53		3_4	44,24	1,62	27,31														5_6	18,62	0,86	21,65	eumoder	6		
6,11	2_4	45,94	0,99	46,40						1,5_3	40,26	1,70	23,68											3_4	20,34	1,15	17,69	amphimull spesso		5
3,3	1,5_2	45,61	1,11	41,09		0,5_1,5	45,52	1,25	36,42															0,5	24,73	1,16	21,32	dysmoder		7
6,6	2_4	44,06	1,16	37,98		2_3	34,14	1,60	21,34															7_13	21,28	1,23	17,30	amphimull spesso	5	
6,5	2_4	45,84	1,16	39,52		1_2,5	30,95	1,32	23,45									assente									hemimoder	5		
5,17	1,5_2	42,06	1,49	28,23						1_1,5	37,06	1,59	23,31					assente									oligomull	3		
5,15	1,5_2,5	45,08	1,16	38,86		2_3	43,44	1,52	28,58															6_7	29,68	1,31	22,66	eumoder	6	
7,16	1,5_4	46,57	1,42	32,80										1_3	42,03	2,02	20,81	assente									hemimoder	5		
3,15	3_4	45,62	0,91	50,13		1,5_2	41,18	1,61	25,58															5_8	27,35	1,51	18,11	amphimull spesso	5	
3,1	2_5	46,80	0,88	53,18		2_3	38,24	1,56	24,51															4_10	35,66	1,77	20,15	eumoder	6	
5,4	2_3	44,80	1,32	33,94		1,5_3	41,89	1,65	25,39														3,5_6	27,74	1,38	20,10	eumoder	6		
5,14	2,5_4	44,86	1,25	35,89						2,5_3,5	42,10	1,65	25,52											2_3	29,35	1,46	20,10	dysmoder	7	
5,6	3_5	45,28	1,06	42,72		2,5_3,5	36,92	1,27	29,07									assente									hemimoder	5		
1,11	4_7	39,95	0,94	42,50		0,5_1,5	39,22	1,02	38,45															10_13	28,89	1,44	20,06	eumoder	6	
1,2	2,5_4,5	46,68	0,94	49,66		2,5_4	40,56	1,67	24,29														0,5_1	18,95	0,95	19,95	eumoder	6		
5,3	2,5_4	45,94	1,11	41,39		1_2,5	43,06	1,82	23,66	3_5	27,66	1,39	19,90					assente									dysmull	4		
5,1	4_6	45,59	1,01	45,14		1,5_2	38,75	1,33	29,14	3_4	19,91	1,19	16,73					assente									dysmull	4		
3,12	3_6	45,31	1,03	43,99		2_4	37,98	1,23	30,88									assente									hemimoder	5		
5,2	2,5_4	45,26	0,95	47,64						5_6	27,85	1,37	20,33	2_3	39,03	1,75	22,30	assente									dysmull	4		
1,6	2,5_5,5	45,61	1,01	45,16						0,5_1,5	40,59	1,63	24,90											0,5_2	34,12	1,36	25,09	dysmoder	7	
1,12	3_6,5	45,93	1,36	33,77		0,5_1,5	32,29	1,06	30,46															0,5_3,5	18,83	0,96	19,61	amphimull sottile	5	
1,5	5_7	43,43	1,80	24,13		2,5_4	39,54	1,83	21,61															0,5_3	37,17	1,77	21,00	eumoder	6	
1,3	2,5_4,5	46,39	1,11	41,79		2_3	41,97	1,66	25,28															1_2,5	19,61	0,96	20,43	dysmoder	7	
3,2	2_4,5	47,27	0,86	54,97		3_4	39,52	1,69	23,38									assente									dysmull	4		
6,3	1,5_3,5	45,11	1,22	36,98										1,5_3,5	40,17	1,67	24,05	assente									hemimoder	5		
4,3	3,5_6	45,67	1,06	43,08		0,5_1	34,94	1,24	28,18									assente									oligomull	3		
1,1	3_4,5	46,68	0,91	51,30		1_2	42,20	1,49	28,32									assente									oligomull	3		

**Tabella 6.6.1.1b.** Spessore, quantità di carbonio (%C) ed azoto (%N), rapporto Carbonio/Azoto (C/N) misurati nei diversi orizzonti individuati nelle forme di humus classificate. Vengono riportati i valori dell'humus index (Ponge 2002)

- **Eumoder**

Gli Eumoder sono la forma di moder con l'orizzonte OH molto sottile (OH<1cm; Tabelle 6.6.1.1a e 6.6.1.1b).

Gli Eumoder mostrano un rapporto C/N in humus (Tabella 6.6.1.5.) lievemente più elevato (30,98), mentre nell'orizzonte A la media è decisamente più elevata (15,12).

**Tabella 6.6.1.5.** Eumoder

<b>Sample</b>	<b>media C/N</b>	<b>media %N</b>	<b>media %C</b>	<b>tipo di humus</b>
<b>1,5</b>	22,25	1,80	40,05	eumoder
<b>1,13</b>	22,61	1,87	42,27	eumoder
<b>7,2</b>	25,00	1,51	36,75	eumoder
<b>5,8</b>	25,07	1,45	35,66	eumoder
<b>7,10</b>	25,37	1,57	38,61	eumoder
<b>3,10</b>	26,47	1,46	37,88	eumoder
<b>5,4</b>	26,53	1,45	38,14	eumoder
<b>1,16</b>	26,70	1,35	35,11	eumoder
<b>1,9</b>	27,62	1,51	41,59	eumoder
<b>3,9</b>	29,14	1,23	36,49	eumoder
<b>2,1</b>	29,58	1,51	41,40	eumoder
<b>5,15</b>	30,07	1,33	39,40	eumoder
<b>7,4</b>	30,15	1,17	35,73	eumoder
<b>1,7</b>	30,17	1,33	40,05	eumoder
<b>5,11</b>	30,21	1,43	42,37	eumoder
<b>1,2</b>	31,23	1,19	35,40	eumoder
<b>3,1</b>	32,50	1,41	40,23	eumoder
<b>1,11</b>	33,66	1,13	36,02	eumoder
<b>1,4</b>	33,96	1,38	42,84	eumoder
<b>3,8</b>	34,29	1,10	36,86	eumoder
<b>5,12</b>	35,27	1,31	42,81	eumoder
<b>7,17</b>	35,59	1,15	39,73	eumoder
<b>5,10</b>	38,68	1,09	39,65	eumoder
<b>3,17</b>	39,69	1,19	41,01	eumoder
<b>3,7</b>	41,43	1,16	43,30	eumoder
<b>4,1</b>	42,20	0,96	37,22	eumoder
<b>media</b>	<b>30,98</b>	<b>1,35</b>	<b>39,10</b>	

- **Hémimoder**

Secondo la Scuola francese, la forma hémimoder è da ritenersi di transizione tra i mull e i moder: tale forma si avvicina ai mull per la mancanza di un orizzonte OH; diventa un moder perché l'orizzonte A non è più biomacrostrutturato (Tabelle 6.6.1.1a e 6.6.1.1b).

Gli Hémimoder presentano un rapporto C/N in humus (Tabella 6.6.1.6.) più elevato degli Eumoder (31,99), la media nell'orizzonte A è lievemente più bassa (14,1).

**Tabella 6.6.1.6.** Hemimoder

<b>Sample</b>	<b>media C/N</b>	<b>media %N</b>	<b>media %C</b>	<b>tipo di humus</b>
<b>7,6</b>	26,07	1,49	37,80	hemimoder
<b>7,7</b>	26,29	1,61	42,44	hemimoder
<b>7,16</b>	26,80	1,72	44,30	hemimoder
<b>5,6</b>	28,52	1,17	41,10	hemimoder
<b>4,4</b>	29,74	1,13	34,09	hemimoder
<b>6,3</b>	30,48	1,45	42,64	hemimoder
<b>6,5</b>	31,52	1,24	38,39	hemimoder
<b>6,12</b>	31,85	1,25	39,15	hemimoder
<b>X</b>	32,66	1,44	45,34	hemimoder
<b>3,14</b>	33,41	1,30	41,96	hemimoder
<b>3,5</b>	34,32	1,33	42,28	hemimoder
<b>7,12</b>	34,91	1,34	44,10	hemimoder
<b>6,7</b>	35,21	0,98	35,04	hemimoder
<b>3,12</b>	37,43	1,13	41,65	hemimoder
<b>6,2</b>	40,72	1,13	43,44	hemimoder
<b>media</b>	<b>31,99</b>	<b>1,31</b>	<b>40,91</b>	

- **Oligomull**

Gli Oligomull sono conseguenza di un ulteriore rallentamento, tra le forme mull, del processo di degradazione della lettiera (Tabelle 6.6.1.1a e 6.6.1.1b).

Gli Oligomull sono la forma di humus che mostra il valore C/N in humus (Tabella 6.6.1.7.) significativamente più elevato (36,74), mentre il valore in A esso è tra i più bassi trovati (13,45).

**Tabella 6.6.1.7.** Oligomull

Sample	media C/N	media %N	media %C	tipo di humus
<b>7,9</b>	23,03	1,55	36,27	oligomull
<b>5,9</b>	23,48	1,67	35,54	oligomull
<b>5,17</b>	25,72	1,54	39,56	oligomull
<b>5,5</b>	34,83	1,25	41,19	oligomull
<b>2,2</b>	35,29	1,23	40,81	oligomull
<b>4,3</b>	35,67	1,15	40,31	oligomull
<b>6,1</b>	37,92	0,88	33,82	oligomull
<b>1,1</b>	39,75	1,20	44,44	oligomull
<b>2,6</b>	40,23	1,13	45,54	oligomull
<b>6,9</b>	41,94	0,92	38,81	oligomull
<b>1,8</b>	49,34	0,95	42,97	oligomull
<b>4,2</b>	53,72	0,86	46,01	oligomull
<b>media</b>	<b>36,74</b>	<b>1,19</b>	<b>40,44</b>	

- **Eumull**

In questa forma l'intensa attività dei lombrichi anecici ed endogeni conduce ad una rapida diminuzione della lettiera, fino alla sua scomparsa completa nei casi di maggiore attività biologica e all'incorporazione della sostanza organica con quella minerale (Tabelle 6.6.1.1a e 6.6.1.1b).

Questa forma di humus è stata trovata in una sola parcella: il valore di C/N in humus (Tabella 6.6.1.8) e in A sono in assoluto i più elevati.

**Tabella 6.6.1.8.** Eumull

Sample	media C/N	media %N	media %C	tipo di humus
<b>1,10</b>	38,06	1,15	42,76	eumull

- **In sintesi**

In generale si può affermare che nell'orizzonte A il rapporto C/N raggiunge valori compresi fra 8÷15 nelle forme mull e fra 15÷25 nelle forme moder (Duchaufour, 1983 e Jabiol et al. , 1995, Gobat et al., 1998). Nella trasformazione dei residui organici, infatti, il carbonio diminuisce più rapidamente rispetto all'azoto. I composti a base di carbonio sono usati dai microrganismi come fonte energetica, con conseguente produzione di CO<sub>2</sub> che si allontana dal terreno sotto forma gassosa. L'azoto è invece principalmente utilizzato dai microrganismi per la biosintesi delle loro cellule e pertanto rimane accumulato nel terreno sotto forma di materia vivente (Colemann e Crossley, 1996); solamente una piccola parte dell'azoto totale della lettiera (meno del 10%) è mineralizzato ogni anno (Mangenot, 1980).

Il rapporto C/N misurato negli orizzonti O dell'humus non mostra nessuna correlazione con la forma di humus (Tabelle 6.6.1.1a e 6.6.1.1b), quindi da questa prima indagine sembrerebbe che tale parametro non possa essere utilizzato per classificare le forme di humus.

## 6.6.2 Distribuzione delle forme di humus nelle diverse comunità

**Tabella 6.6.2.1** Distribuzione delle forme di humus nelle comunità

<b>Boschi Misti</b>	1 Amphimull, 2 Hemimoder, 3 Oligomull, 6 Dysmull, 3 Eumoder, 2 Dysmoder	10 Mull, 7 Moder
<b>PF pioniero</b>	1 Amphimull, 1 Hemimoder, 1 Eumull, 2 Oligomull, 8 Eumoder, 1 Dysmull	5 Mull, 9 Moder
<b>PFS</b>	4 Amphimull, 1 Oligomull, 1 Eumoder	5 Mull, 1 Moder
<b>AF</b>	1 Amphimull, 2 Hemimoder, 2 Dysmull, 3 Eumoder, 1 Dysmoder	3 Mull, 6 Moder
<b>PF tipico sciafilo</b>	5 Amphimull, 5 Hemimoder, 5 Eumoder, 4 Dysmull, 3 Oligomull, 2 Dysmoder	12 Mull, 12 Moder
<b>PFE</b>	2 Amphimull, 3 Hemimoder, 1 Oligomull, 5 Eumoder, 1 Dysmoder	3 Mull, 9 Moder
<b>PFA</b>	1 Amphimull, 2 Hemimoder, 4 Dysmull, 2 Dysmoder, 1 Eumoder, 2 Oligomull	7 Mull, 5 Moder

Come si può vedere dalla tabella 6.6.2.1:

- nei boschi misti c'è un'ampia varietà di tipi di humus sia Mull, dove l'integrazione della lettiera nel suolo minerale è rapida e completa, che Moder, dove tale integrazione è più lenta ed incompleta; anche se l'ipotesi richiede accurate verifiche, si può già affermare che il rallentato tasso di decomposizione e quindi il maggiore spessore degli strati ectorganici dei Moder siano legati allo stress idrico, con conseguente ingresso di specie delle cerrete più xerotermofile; nei siti di questo tipo di boschi si riscontrano anche valori più bassi del rapporto C/N (Tabella 6.6.2.2) misurato in humus;

**Tabella 6.6.2.2** Media dei rapporti C/N nella diverse comunità

Media C/N	OL	OF	OH		
BM	35,15	23,96	19,19		
PF pioniero	46,97	33,11	24,03		
PFS	54,98	25,08	18,88		
AF	44,22	24,92	20,76		
PF tipico	38,53	25,04	21,49		
PFE	39,19	24,51	20,08		
PFA	43,54	24,48	20,71		

- nel PF pioniero prevalgono i Moder con decomposizione più lenta ed incompleta sottolineando il carattere prevalentemente pionieristico di questi boschi che spesso si trovano su suoli molto sottili (spesso rendzine); nei siti di questa comunità si riscontrano anche i valori più alti del rapporto C/N misurato in humus;
- nel PFS prevalgono i Mull sui Moder mostrando un buona attività biologica del suolo, probabilmente a causa di un disturbo recente che ha accelerato l'attività biologica del suolo; in queste parcelle si riscontrano anche i valori più bassi di C/N misurato in OH; ciò confermerebbe l'ipotesi di un disturbo, probabilmente tagli, che aumentano la quantità di materiale vegetale al suolo;
- in AF prevalgono i Moder; sia le faggete con *Ilex aquifolium* che quelle più pioniere a *Saxifraga* si ritrovano su suoli con caratteristiche simili;
- in PF tipico si nota un'equa distribuzione di Mull e Moder;
- in PFE prevalgono i Moder, indicando come nelle faggete centroappenniniche tipiche la decomposizione della lettiera è più lenta ed incompleta rispetto alle faggete alpine dove prevalgono gli Amphimull;
- in PFA c'è una debole predominanza dei Mull; qui, a differenza del PFS, la presenza dei Mull è legata alle condizioni di luminosità che accelerano l'integrazione della lettiera nel suolo minerale.

### 6.6.3 Specie ed Humus

L'analisi delle correlazioni eseguita tramite test di Pearson tra coperture delle specie e parametri dell'Humus - contenuto in carbonio, azoto, rapporto C/N e spessori degli orizzonti - ha mostrato le seguenti correlazioni risultate significative (tabelle 6.6.3.1, 6.6.3.2, 6.6.3.3):

- **Orizzonte OL**
  - *Daphne laureola* e *Rubus ulmifolius*: orizzonte OL sottile;
  - *Chaerophyllum aureum*: orizzonte OL ricco in carbonio;
  - *Mycelis muralis*: orizzonte OL spesso e povero in carbonio;
  - *Fagus sylvatica*: orizzonte OL povero in azoto;
  - *Geranium robertianum*: orizzonte OL ricco in azoto;
  - *Sanicula europea*: orizzonte OL sottile e ricco in azoto;
  - *Viola riviniana*: orizzonte OL spesso e ricco in azoto;
  - *Brachypodium sylvaticum*, *Cephalanthera longifolia*: orizzonte OL con rapporto C/N elevato;
  - *Lathyrus vernus*: orizzonte OL povero in carbonio, ricco in azoto e con rapporto C/N basso;
  - *Ostrya carpinifolia*: orizzonte OL spesso, povero sia in carbonio che in azoto e con rapporto C/N elevato;
  - *Ruscus hypoglossum*: orizzonte OL spesso, ricco in carbonio ma povero in azoto e con rapporto C/N elevato;
  - *Veratrum nigrum*: orizzonte OL spesso, povero in carbonio, ricco in azoto e con rapporto C/N elevato;
  - *Sambucus nigra*: orizzonte OL sottile, ricco sia in carbonio che in azoto e con rapporto C/N basso;
  - *Brachypodium genuense*: orizzonte OL sottile, ricco in carbonio e povero in azoto e con rapporto C/N elevato.

**Tabella 6.6.3.1** Risultati delle correlazioni di Pearson tra specie vs spessore, %Carbonio, %Azoto, Rapporto Carbonio/Azoto in OL. \*p< 0.05; \*\* p< 0.01

Pearson r	orizzonte OL			
	spess	C	N	C/N
Brachypodium genuense	-1**	1**	-1*	1**
Brachypodium sylvaticum				0.54**
Cephalanthera longifolia				0.58*
Chaerophyllum aureum		0.6**		
Daphne laureola	-0.37*			
Fagus sylvatica			-0.22*	
Geranium robertianum			0.36*	
Lathyrus vernus		-0.38*	0.4*	-0.43**
Mycelis muralis	0.28*	-0.53**		
Ostrya carpinifolia	1**	-1**	-1**	1**
Rubus ulmifolius	-0.85*			
Ruscus hypoglossum	1**	1**	-1**	1**
Sambucus nigra	-1**	1**	1**	-1**
Sanicula europaea	-1**		1**	
Veratrum nigrum	1**	-1**	1**	1**
Viola riviniana	0.98*		0.96*	

- **Orizzonte OF**

- *Viola riviniana* e *Scilla bifolia*: orizzonte OF sottile;
- *Aremonia agrimoniodes*: orizzonte OF spesso;
- *Rubus hirtus*: orizzonte OF ricco in azoto;
- *Lathyrus venetus*: orizzonte OF povero sia in carbonio che in azoto;
- *Ilex aquifolium*, *Quercus cerris* e *Rubus idaeus*: orizzonte OF con basso rapporto C/N;
- *Coydalis cava*: orizzonte OF con basso rapporto C/N;
- *Brachypodium genuense* e *Primula vulgaris*: orizzonte OF sottile, povero sia in carbonio che in azoto e con basso rapporto C/N;
- *Ostrya carpinifolia*: orizzonte OF sottile, povero sia in carbonio che in azoto e con elevato rapporto C/N;
- *Veratrum nigrum*: orizzonte OF sottile, ricco sia in carbonio che in azoto e con basso rapporto C/N;
- *Ruscus hypoglossum*: predilige un orizzonte OF spesso, povero sia in carbonio che in azoto e con elevato rapporto C/N;
- *Sambucus nigra*: orizzonte OF spesso, ricco sia in carbonio che in azoto e con basso rapporto C/N.

**Tabella 6.6.3.2** Risultati delle correlazioni di Pearson tra specie vs spessore, %Carbonio, %Azoto, Rapporto Carbonio/Azoto in OF. \*p< 0.05; \*\* p< 0.01

Pearson r	orizzonte OF			
	spess	C	N	C/N
Aremonia agrimonioides	0.59**			
Brachypodium genuense	-1**	-1**	-1**	-1**
Corydalis cava				-0.27*
Ilex aquifolium				-0.58*
Lathyrus venetus		-0.82**	-0.85**	
Ostrya carpinifolia	-1**	-1**	-1**	1**
Primula vulgaris	-0.77**	-0.91**	-0.96**	-0.93**
Quercus cerris				-0.23**
Rubus hirtus			0.57*	
Rubus idaeus				-0.54**
Ruscus hypoglossum	1**	-1**	-1**	1**
Sambucus nigra	1**	1**	1**	-1**
Scilla bifolia	0.5**			
Veratrum nigrum	-1**	1**	1**	-1**
Viola riviniana	-0.95**			

- **Orizzonte OH**

- *Anemone ranunculoides*: orizzonte OH spesso;
- *Ligustrum vulgare*: orizzonte OH spesso e ricco in azoto;
- *Geranium robertianum*: orizzonte OH ricco sia in carbonio che in azoto;
- *Pulmonaria apennina*: orizzonte OH spesso e ricco sia in carbonio che in azoto;
- *Lathyrus venetus*: orizzonte OH povero sia in carbonio che in azoto, e con rapporto C/N basso;
- *Ruscus hypoglossum*: orizzonte OH sottile, povero sia in carbonio che in azoto e con basso rapporto C/N.

**Tabella 6.6.3.3** Risultati delle correlazioni di Pearson tra specie vs spessore, %Carbonio, %Azoto, Rapporto Carbonio/Azoto in OH. \*p< 0.05; \*\* p< 0.01

Pearson r	orizzonte OH			
	spess	C	N	C/N
Anemone ranunculoides	0.88**			
Geranium robertianum		0.41*	0.37*	
Lathyrus venetus		-0.75*	-0.80*	-0.96**
Ligustrum vulgare	0.82**		0.62*	
Pulmonaria apennina	0.99**	0.62*	0.64*	
Ruscus hypoglossum	-1**	-1**	-1**	-1**

- **In sintesi**

I legami delle specie con lo spessore della lettiera, carbonio, azoto, rapporto C/N misurato negli humus, forniscono informazioni molto puntuali (Tabella 6.6.3.4):

- Specie come *Pulmonaria apennina*, *Anemone ranuncoloides*, *Ligustrum vulgare*, sono correlate positivamente con lo spessore dell'orizzonte OH suggerendo che tali specie potrebbero essere buoni indicatori della presenza di humus di tipo "moder"o "amphimull" cioè di ambienti poco favorevoli alla vita di vermi anecici ed endogei, che vivono a basse temperature, in suoli decarbonatati o acidificati in presenza di una lettiera difficilmente degradabile;
- *Ruscus hypoglossum* è correlata positivamente con lo spessore degli orizzonti OL ed OF e negativamente con tutti i parametri di OH
- Specie quali *Geranium robertianum*, *Pulmonaria apennina*, *Ligustrum vulgare*, *Anemone ranuncoloides*, diffuse principalmente nei boschi misti risultano positivamente correlate con i parametri di OH, confermando la forma di humus prevalente in questi tipi di boschi che è il Moder.

**Tabella 6.6.3.4** Risultati delle correlazioni di Pearson tra specie vs spessore, %Carbonio, %Azoto, Rapporto Carbonio/Azoto negli orizzonti OL, OF, OH. \*p< 0.05; \*\* p< 0.01

Pearson r specie	orizzonte OL				orizzonte OF				orizzonte OH			
	spess	C	N	C/N	spess	C	N	C/N	spess	C	N	C/N
Anemone ranuncoloides									0.88**			
Aremonia agrimonioides					0.59**							
Brachypodium genuense	-1**	1**	-1*	1**	-1**	-1**	-1**	-1**				
Brachypodium sylvaticum				0.54**								
Cephalanthera longifolia				0.58*								
Chaerophyllum aureum		0.6**										
Corydalis cava								-0.27*				
Daphne laureola	-0.37*											
Fagus sylvatica			-0.22*									
Geranium robertianum			0.36*						0.41*	0.37*		
Ilex aquifolium								-0.58*				
Lathyrus venetus						-0.82**	-0.85**			-0.75*	-0.80*	-0.96**
Lathyrus vernus		-0.38*	0.4*	-0.43**								
Ligustrum vulgare									0.82**		0.62*	
Mycelis muralis	0.28*	-0.53**										
Ostrya carpinifolia	1**	-1**	-1**	1**	-1**	-1**	-1**	1**				
Primula vulgaris					-0.77**	-0.91**	-0.96**	-0.93**				
Pulmonaria apennina									0.99**	0.62*	0.64*	
Quercus cerris								-0.23**				
Rubus hirtus							0.57*					
Rubus idaeus								-0.54**				
Rubus ulmifolius	-0.85*											
Ruscus hypoglossum	1**	1**	-1**	1**	1**	-1**	-1**	1**	-1**	-1**	-1**	-1**
Sambucus nigra	-1**	1**	1**	-1**	1**	1**	1**	-1**				
Sanicula europaea	-1**		1**									
Scilla bifolia					0.5**							
Veratrum nigrum	1**	-1**	1**	1**								
Viola riviniana	0.98*		0.96*		-0.95**							

## **6.7 Spessori degli orizzonti umiferi, quantità di carbonio nel suolo e nelle forme di humus**

Sono stati analizzati gli spessori degli humus nelle diverse comunità e messi in relazione al contenuto di carbonio in humus e nel suolo (tabelle 6.7.1a, 6.7.1b e 6.7.2) ed è emerso quanto segue:

- PF pioniero e PFS sono le comunità che mostrano i maggiori spessori misurati tra le forme di humus, mentre BM ed AF (i boschi più termofili e di quote più basse) hanno gli spessori minori;
- il contenuto di carbonio misurato in humus nelle diverse comunità mostra valori molto vicini: da un minimo di 37,67% del PF tipico ad un massimo di 40,37% di AF;
- il contenuto di carbonio misurato nel suolo mostra differenze maggiori nelle diverse comunità; si possono individuare 3 gruppi:
  - AF con il contenuto minore;
  - PFA, PF tipico, BM, PF pioniero con valori intermedi;
  - PFE e PFS con i valori più alti;
  - il disturbo antropico potrebbe spiegare tali risultati:
  - AF è la comunità che ha subito il disturbo più recente;
  - PFA, PF tipico, BM e PF pioniero hanno subito un disturbo più antico;
  - PFE e PFS sono le faggete di quota che meno hanno risentito del disturbo antropico, ma al contrario risentono della loro posizione estrema (sono i boschi posti al limite altitudinale del loro areale di distribuzione).

**Tabella 6.7.1a** Media degli spessori (cm) e della quantità (%) di carbonio misurata negli orizzonti umiferi nelle comunità ordinati per i valori di spessore crescente

	spessore	media %C
<b>BM</b>	7,78	38,44
<b>AF</b>	7,86	40,37
<b>PF tipico</b>	8,05	37,67
<b>PFA</b>	8,27	39,33
<b>PFE</b>	9,35	38,54
<b>PF pioniero</b>	11,09	38,93
<b>PFS</b>	11,42	39,96

**Tabella 6.7.1b** Media degli spessori (cm) e della quantità (%) di carbonio misurata negli orizzonti umiferi nelle comunità ordinati per i valori di quantità di carbonio crescenti

	media %C	spessore
<b>PF tipico</b>	37,67	8,05
<b>BM</b>	38,44	7,78
<b>PFE</b>	38,54	9,35
<b>PF pioniero</b>	38,93	11,09
<b>PFA</b>	39,33	8,27
<b>PFS</b>	39,96	11,42
<b>AF</b>	40,37	7,86

**Tabella 6.7.2** Media della quantità (%) di carbonio misurata nel suolo misurata nelle comunità

	%C nel suolo
<b>AF</b>	2,69
<b>PFA</b>	4,05
<b>PF tipico</b>	5,53
<b>BM</b>	7,40
<b>PF pioniero</b>	8,68
<b>PFE</b>	10,50
<b>PFS</b>	12,17

Analizzando le tabelle 6.7.1a, 6.7.1b e 6.7.2 in dettaglio:

- i BM sono risultati essere la comunità che ha il minore spessore ed un basso contenuto in carbonio (secondi solo al PF tipico) negli humus, la carenza di carbonio negli humus viene in parte compensata dalla buona disponibilità in carbonio nel suolo; la bassa produttività di questa comunità è probabilmente dovuta alla tipologia di struttura forestale, prevalentemente fustaie mature e stramature;
- l'AF ha anche esso un basso spessore degli orizzonti umiferi, ma la più alta percentuale di carbonio in humus, tale dato compensa la bassissima quantità di carbonio misurata nei suoli; probabilmente l'elevato contenuto in carbonio può essere dovuto alle specie caratteristiche e dominanti quali *Taxus baccata* ed *Ilex aquifolium* che subiscono una decomposizione lenta; inoltre il carbonio nell'humus, percolando nel suolo sottostante, viene rapidamente utilizzato;
- il PF tipico ha un basso spessore ed il contenuto di carbonio in humus è il più basso misurato, compensato da un discreto contenuto di carbonio nel suolo; questa faggeta mostra un equilibrio tra produttività e consumo. Da notare che la fustaia è la struttura forestale prevalente, in particolare questa comunità ha il più alto numero di fustaie irregolari;
- PFA compensa la bassa percentuale di carbonio nel suolo con un elevato contenuto misurato in humus; tale dato potrebbe essere spiegato dall'ecologia di questa comunità che presenta bassi valori dell'indicatore di luce di Ellenberg: in faggete ombrose la decomposizione è più lenta;
- PFE ha un elevato contenuto di carbonio nel suolo, mentre ha valori intermedi sia di spessore che di carbonio misurato in humus;

- PF pioniero e PFS sono le due comunità con il maggior spessore dell'humus; PFS ha inoltre la maggior quantità di carbonio sia in humus che nel suolo; tali risultati sembrerebbero indicare queste comunità come le più produttive.

**Tabella 6.3.3** Risultati del test di correlazione di Pearson tra gli spessori delle forme di humus e la quantità di carbonio misurata sia nel suolo che in humus

	<b>media %C in humus</b>	<b>spessore humus</b>	<b>%C nel suolo</b>
<b>media %C in humus</b>	1,00		
<b>spessore humus</b>	0,25	1,00	
<b>%C nel suolo</b>	-0,10	<b>0,78**</b>	1,00

Infine dal test di correlazione di Pearson (Tabella 6.3.3) tra gli spessori delle forme di humus e la quantità di carbonio misurata sia nel suolo che in humus, è emersa una correlazione significativa (0,78\*\*) tra lo spessore degli humus e la quantità di carbonio nel suolo, sottolineando che maggiore è lo spessore e più troveremo carbonio negli orizzonti minerali del suolo.

## **6.8 Specie ed emerobia**

Una cospicua aliquota di specie più tipiche di faggeta o comunque più diffuse in ambiente forestale - *Fagus sylvatica*, *Lathyrus vernus*, *Rubus hirtus*, *Cyclamen hederifolium*, *Luzula pilosa*, *Cephalanthera longifolia*, *Ranunculus ficaria*, *Ilex aquifolium*, *Anemone nemorosa*, *Angelica sylvestris*, *Arisarum proboscideum*, *Geranium macrorrhizum*, *Ornithogalum pyrenaica*, *Tamus communis* - sono negativamente correlate con l'emerobia (Figura 6.7.1), mentre un altro gruppo di specie di habitat prativi o di margini - *Scilla bifolia*, *Ranunculus lanuginosus*, *Adenostyles australis*, *Digitalis micrantha*, *Chaerophyllum aureum*, *Arabis alpina*, *Lamium garganicum*, *Senecio fuchsii*, *Crocus napolitanus*, *Poa alpina*, *Trifolium montanum*, *Verbascum thapsus*, *Gentiana verna*, *Stachys alopecuroides*, *Tanacetum parthenium*, *Festuca heterophylla*, *Geranium robertianum*, *Mycelis muralis* e *Galium aparine* - sono correlate positivamente con l'emerobia. E' interessante la correlazione positiva con gli indicatori di L (luce), F (umidità del suolo) e K (continentalità) di Ellenberg.

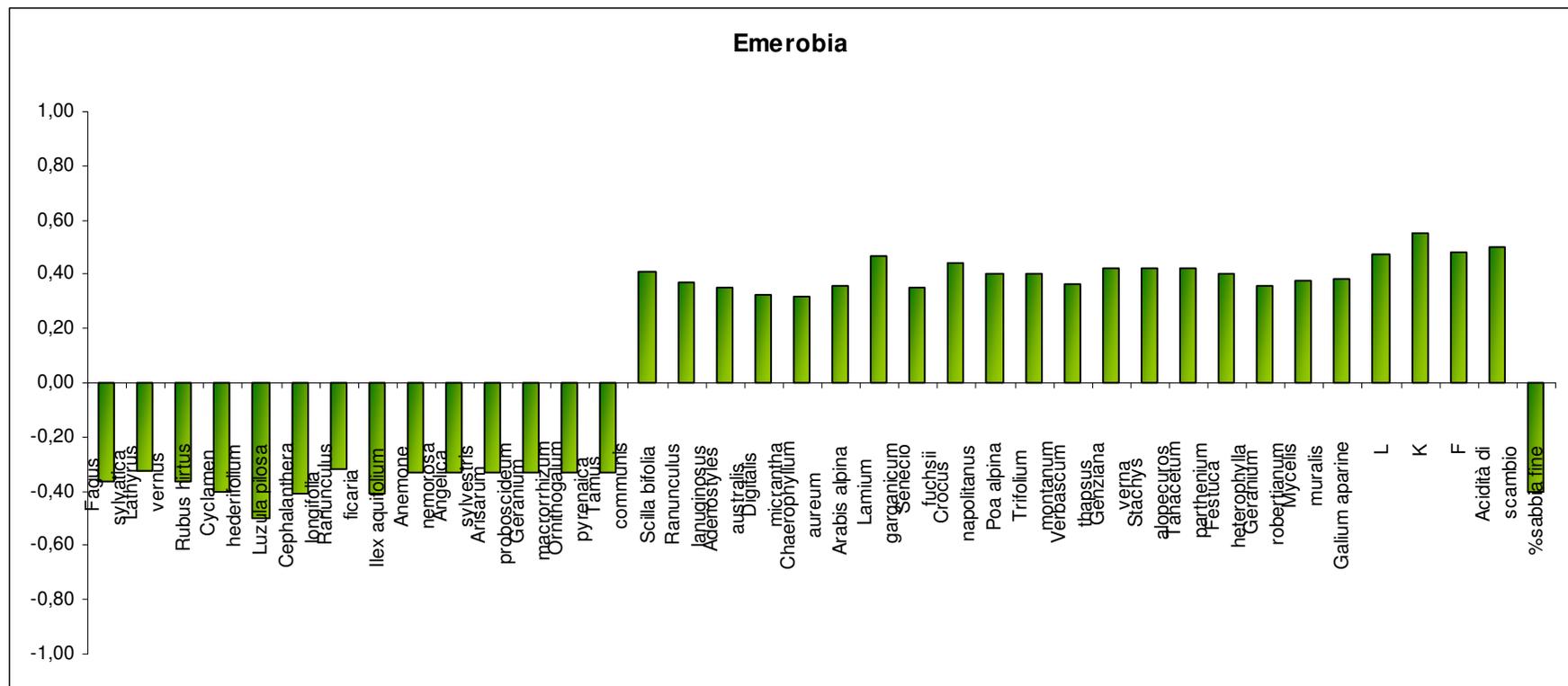


Figura 6.7.1. Correlazioni significative tra specie, indicatori, parametri del suolo vs Emerobia

## 7. CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA DEI BOSCHI

L'analisi fitosociologica ha permesso l'individuazione di differenti comunità e la loro classificazione sulla base delle differenze floristiche; l'analisi ecologica ha permesso di discriminare le comunità sulla base dei parametri edafici, stazionali e degli ecoindicatori: modello di Ellenberg, indice di emerobia (vedi Allegati).

In base ai risultati dell'analisi della varianza è stato possibile caratterizzare ecologicamente le comunità di seguito elencate.

- PFS: Fattori stazionali discriminanti: Quota, rocciosità  
Fattori ecologici discriminanti: T;  
Fattori edafici discriminanti: CaCO<sub>3</sub>, Carbonio organico, Azoto totale  
La faggeta a *Saxifraga rotundifolia* rappresenta una facies termofila, situata su suoli rocciosi, ricchi in CaCO<sub>3</sub>, Carbonio ed Azoto.
- AF: Fattori stazionali discriminanti: Quota  
Fattori ecologici discriminanti T, R, N, H;  
Fattori edafici discriminanti: pH.  
L'*Aquifolio-Fagetum* rappresenta una faggeta calda, a quote basse, non disturbata, su suoli saturi, acidi e ricchi in nutrienti.
- PF tipico: Fattori stazionali discriminanti: Quota  
Fattori ecologici discriminanti: T, N, F, R, K  
Fattori edafici discriminanti: C/N  
Il *Polysticho-Fagetum* tipico rappresenta una facies di quota, fresca, umida, continentale, su suoli desaturati, ricchi in nutrienti e con un elevato rapporto C/N.

- PFA: Fattori stazionali discriminanti: Quota  
Fattori ecologici discriminanti: L;  
Fattori edafici discriminanti:  $Mg^+$ ,  $CaCO_3$ ,  $Ca^{++}$   
La faggeta ad *Anemone ranuncoloides* rappresenta una facies di quote intermedie, ombrosa, su suoli poveri in  $Mg^+$ ,  $CaCO_3$ ,  $Ca^{++}$
- PFE: Fattori stazionali discriminanti: Quota  
Fattori ecologici discriminanti: T, K, F, N, H;  
Fattori edafici discriminanti:  $Mg^+$   
La faggeta ad *Epilobium montanum* rappresenta una facies di quote elevate, fresca, continentale, disturbata, su suoli umidi, ricchi di nutrienti e di magnesio.
- BM: Fattori stazionali discriminanti: Quota  
Fattori ecologici discriminanti: T, R  
Fattori edafici discriminanti:  $K^+$  (potassio)  
I Boschi misti rappresentano una comunità situata a quote basse, calda, su suoli saturi e ricchi in potassio.
- PF pioniero: Fattori stazionali discriminanti: Quota  
Fattori ecologici discriminanti: N  
Fattori edafici discriminanti:  $CaCO_3$   
Il *Polysticho-Fagetum* pioniero è una faggeta di quote intermedie, su suoli poveri di nutrienti e ricchi di  $CaCO_3$

## **8. CARATTERIZZAZIONE DELLA MESOFAUNA EDAFICA DELLE FAGGETE**

Gli organismi appartenenti alla mesofauna edafica svolgono un ruolo fondamentale nella decomposizione della sostanza organica e quindi nei flussi energetici dell'ecosistema. La diversificazione e l'abbondanza della mesofauna sono condizionate dalle caratteristiche fisico-chimiche del suolo e dagli effetti dell'azione antropica e possono fornire utili indicazioni per lo studio della biodiversità degli ambienti, anche in relazione alla definizione di corrette strategie di gestione.

Nell'ambito del progetto LIFE Natura 2004, è stata analizzata, in via preliminare, la composizione della mesofauna edafica.

Gli organismi animali presenti nei campioni di lettiera delle 8 stazioni prelevati mediante carotaggio tra maggio e giugno 2006, sono stati estratti con l'ausilio di imbuti Berlese.

In totale sono stati raccolti circa 11.750 organismi animali appartenenti a 21 taxa: Nematoda, Oligochaeta, Arachnida (6), Crustacea, Chilopoda, Diplopoda, Symphyla e Hexapoda (9). Complessivamente gli acari hanno rappresentato il 69,9 % degli esemplari, i collemboli il 27 %. Considerando il totale degli acari raccolti, gli oribatidi hanno rappresentato la quota prevalente in tutte le stazioni (dal 67,2% al 90,1%), mentre mesostigmata e actinedida non hanno mai superato il 20% del totale; gli acaridida invece sono risultati poco rappresentati raggiungendo al massimo il 3,6% del totale.

La diversificazione della componente arborea ( $P=0.02$ ) e l'altitudine delle stazioni indagate ( $P<0.01$ ) sono risultati fattori in grado di influenzare significativamente la densità dell'acarofauna. Il maggior numero di artropodi (13.474 esemplari/100cm<sup>2</sup>) è stato registrato nella stazione caratterizzata da un bosco misto di faggio, in cui è stato rilevato anche uno dei più elevati livelli di diversità (16 taxa). In generale si è registrata una correlazione negativa ( $P=0.021$ ) tra l'altitudine delle stazioni e la numerosità degli esemplari raccolti.

## 9. CONCLUSIONI 1

### **9.1 La risposta differenziata delle specie ai parametri del suolo**

Le specie delle faggete studiate mostrano risposte multifattoriali ai parametri del suolo e degli humus, evidenziando la multidimensionalità della nicchia: tra i molteplici fattori che la descrivono, si è visto che la distribuzione delle specie del sottobosco appare principalmente legata al ciclo del carbonio.

Le velocità relative con le quali carbonio ed azoto diminuiscono dipendono dalle caratteristiche del suolo e della sostanza organica in esso contenuta. Più il rapporto C/N è basso, più i processi di mineralizzazione, decomposizione ed alterazione della sostanza organica sono attivi. Nei suoli in cui predomina il processo di mineralizzazione (suoli biologicamente attivi e con sostanza organica facilmente degradabile) le perdite di carbonio risultano nettamente superiori rispetto a quelle di azoto e di conseguenza il rapporto C/N si abbassa considerevolmente, questi siti ospitano specie come *Mycelis muralis*, *Cardamine bulbifera*, *Galanthus nivalis*. Mano a mano che alla mineralizzazione si affianca l'umificazione, una parte del carbonio organico entra nella costituzione di nuove molecole (molecole umiche), una parte resta invece immobilizzata nei residui vegetali e animali. Quest'ultima porzione diventa maggioritaria nei suoli in cui la pedofauna e la microflora sono scarsamente attive e/o la sostanza organica è poco appetibile. In questo caso il rapporto C/N rimane elevato, tali siti ospitano specie come *Lathyrus vernus*, *Taxus baccata*, *Cephalanthera damasonium*, *Ilex aquifolium*.

I legami trovati tra specie, comunità e suolo suggeriscono l'esistenza di patterns di relazione ben strutturati che è stato possibile riconoscere e individuare. Per quanto riguarda l'humus (classificato seguendo il metodo Jabiol/Zanella) al contrario, non sembra esistere né a livello di specie né tanto meno a livello di comunità, un pattern definito. Le forme di Humus appaiono distribuite a random nei diversi tipi di bosco, non si osserva la prevalenza di una forma rispetto ad un'altra. Anche se a livello di specie emergono alcune correlazioni significative tra specie e parametri dell'humus, come il rapporto C/N e gli spessori degli

orizzonti, è difficile avanzare ipotesi coerenti di legami tra presenza e distribuzione delle specie e humus.

Questa discordanza tra comportamento del suolo e dell'humus può avere più di una spiegazione:

1. di carattere metodologico, riguarda la classificazione stessa degli humus, per la quale è stato seguito il metodo di Jabiol/Zanella adottato nelle faggete delle Alpi, l'unico metodo che poteva essere applicato in questo studio. Come già detto, in ambiente appenninico si tratta di un primo lavoro, di carattere pionieristico dunque, che potrebbe richiedere alcune variabili aggiuntive o modifiche o comunque adattamenti per il contesto appenninico ancora inesplorato per questo settore della ricerca pedologica.
2. di carattere "ecologico": l'assenza di un pattern ben definito tra specie/comunità e humus, che costituisce la memoria recente di un bosco (rispetto al suolo minerale che invece ne costituisce la memoria antica), potrebbe essere dovuta al disturbo che, come noto, è un parametro dell'ecosistema di grande rilevanza e di difficile misurazione.

Attraverso l'indice di emerobia è stato possibile stimare gli effetti del disturbo sulla vegetazione, ricorrendo ad una valutazione indiretta attraverso i cambiamenti nella composizione delle comunità: non studiamo direttamente il disturbo, bensì la risposta della vegetazione ad esso; in effetti, in alcuni studi comparativi è stato osservato che il disturbo destruttura la vegetazione creando spesso un'elevata eterogeneità spaziale (Fanelli & Testi, 2008).

Nelle faggete esaminate dell'alto Sangro, il disturbo storico dovuto a taglio e pascolo, sembra avere un'influenza più a livello di specie che di comunità: alcune specie di margine o di ambienti prativi o anche di boschi mediterranei decisamente più termofili delle faggete entrano nella composizione del sottobosco: è il caso del *Galium aparine* ad esempio, specie caratteristica di boschi e macchie sempreverdi in ambiente bioclimatico planiziale o al massimo collinare, che in questo contesto potrebbe essere considerata una specie "spia", indicatrice di un aumento di xerofilia ed eliofilia dovuti a tagli eccessivi effettuati con intervalli temporali troppo brevi nello stesso bosco.

A livello di comunità, però, il bosco mantiene un'omeostasi: il disturbo non ha ancora disarticolato i cicli dell'acqua e dei nutrienti; sembra infatti esistere una rete di relazioni tra parametri del suolo e gruppi di specie caratteristiche di associazione e/o silvofacies, piuttosto che singole relazioni, come invece si è osservato per gli humus.

In sintesi il suolo come sistema complesso sembra mantenere il suo carattere conservativo con un elevato grado di connettanza con la componente vegetale, anche se alcuni elementi del sistema cambiano ruolo e posizione spaziale (interpretabili come cambiamenti di nicchia e di habitat per alcune specie). La porzione più superficiale del suolo, rappresentata dagli orizzonti dell'episolum invece, si presenta piuttosto disarticolata.

Dall'ipotesi avanzata sorgono due domande:

1. Fino a che punto l'ecosistema riesce a mantenere i suoi meccanismi di autoregolazione?
2. E'possibile prevedere ed eventualmente prevenire tramite adeguati sistemi di monitoraggio e gestione il suo decadimento?

Evidentemente è difficile rispondere in modo esaustivo a tali questioni in cui gli aspetti locali si intrecciano a problematiche di carattere più generale; tuttavia i risultati di questo lavoro sono promettenti: suggeriscono direzioni delle ricerche, individuazione e utilizzo di parametri discriminanti e adozione sia di metodi tradizionalmente consolidati che innovativi.

## **9.2. Diversità funzionale**

L'apparente omogeneità floristico-strutturale delle faggete dei SIC dell'Alto Sangro nasconde in realtà una notevole differenziazione ecologica che è stata messa in evidenza attraverso una serie di parametri prevalentemente legati al suolo.

La risposta diversificata delle specie ai parametri del suolo suggerisce l'esistenza di un modello di distribuzione in base al quale le specie si comportano come "un insieme di unità funzionali", in grado di fornire indicazioni anche puntuali per la gestione. A questo proposito va sottolineato che in queste faggete, al limite del loro optimum ecologico, caratterizzate da una marcata povertà floristica di alcune parcelle, anche le misure gestionali sostenibili adottate, che in altri contesti geografici risultano funzionali alla conservazione della biodiversità, in quest'area possono produrre impatti imprevisti e interventi antichi, risalenti a

50 anni fa, possono ancora oggi avere effetti. In questo contesto, l'individuazione di ecoindicatori sensibili che funzionino a livello di micro-scala, si rivelano particolarmente utili per calibrare e selezionare interventi selvicolturali che possano indirizzare l'ecosistema verso processi di rinaturalizzazione.

### **9.3 Specie target**

In base alle relazioni trovate tra specie e fattori ambientali sono stati identificati gruppi di specie indicatrici dello stato ecologico delle comunità, delle loro potenzialità e dei possibili rischi. Un gruppo di specie del sottobosco risulta legata prevalentemente al ciclo dei nutrienti:

- *Cephalanthera damasonium* e *Saxifraga rotundifolia*: suoli con un elevato pH;
- *Lathyrus vernus*, *Cephalanthera damasonium*, *Allium ursinum*, *Taxus baccata*, *Ilex aquifolium*: suoli con un elevato rapporto C/N;
- *Lathyrus vernus* e *Cephalanthera damasonium*: suoli con bassa Acidità di scambio;
- *Daphne laureola* e *Cephalanthera damasonium*: suoli con una elevata saturazione in basi;
- *Hepatica nobilis*, dominante in AF e caratteristica di PF pioniero: suoli con basso contenuto di Carbonio nell'orizzonte OL dell'humus;
- *Paris quadrifolia*, caratteristica di PF tipico e di PFA: suoli ad elevato contenuto di sodio.

Tali specie, legate presumibilmente ad aspetti più maturi del bosco, costituiscono ottimi bioindicatori di naturalità; infatti nonostante la gestione selvicolturale abbia inciso per molti decenni su questi boschi, essi mantengono caratteristiche micro-mesoclimatiche tipiche e potenzialità di semi nella lettiera che consentono lo sviluppo di una composizione floristica tipica di boschi umidi. Un incremento della copertura delle specie menzionate sta ad indicare un processo di rinaturalizzazione dell'ecosistema.

Al contrario, dove queste specie mancano e sono presenti:

- *Cyclamen hederifolium*, *Acer obtusatum*, *Laburnum anagyroides*, *Pinus nigra*, *Vicia grandiflora* e *Fraxinus ornus*, legate a suoli con un elevato contenuto in  $\text{CaCO}_3$ ,
- *Verbascum longifolium*, *Trifolium montanum*, *Poa alpina*, *Digitalis micrantha*, legate a suoli con una bassa saturazione in basi ed un'elevata Acidità di scambio

i boschi presentano aspetti più diradati su suoli renziniformi. Alcune di queste specie sono caratteristiche dell'associazione *Digitalidi-Fagetum* Feoli & Lagonegro 1982; ci si attende una loro diminuzione con il procedere della rinaturalizzazione/maturità del bosco; in tali siti sarebbe per tale motivo consigliabile ridurre o eliminare del tutto i tagli.

#### **9.4. Parametri discriminanti**

I parametri discriminanti individuati possono essere distinti in due tipologie:

1. parametri di carattere generale:

- rapporto C/N misurato nel suolo discriminante sia per le specie che per le comunità;
- Carbonio organico misurato nel suolo discriminante per le comunità;
- Emerobia discriminante per le specie;
- Acidità di scambio misurato nel suolo discriminante per le specie;

2. parametri di carattere locale, prevalentemente legati agli aspetti geomorfologici e geologici dell'area di studio:

- Potassio ( $K^+$ ) misurato nel suolo discriminante sia per le specie che per le comunità;
- Carbonato di calcio ( $CaCO_3$ ) misurato nel suolo discriminante sia per le specie che per le comunità;

#### **9.5. Componente fitogeografica e Humus**

L'analisi tradizionale basata sui corotipi associata ai parametri degli orizzonti dell'humus fornisce alcune interessanti evidenze che contribuiscono a spiegare la eterogeneità e complessità dell'ecosistema indagato. Esiste infatti una ripartizione fitogeografica a livello di microscala:

- Le specie Settentrionali risultano correlate allo spessore dell'orizzonte OL.
- Le specie Orofite risultano correlate alla quantità di carbonio e di azoto presenti nell'orizzonte OH.

## 10. CONCLUSIONI 2

L'ampio set di dati raccolti e le relative elaborazioni hanno fornito anche risultati non inquadrabili negli scopi prefissati, ma che tuttavia meritano di essere menzionati in quanto portatori di informazioni che possano avere sviluppi di carattere metodologico di grande interesse. Si riportano di seguito:

- L'indicatore di pH ( R) non si correla al pH misurato nel suolo, ma ai nutrienti (Carbonio ed Azoto), pertanto risulterebbe un indicatore di fertilità del suolo, confermando i risultati di alcune ricerche (Schaffers & Sykora, 2000).
- L'Acidità di scambio si correla all' indicatore di continentalità e all'indice di emerobia, ne risulta una possibile interessante investigazione sull'uso di un parametro edafico misurabile quale indicatore di disturbo.
- Il magnesio misurato nel suolo si correla all'indicatore dei nutrienti (N), mentre il potassio si correla con l'indicatore di temperatura (T) e con l'indicatore di pH (R).

Emerge dunque che il modello di Ellenberg, nonostante rappresenti un sistema abbastanza sperimentato e sufficientemente consolidato, suggerisce l'esistenza di ulteriori potenzialità meritevoli di approfondimento.

In sintesi, attraverso l'analisi ecologica incentrata sui rapporti specie/suolo/humus, è stata data una risposta agli obiettivi prefissi, individuando alcuni fattori discriminanti che sembrano comportarsi da buoni indicatori dello stato di conservazione della foresta a *Fagus* nei SIC studiati. Sembra dunque che l'utilizzazione di indicatori ecologici permetta di superare il classico approccio basato sull'elencazione delle specie e sulla descrizione statica degli habitat, per altro superata anche dalle direttive europee.

Questi indicatori del suolo sono utilizzabili quali strumenti per validare gli interventi di selvicoltura sistemica suggerendo di incentivare e focalizzare gli studi verso un approccio ecologico alla selvicoltura sistemica, basata sull'impiego di ecoindicatori riassuntivi dei diversi parametri misurati, sia biotici che ambientali.

## 11. SVILUPPI FUTURI

Questo studio apre una serie di possibilità di ricerca sia teorica che applicativa:

- 1) l'individuazione di differenziazioni non facilmente riconoscibili a un primo esame nella composizione della flora erbacea, e la dimostrazione della loro correlazione con alcuni fattori edafici, può permettere di elaborare un inventario funzionale, anche cartografico, delle singole parcelle. Osservando la presenza di determinate specie erbacee, si può stabilire quali siano le caratteristiche pedologiche attese (più probabili);
- 2) è possibile impostare studi per verificare se nella distribuzione delle specie erbacee, per esempio delle *Orchidaceae*, non siano presenti limitazioni nella dispersione, o se invece la variabilità nella distribuzione delle specie non sia dovuta interamente ai fattori dell'habitat.

## **Ringraziamenti**

*Ringrazio la Dott.ssa G. Dowgiallo per avermi ospitato nel laboratorio di pedologia del Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università di Roma La Sapienza; un ringraziamento particolare alla Dott.ssa. A. Testi per la sua amicizia e per la disponibilità con cui mi ha seguita e consigliata nella realizzazione di questo lavoro.*

# **ALLEGATI**

## BOSCO MISTO TERMOFILO DI QUOTE BASSE: (BM)

**Specie diagnostiche:** *Rubus idaeus*, *Quercus cerris*, *Arum italicum*, *Lonicera caprifolium*, *Ligustrum vulgare*, *Cyclamen repandum*, *Acer campestre*, *Euonymus europaeus*, *Oenanthe pimpinelloides*, *Viola riviniana*, *Cyclamen hederifolium*, *Carpinus betulus*, *Anemone apennina*, *Melica uniflora*, *Rosa sempervirens*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*.

**Specie esclusive:** *Ligustrum vulgare*, *Primula vulgaris*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus oxyacantha*, *Glechoma hederacea*, *Tamus communis*, *Arisarum proboscideum*, *Eranthis hyemalis*, *Tilia cordata*, *Aegopodium podagraria*, *Agrostis stolonifera*, *Angelica sylvestris*, *Cardamine hirsuta*, *Geranium macrorrhizum*, *Ornithogalum pyramidale*, *Oxalis acetosella*, *Potentilla reptans*, *Pteridium aquilinum*, *Ptilostemum strictus*, *Rubia peregrina*, *Ruscus aculeatus*, *Salix caprea*, *Sorbus torminalis*.

**Specie dominanti:** *Rubus idaeus*, *Quercus cerris*, *Arum italicum*, *Lonicera caprifolium*, *Ligustrum vulgare*, *Cyclamen repandum*, *Euonymus europaeus*, *Rubus hirtus*, *Euphorbia amygdaloides*, *Pulmonaria apennina*, *Polygonatum multiflorum*, *Galanthus nivalis*, *Daphne laureola*, *Hedera helix*

**Specie compagne:** *Rosa arvensis*, *Ajuga reptans*, *Malus sylvestris*

**Numero rilievi:** 17

**Numero medio specie/rilievo:** 23

**Quota:** 936-1259 m.s.l.m.

**Pendenza:** 19°

**Esposizione:** 3°N-359°N

**Rocciosità:** 0-30%

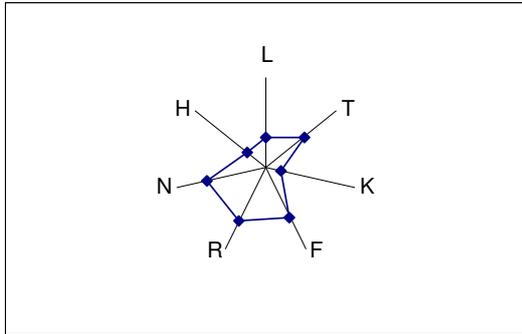


### Rilievi e relativa struttura forestale

7,7	7,9	7,6	7,3	7,2	7,1	7,14	7,13	7,8
M.di Mezzo	M.di Mezzo	M.di Mezzo	M.di Mezzo	M.di Mezzo	M.di Mezzo	M.di Mezzo	M.di Mezzo	M.di Mezzo
Fustaia coetanea giovane	Ceduo matricinato giovane	Fustaia coetanea matura	Ceduo matricinato giovane	Fustaia coetanea stramatura				

2,6	2,5	7,5	7,4	2,4	2,2	2,3	2,1
M.Pagano e Feudozzo	M.Pagano e Feudozzo	M.di Mezzo	M.di Mezzo	M.Pagano e Feudozzo	M.Pagano e Feudozzo	M.Pagano e Feudozzo	M.Pagano e Feudozzo
Fustaia coetanea giovane di cerro	Ceduo matricinato invecchiato	Fustaia coetanea matura	Fustaia coetanea giovane	Fustaia coetanea giovane	Fustaia coetanea matura	Fustaia coetanea matura	Fustaia coetanea matura

### Ecogramma (costruito sugli indici di Ellenberg)



L	3,3
T	5,4
K	1,6
F	6,1
R	6,7
N	6,8
H	2,5

**Dati stazionali discriminanti:** Quota  
**Fattori ecologici discriminanti:** T, R  
**Fattori edafici discriminanti:** K<sup>+</sup>  
**Forma di humus più frequente:** Eumoder

Bosco misto di faggio e cerro termofilo su suoli saturi e ricchi di potassio

### Specie indicatrici di disturbo

*Galium aparine*

### Specie legate all'humus

*Acer campestre*, *Cardamine bulbifera*, *Carpinus betulus*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus oxyacantha*, *Daphne laureola*, *Euphorbia amygdaloides*, *Ligustrum vulgare*, *Polygonatum multiflorum*, *Primula vulgaris*, *Quercus cerris*, *Pulmonaria apennina*, *Rubus hirtus*, *Rubus idaeus*

### Specie legate ai parametri del suolo

- *Cardamine bulbifera*: Acidità di scambio, C/N (-)
- *Crataegus oxyacantha*: Ca<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>
- *Daphne laureola*: Saturazione in basi
- *Hedera helix*: Sabbia fine
- *Primula vulgaris*: Limo (-), K<sup>+</sup>
- *Rosa sempervirens*: Mg<sup>++</sup>, C/N, K<sup>+</sup>
- *Cyclamen hederifolium*,: CaCO<sub>3</sub>
- *Galanthus nivalis*: C/N (-)
- *Ornithogalum pyramidale*: Sabbia grossa
- *Acer campestre*, *Ajuga reptans*, *Arum italicum*, *Corylus avellana*, *Crataegus oxyacantha*, *Euonymus europaea*, *Euphorbia amygdaloides*, *Glechoma hederacea*, *Ligustrum vulgare*, *Malus sylvestris*, *Oxalis acetosella*, *Quercus cerris*, *Rosa arvensis*, *Rubia peregrina*: K<sup>+</sup>

**Specie spia:** *Galium aparine*

### Microclima:

ΔT° aria: -0.8; Δ U% : -1.1; ΔT° suolo: +0.1

**FAGGETA TERMOFILA DI BASSA QUOTA: *Aquifolio-Fagetum* (AF)**



**Specie diagnostiche:** *Lathyrus vernus*, *Ilex aquifolium*, *Taxus baccata*, *Mercurialis perennis*, *Cardamine celidonia*, *Daphne mezereum*

**Specie esclusive:** *Lonicera alpigena*, *Carex sylvatica*, *Phyllitis scolopendrium*

**Specie dominanti:** *Mycelis muralis*, *Galium odoratum*, *Polystichum aculeatum*, *Lathyrus vernus*, *Rubus hirtus*, *Ilex aquifolium*, *Luzula pilosa*, *Taxus baccata*, *Daphne laureola*, *Hedera helix*, *Cyclamen hederifolium*, *Aremonia agrimonoides*, *Cephalanthera longifolia*, *Cardamine bulbifera*

**Specie compagne:** *Carpinus betulus*

**Specie protette dalla Direttiva Habitat:** *Taxus baccata*

**Numero rilievi:** 9

**Numero medio specie/rilievo:** 26

**Quota:** 985-1714 m.s.l.m.

**Pendenza:** 20°

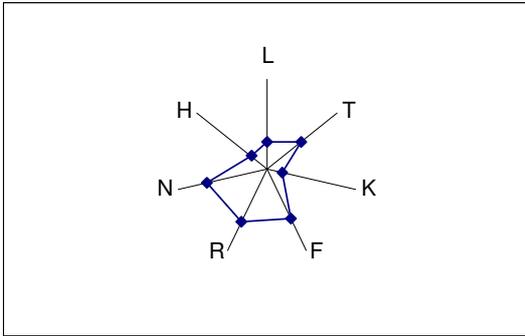
**Esposizione:** 14°N-352°N

**Rocciosità:** 0-30%

**Rilievi e relativa struttura forestale**

X	7,15	7,11	7,17	7,12	7,10	1,14	1,13	3,13
Tasseta Pescasseroli	M.di Mezzo	M.di Mezzo	M.di Mezzo	M.di Mezzo	M.di Mezzo	M. Genzana	M. Genzana	Chiarano- Sparvera
Fustaia coetanea matura	Fustaia coetanea matura	Fustaia coetanea matura	Fustaia coetanea matura	Fustaia coetanea matura	Fustaia coetanea giovane	Ceduo matricinato invecchiato	Fustaia coetanea giovane	Fustaia coetanea adulta

**Ecogramma** (costruito sugli indici di Ellenberg)



L	3,0
T	4,8
K	1,6
F	6,1
R	6,5
N	6,8
H	2,2

**Fattori stazionali discriminanti:** Quota

**Fattori ecologici discriminanti:** T,R,N, H

**Fattori edafici discriminanti:** pH

**Forma di humus più frequente:** Hemimoder/Dysmull

Bosco termofilo, di quote basse, non disturbato, su suoli saturi, acidi e ricchi in nutrienti

**Specie indicatrici di disturbo**

*Mycelis muralis*, *Galium aparine*

**Specie legate all'humus**

*Aremonia agrimonioides*, *Cardamine bulbifera*, *Carpinus betulus*, *Cephalanthera longifolia*, *Daphne laureola*, *Ilex aquifolium*, *Lathyrus vernus*, *Mycelis muralis*, *Rubus hirtus*.

**Specie legate al suolo**

- *Aremonia agrimonioides*: Na<sup>+</sup> (-)
- *Cardamine bulbifera*: Acidità di scambio, C/N (-)
- *Cardamine chelidonia*: AWC
- *Cyclamen hederifolium*: CaCO<sub>3</sub>
- *Daphne laureola*: Saturazione in basi
- *Ilex aquifolium*: C/N, AWC, Sabbia fine, Na<sup>+</sup>
- *Lathyrus vernus*: C/N, Na, Acidità di scambio (-)
- *Luzula pilosa*: Sabbia fine, Sabbia media, Saturazione in basi (-)
- *Taxus baccata* : C/N, Na
- *Mycelis muralis*: C/N (-)
- *Lonicera alpigena*, *Phyllitis scolopendrium*: Azoto totale

**Specie spia:** *Galium aparine*

**Microclima:**

$\Delta T^\circ$  aria: -0.8;  $\Delta U\%$ : -1.1;  $\Delta T^\circ$  suolo: +0.1

**FAGGETA PIONIERA DI QUOTE BASSE: *Polysticho-Fagetum pioniero a Laburnum anagyroides* (PF pioniero)**

**Specie diagnostiche:** *Vicia grandiflora*, *Laburnum anagyroides*, *Orthilia secunda*, *Dryopteris felix-ma*, *Daphne mezereum*

**Specie esclusive:** *Pinus nigra*, *Festuca gigantea*, *Hieracium racemosum*, *Acer lobelii*, *Acer neapolitanus*, *Anthriscus sylvestris*, *Arabidopsis thaliana*, *Allium pendulinum*, *Bromus erectus*, *Calamintha selvetica*, *Carex humilis*, *Carex macrolepis*, *Chamaecytisus spinescens*, *Clinopodium vulgare*, *Cotoneaster nebrodensis*, *Gymnaedia conopsea*, *Cytisus scoparius*, *Euphorbia cyparissias*, *Poa nemoralis*, *Scutellaria columnae*, *Melittis melissophyllum*, *Silene italica*, *Silene vulgaris*, *Solidago virgaurea*, *Teucrium siculum*

**Specie dominanti:** *Laburnum anagyroides*, *Cephalanthera damasonium*, *Hepatica nobilis*, *Brachypodium sylvaticum*, *Digitalis micrantha*, *Orthilia secunda*, *Galium album*, *Luzula sylvatica*, *Hieracium sylvaticum*

**Specie compagne:** *Juniperus communis*

**Numero rilievi:** 17

**Numero medio specie/rilievo:** 17

**Quota:** 1049-1599 m.s.l.m.

**Pendenza:** 32°

**Esposizione:** 25°N-348°N

**Rocciosità:** 0-60%



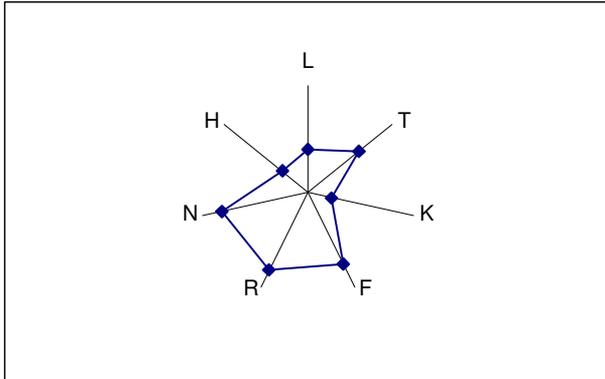
**Rilievi e relativa struttura forestale**

3.7	3.8	5.7	5.10	5.11	5.12
Chiarano-Sparvera	Chiarano-Sparvera	M. Genzana	M. Greco	M. Greco	M. Greco
Fustaia coetanea giovane con novellame	Fustaia coetanea adulta	Fustaia coetanea giovane	Ceduo matricinato maturo	Ceduo matricinato giovane	Ceduo matricinato giovane

1.10	1.8	1.17	1.9	1.7	6.9
M. Genzana	M. Genzana	M. Genzana	M. Genzana	M. Genzana	M. Greco
Ceduo matricinato adulto	Fustaia coetanea giovane	Ceduo matricinato invecchiato	Fustaia coetanea giovane	Ceduo matricinato invecchiato	Ceduo matricinato invecchiato

6.7	4.1	T1	T2	T3
M. Greco	Pantano-Fucicchia	Alfedena	Alfedena	Alfedena
Ceduo matricinato invecchiato	Fustaia coetanea giovane	Fustaia coetanea adulta	Fustaia coetanea adulta	Fustaia coetanea adulta

**Ecogramma** (costruito sugli indici di Ellenberg)



L	3,2
T	4,7
K	1,7
F	6,0
R	6,5
N	6,6
H	2,4

**Fattori stazionali discriminanti:** Quota

**Fattori ecologici discriminanti:** N

**Forma di humus più frequente:** Amphimull spesso.

**Fattori edafici discriminanti:** CaCO<sub>3</sub>

Bosco pioniero, di basse quote, su suoli poveri in nutrienti e ricchi in carbonato di calcio

**Specie indicatrici di disturbo**

*Digitalis micrantha*, *Galium aparine*

**Specie legate all'humus**

*Hepatica nobilis*, *Brachypodium sylvaticum*, *Juniperus communis*, *Laburnum anagyroides*, *Luzula sylvatica*, *Pinus nigra*

**Specie legate ai parametri del suolo**

- *Cephalanthera damasonium*: Mg<sup>++</sup> (-), Acidità di scambio (-), pH, Saturazione in basi, C/N
- *Dryopteris felix-mas*: AWC
- *Laburnum anagyroides*, *Vicia grandiflora*: Sabbia media, CaCO<sub>3</sub>
- *Digitalis micrantha*: Acidità di scambio
- *Pinus nigra*,: CaCO<sub>3</sub>
- *Clinopodium vulgare*, *Scutellaria columnae*,: Na<sup>+</sup>
- *Anthriscus sylvestris*, *Silene italica*, *Vicia grandiflora*: Sabbia grossa

**Specie spia:** *Galium aparine*

**Microclima:**

ΔT° aria: -1.9; Δ U% : +10; ΔT° suolo: -1.0

**FAGGETA TERMOFILO: *Polysticho-Fagetum a Saxifraga rotundifolia* (PFS)**



**Specie diagnostiche:** *Mycelis muralis*, *Corydalis cava*, *Galium odoratum*, *Millium effusum*, *Saxifraga rotundifolia*, *Doronicum columnae*, *Acer obtusatum*, *Sedum rupestre*

**Specie esclusive:** *Hieracium lachenalii*, *Sesleria autumnalis*, *Lathyrus pratensis*, *Aristolochia rotundifolia*, *Stachys allopecurus*, *Vicia incana*, *Tanacetum partenium*, *Torilis nodosa*, *Arabis glabra*.

**Specie dominanti:** *Saxifraga rotundifolia*, *Adiantum capillus-veneris*, *Lamium garganicum*, *Trifolium montanum*, *Acer obtusatum*, *Festuca heterophylla*, *Mycelis muralis*, *Corydalis cava*, *Galium odoratum*, *Millium effusum*, *Lathyrus vernus*.

**Specie compagne:** *Juniperus communis*, *Carpinus betulus*, *Sorbus aria*, *Malus sylvestris*, *Crataegus oxyacantha*.

**Numero rilievi:** 6

**Numero medio specie/rilievo:** 29

**Quota:** 1172-1988 m.s.l.m.

**Pendenza:** 28°

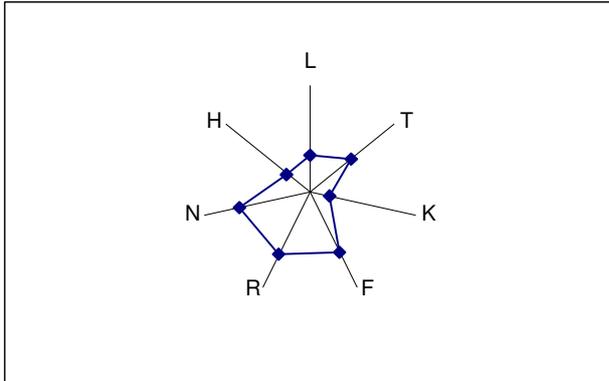
**Esposizione:** 022°N-323°N

**Rocciosità:** 2-60%

**Rilievi e relativa struttura forestale**

3.17	3.16	3.6	4.2	6.4	6.8
Chiarano-Sparvera	Chiarano-Sparvera	Chiarano-Sparvera	Pantano-Fucicchia	M. Greco	M. Greco
Ceduo matricinato giovane	Ceduo matricinato giovane	Fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali: stravecchie e medie	Ceduo matricinato giovane	Ceduo matricinato invecchiato	Ceduo matricinato invecchiato

### Ecogramma (costruito sugli indici di Ellenberg)



L	3,4
T	4,9
K	1,8
F	6,2
R	6,6
N	6,7
H	2,8

**Fattori stazionali discriminanti:** Rocciosità

**Fattori ecologici discriminanti:** T

**Fattori edafici discriminanti:** CaCO<sub>3</sub>, Carbonio organico, Azoto totale

**Forma di humus più frequente:** Amphimull spesso.

Bosco termofilo, su suoli rocciosi, ricchi in carbonato di calcio, carbonio e azoto.

### Specie indicatrici di disturbo

*Poa alpina*, *Trifolium montanum*, *Verbascum thapsus*, *Gentiana verna*, *Lamium garganicum*, *Crocus neapolitanus*, *Mycelis muralis*, *Festuca heterophylla*, *Ranunculus lanuginosus*, *Galium aparine*, *Vicia cracca*

### Specie legate all'humus

*Corydalis cava*, *Mycelis muralis*, *Cardamine bulbifera*, *Aremonia agrimonioides*, *Lathyrus vernus*, *Juniperus communis*

### Specie legate ai parametri del suolo

- *Saxifraga rotundifolia* : AWC (-)
- *Lathyrus vernus*: C/N, Na<sup>+</sup>
- *Corydalis cava*: Mg<sup>++</sup>
- *Ranunculus lanuginosus*: Acidità di scambio
- *Millium effusum*: Carbonio organico
- *Juniperus communis*: C/N,
- *Adiantum capillus-veneris*: Azoto totale
- *Acer obtusatum* : CaCO<sub>3</sub>

**Specie spia:** *Galium aparine*

### Microclima:

ΔT° aria: -1.3; Δ U%: +2.2; ΔT° suolo: -1.0

## FAGGETA UMIDA E CONTINENTALE: *Polysticho-Fagetum tipico* (PF tipico)

**Specie diagnostiche:** *Mycelis muralis*, *Corydalis cava*, *Galium odoratum*, *Ranunculus lanuginosus*, *Millium effusum*, *Senecio nemorensis*, *Senecio fuchsii*, *Adenostyles australis*, *Paris quadrifolia*, *Taxus baccata*.

**Specie esclusive:** *Prenanthes purpurea*, *Gagea lutea*, *Ribes nigrum*, *Scolopendrium officinale*, *Aquilegia vulgaris*

**Specie dominanti:** *Mycelis muralis*, *Corydalis cava*, *Galium odoratum*, *Ranunculus lanuginosus*, *Senecio nemorensis*, *Senecio fuchsii*, *Paris quadrifolia*, *Adenostyles australis*, *Chaerophyllum aureum*, *Cardamine bulbifera*, *Cardamine enneaphyllos*.

**Specie protetta dalla Direttiva Habitat:** *Taxus baccata*

**Numero rilievi:** 24

**Numero medio specie/rilievo:** 17

**Quota:** 1409-1875 m.s.l.m.

**Pendenza:** 27°

**Esposizione:** 0°N-355°N

**Rocciosità:** 0-35%



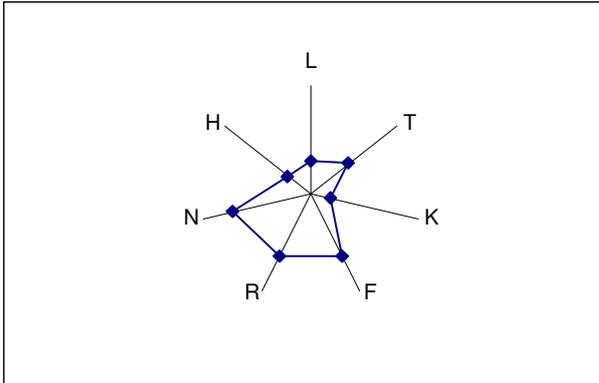
### Rilievi e relativa struttura forestale

7.18	4.5	4.4	1.16	1.15	1.4	5.8	5.5
M. di Mezzo	Pantano-Fucicchia	Pantano-Fucicchia	M. Genzana	M. Genzana	M. Genzana	M. Godi	M. Godi
fustaia coetanea in rinovazione, biplana per la presenza continua di una giovane perticaia	fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali: medie e giovani	fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali: medie e giovani	ceduo matricinato maturo	ceduo matricinato maturo	fustaia coetanea adulta	ceduo matricinato invecchiato	fustaia coetanea in rinovazione, biplana per la presenza continua di una spessina

5.16	5.13	5.9	3.11	3.18	3.5	3.14	3.4
M. Godi	M. Godi	M. Godi	Chiarano-Sparvera	Chiarano-Sparvera	Chiarano-Sparvera	Chiarano-Sparvera	Chiarano-Sparvera
fustaia coetanea giovane	fustaia coetanea matura	fustaia coetanea matura	fustaia coetanea adulta	fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali: stravecchie e medie	fustaia coetanea giovane	ceduo matricinato giovane	ceduo matricinato giovane

3.10	3.9	3.3	6.2	6.10	6.12	6.1	6.11
Chiarano-Sparvera	Chiarano-Sparvera	Chiarano-Sparvera	M. Greco	M. Greco	M. Greco	M. Greco	M. Greco
fustaia coetanea matura	fustaia coetanea giovane	fustaia coetanea matura	fustaia coetanea matura	fustaia coetanea matura	fustaia coetanea giovane	fustaia coetanea giovane	fustaia coetanea adulta

**Ecogramma** (costruito sugli indici di Ellenberg)



L	3,1
T	4,5
K	1,9
F	6,4
R	6,3
N	7,2
H	2,7

**Fattori stazionali discriminanti:** Quota

**Fattori ecologici discriminanti:** T, K, F, R, N

**Fattori edafici discriminanti:** C/N

**Forma di humus più frequente:** Amphimull spesso ed Hemimoder.

Bosco continentale, di quota, fresco, umido, su suoli desaturati, ricchi in nutrienti e con un elevato rapporto C/N

**Specie indicatrici di disturbo**

*Mycelis muralis, Festuca heterophylla, Galium aparine, Ranunculus lanuginosus*

**Specie legate all'humus**

*Corydalis cava, Mycelis muralis, Cardamine bulbifera, Aremonia agrimonioides, Chaerophyllum aureum, Lathyrus vernus*

**Specie legate ai parametri del suolo**

- *Corydalis cava*: Mg<sup>++</sup>
- *Ranunculus lanuginosus, Cardamine bulbifera*: Acidità di scambio
- *Millium effusum*: Carbonio organico
- *Lathyrus vernus, Taxus baccata*: C/N, Na<sup>+</sup>
- *Ribes nigrum, Allium ursinum*: C/N, Mg<sup>++</sup>
- *Prenanthes purpurea, Paris quadrifolia*: Na<sup>+</sup>

**Specie spia:** *Galium aparine*

**Microclima:**

ΔT° aria: -2.1; Δ U%: +9.2; ΔT° suolo: -2.0

**FAGGETA DI QUOTA, FRESCA E UMIDA: *Polysticho-Fagetum ad Epilobium montanum* (PFE)**



**Specie diagnostiche:** *Corydalis cava*, *Mycelis muralis*, *Galium odoratum*, *Polystichum aculeatum*

**Specie esclusive:** *Rhamnus alpinus*

**Specie dominanti:** *Corydalis cava*, *Mycelis muralis*, *Galium odoratum*, *Myosotis selvetica*, *Epilobium montanum*, *Sanicula europea*, *Ranunculus lanuginosus*, *Chaerophyllum aureum*

**Numero rilievi:** 12

**Numero medio specie/rilievo:** 25

**Quota:** 1419 -1969 m.s.l.m.

**Pendenza:** 22.4°

**Esposizione:** 28°N-356°N

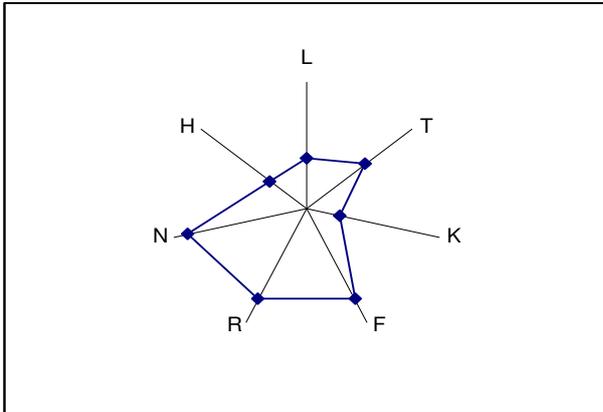
**Rocciosità:** 0-30%

**Rilievi e relativa struttura forestale**

6.6	6.5	5.17	5.15	5.4	5.14
M. Greco	M. Greco	M. Godi	M. Godi	M. Godi	M. Godi
ceduo matricinato invecchiato	ceduo matricinato invecchiato	ceduo matricinato maturo	fustaia coetanea in rinovazione, biplana per la presenza continua di una giovane perticaia	fustaia coetanea in rinovazione, biplana per la presenza continua di una giovane perticaia	ceduo matricinato giovane

5.6	7.16	3.15	3.1	1.11	1.2
M. Godi	M. di Mezzo	Chiarano-Sparvera	Chiarano-Sparvera	M. Genzana	M. Genzana
fustaia coetanea articolata	fustaia coetanea in rinovazione, biplana per la presenza continua di una giovane perticaia	fustaia coetanea matura	fustaia coetanea matura	fustaia coetanea adulta	ceduo matricinato adulto

**Ecogramma** (costruito sugli indici di Ellenberg)



L	3,2
T	4,5
K	1,9
F	6,4
R	6,3
N	7,2
H	2,8

**Fattori stazionali discriminanti:** Quota

**Fattori ecologici discriminanti:** T, K, F, N, H

**Fattori edafici discriminanti:** Mg<sup>++</sup>

**Forma di humus più frequente:** Amphimull spesso

Bosco fresco, continentale, di quota, disturbato, su suoli umidi, ricchi di nutrienti e di magnesio.

**Specie indicatrici di disturbo**

*Ranunculus lanuginosus*, *Mycelis muralis*, *Galium aparine*

**Specie legate all'humus**

*Corydalis cava*, *Mycelis muralis*, *Sanicula europaea* (vedi tabella humus correlazioni)

**Specie legate ai parametri del suolo**

- *Rhamnus alpinus*: carbonio ed azoto
- *Ranunculus lanuginosus*: Acidità di scambio
- *Sanicula europaea*, *Myosotis sylvatica*: C/N
- *Corydalis cava*, *Sanicula europaea*, *Myosotis sylvatica*: Mg<sup>++</sup>

**Specie spia:** *Galium aparine*

**Microclima:**

ΔT° aria: -1 ; Δ U%: +4,3; ΔT° suolo: -0.8

**FAGGETA OMBROSA: *Polysticho-Fagetum ad Anemone ranunculoides* (PFA)**

**Specie diagnostiche:** *Cephalanthera damasonium*, *Galium odoratum*, *Corydalis cava*, *Mycelis muralis*, *Polystichum aculeatum*, *Paris quadrifolia*, *Epipactis helleborine*

**Specie esclusive:** *Bellis pusilla*, *Veronica serpyllifolia*

**Specie dominanti:** *Cephalanthera damasonium*, *Galium odoratum*, *Corydalis cava*, *Mycelis muralis*, *Scilla bifolia*, *Cardamine bulbifera*, *Aremonia agrimonioides*, *Fragaria viridis*, *Anemone ranunculoides*

**Numero rilievi:** 12

**Numero medio specie/rilievo:** 23

**Quota:** 1257-1871 m.s.l.m.

**Pendenza:** 20.9°

**Esposizione:** 25°N-346°N

**Rocciosità:** 0-25%

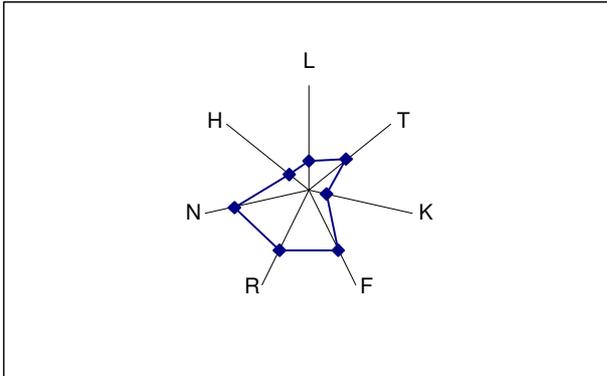


**Rilievi e relativa struttura forestale**

5.1	5.2	5.3	3.2	3.12	6.3
M. Godi	M. Godi	M. Godi	Chiarano-Sparvera	Chiarano-Sparvera	M. Greco
fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali: medie stravechie e con una giovane spessina	ceduo matricinato maturo	Ceduo matricinato invecchiato	ceduo matricinato giovane	fustaia coetanea matura	ceduo matricinato invecchiato

1.6	1.12	1.5	1.3	1.1	4.3
M. Genzana	M. Genzana	M. Genzana	M. Genzana	M. Genzana	M. Greco
ceduo matricinato invecchiato	fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali, biplana per la presenza continua di una giovane spessina	ceduo matricinato invecchiato	fustaia coetanea adulta (la stanno tagliando)	Ceduo matricinato giovane	fustaia irregolare articolata per la presenza di più classi dimensionali: medie e giovani

**Ecogramma** (costruito sugli indici di Ellenberg)



L	2,8
T	4,6
K	1,7
F	6,5
R	6,3
N	7,2
H	2,4

**Fattori ecologici discriminanti:** L

**Fattori edafici discriminanti:** Mg<sup>++</sup>, CaCO<sub>3</sub>, Ca<sup>++</sup>

**Forma di humus più frequente:** Dysmull e Dysmoder

Bosco ombroso su suoli ricchi in ioni magnesio e calcio e carbonato di calcio.

**Specie indicatrici di disturbo**

*Mycelis muralis*, *Scilla bifolca*, *Galium aparine*

**Specie legate all'humus**

*Anemone ranunculoides*, *Corydalis cava*, *Mycelis muralis*, *Aremonia agrimonioides*, *Cardamine bulbifera*, *Scilla bifolia*

**Specie legate ai parametri del suolo**

- *Scilla bifolia*, *Cardamine bulbifera*, *Fragaria viridis*: Acidità di scambio
- *Cephalanthera damasonium*: pH, C/N
- *Corydalis cava*: Mg<sup>++</sup>
- *Bellis pusilla*: Sabbia fine
- *Paris quadrifolia*: Na<sup>+</sup>

**Specie spia:** *Galium aparine*

**Microclima:**

ΔT° aria: -1.2; Δ U%: + 4; ΔT° suolo: -1.7

## Bibliografia

ACCORDI B. (1963) – Lineamenti strutturali del Lazio e dell’Abruzzo meridionale - Mem. Soc. Geol. It. 4: 1-39

A.F.E.S. (Association Francaise pour l’Etude du Sol) (1995) – Référentiel Pédologique - Coll. Techniques et Pratiques, INRA, Paris

BARKMAN J.J. (1977) - Die Erforschung des Mikroklimas in der Vegetation. Teoretische und methodische Aspekte - In Dierschke, H. (ed) Vegetation und klima. Cramer, Vaduz.

BELSITO A., FRATICELLI A., SALISBURY F., ROSS C. W. (1988) – Chimica agraria. Zanichelli

BERGMEIER E. & DIMOPOULOS P. (2001) - Fagus sylvatica forest vegetation in Greece: Syntaxonomy and gradient analysis - J. Veg. Sci., 12: 109-126

BLASI C. (1994) - Fitoclimatologia del Lazio - Roma

BRADLEY R.L. & J.W. FYLES (1996) – Interaction between tree seedling roots and humus forms in the control of soil C and N cycling - Biol. Fertil. Soil, 23: 70-79

BRAUN-BLANQUET J. (1928) - Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde - Biologische Studienbücher 7. 1. Ed. Berlin., 330 pp

BRETHES A., BRUN J.J., JABIOL B., PONGE J.F. & TOUTAIN F. (1992) – Typologie des formes d’humus - In : Association Francaise pour l’Etude du Sol. Référentiel Pédologique. I.N.R.A., pp. 177-192.

CIANCIO O. & NOCENTINI S. (1996)- Systemic silviculture: scientific and technical consequences - L’Italia Forestale e Montana, 51 (2): 112-130

CIAVATTA C., VIANELLO G. (1989) - Bilancio idrico dei suoli: applicazioni tassonomiche, climatiche e cartografiche - CLUEB, Bologna

COLEMANN D.C., e CROSSLEY Jr. D.A. (1996) – Fundamentals of soil ecology - Academic Press, San Diego

COLLINS S.L. & GLENN S.M. (1988) - Disturbance and community structure in North American Prairies: *Diversity and pattern in plant communities* - In: During HJ, Werger MJA, Willems JH (eds). The Hague: SPB Academic Publishing;;131–143

CONTOLI L., LOMBARDI G., SPADA F. (1980) – Tutela del patrimonio ambientale - In: Piano per un Parco Naturale nel territorio di Allumiere e Tolfa. Commissione Conservazione Natura e sue Risorse, CNR, facoltà di Scienze, Università di Roma La Sapienza (Roma, 1980)

CREMASCHI M. & RODOLFI G. (1991) – Il suolo. Pedologia nelle scienze della terra e nella valutazione del territorio - La Nuova Italia Scientifica, Roma

DAZZI C. (1995) – Pedologia forestale (appunti dalle lezioni) - Palermo

DE NICOLA C., FANELLI G., POTENA G., SAMMARONE L., POSILLICO M., TESTI A. (2007) - Modello di distribuzione delle specie del sottobosco delle faggete dell'Appennino centrale in relazione ai parametri edifici - *Forest@ 4* (4): 439-449

DIBONA D. (1997) – Appunti di pedologia - Zielo, Padova

DUCHAUFOR P. (1983) – Pédologie.1. Pédogènese et classification -II edizione, Masson, Paris

DUCHAUFOR P., BARTOLI C. (1965) – Précis de pédologie - Masson & Cie. Paris

ELLENBERG H. (1979) - Zeigerwerte der Gefäbpflanzen Mitteleuropa (Indicator values of vascular plants in Central Europe) - "Scripta Geobotanica", 9 2° edition, Göttingen

FANELLI G. & DE LILLIS M. (2004) - Relative growth rate and hemerobiotic state in the assessment of disturbance gradients - *Appl. Veg. Sci.*, 7, 133-140

FANELLI G., TESCAROLLO P., TESTI A. (2005) - Ecological indicators applied to urban and suburban floras - *Ecological Indicator*, 30: 1-14

FANELLI G., PIGNATTI S., TESTI A. (2006a) - An application case of ecological indicator values (Zeigerwerte) calculated with a simple algorithmic approach - *Plant Biosystems*, 141 (1): 15-21

FANELLI G., TESTI A., PIGNATTI S. (2006b) - Ecological indicator values for species in Central and Southern Italy flora - In: *Il Sistema Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo.* Accademia dell Scienze, "Scritti e Documenti" XXXVII, Seconda Serie, Vol. II: 505-564

FANELLI G., TESCAROLLO P., TESTI A. (2006c) - Ecological indicators applied to urban and suburban flora - *Ecological Indicators*, 6: 444- 457

FANELLI G. & TESTI A.(2008) - Detecting large and fine scale patterns of disturbance in towns by means of plant species inventories: maps of hemeroby in the town of Rome - In: *Urbanization: 21st Century Issues and Challenges.* (Ed.) Nova Publisher, NY

FEOLI E. & LAGONEGRO M. (1982) - Syntaxonomical analysis of beech woods in the Apennines (Italy) using the program package IAHOPA - *Plant Ecology* 50 (3): 129-190

FLORENZANO G. (1991) – Fondamenti di microbiologia del terreno - IV ristampa. Reda, Roma

GENTILE S. (1969) - Sui faggeti dell'Italia meridionale - Atti Ist. Bot. Lab. Crit. Univ. Pavia ser. 63: 207- 306.

GIORDANO A. (1999) – Pedologia - Utet, Torino

GOBAT J.M., ARAGNO M., e MATTHEY W. (1998) – Le Sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols - Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.

GREEN R.N., KLINKA K. & TROWBRIDGE R.L.(1993) – Towards a taxonomic classification of humus forms - Forest Science Monograph, 29: 1-49

HOFMANN A. (1991) – Il faggio e le faggete in Italia - Collana Verde, 81, Corpo Forestale dello Stato, Roma

I.S.S.D.S (Istituto Sperimentale per lo Studio e per la Difesa del Suolo), (1998) - Manuale per il Rilevamento del Suolo - Firenze

JABIOL B., BRETHES A., BRUN J.J., PONGE J.F. e TOUTAIN F. (1994) – Une classification morphologique et fonctionnelle des formes d'humus. Propositions du référentiel pédologique - Rev. For. Fr. XLVI, 2: 152-166

JABIOL B., BRETHES A., BRUN J.J., PONGE J.F. e TOUTAIN F. (1995) – Classification of forest humus forms : a French proposal - Ann. Sci. For., 52: 535-546

KLINKA K., GREEN R.N. TROWBRIDGE R.L. & LOWE L.E. (1981) - Taxonomic classification of humus forms in ecosystems of British Columbia. First Approximation - Ministry of Forest British Columbia

KOWARIK I. (1990) - Some responses of flora and vegetation to urbanization in Central Europe - In: H. Sukopp, S. Hejny, I. Kowarik (Editors), Urban Ecology. Plants and plant communities in urban environments. SPB Academic Publishing The Hague

LOUCKS OL.; PLUMB-MENTJES ML; ROGERS D. (1985) - Gap processes and large-scale disturbances in sand prairies: The ecology of natural disturbance and patch dynamics - In: Pickett, STA; White PS. (eds), San Diego: Academic Press; 71–83

MAGALDI D., & FERRARI G. A. (1984) - Conoscere il suolo. Introduzione alla pedologia - ETAS LIBRI

MANGENOT F. (1980) – Les litières forestières : signification écologique et pédologique - Revue forestière française, XXXII, 4 :339-355

MASATADA O. (1967) - Revised standard soil color charts

McALEECE N. (1997). - BioDiversity Professional software. Version 2. The natural History Museum and the Scottish Association for Marine - Science

M.I.R.A.A.F. (Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali) (1994) - Metodi Ufficiali di analisi chimica del suolo - ISMEA, Roma

MUNSELL COLOR COMPANY INC. (1992) - Munsell Soil Color Charts - Revised edition. Newburgh, New York

NAVEH Z. & LIEBERMAN A.S. (1984) – Landscape Ecology, Theory and application - Springer, Ver., New York

PIGNATTI S. (1953) - Introduzione allo studio fitosociologico della pianura veneta orientale con particolare riguardo alla vegetazione litoranea - Arch. Bot., 28 (4): 265-329; 29 (1): 1-25, 65-98, 129-174

PIGNATTI A (1979) – Geobotanica. In Botanica di C. Cappelletti - Utet, Torino, 2: 801-997

PIGNATTI S. (1982) - Flora d'Italia - Edagricole, Bologna

PIGNATTI S. (1995) - Ecologia vegetale. Ed UTET - Torino

PIGNATTI S. (1997) – Ecologia del paesaggio - Ed. UTET

PIGNATTI S. (1998)- Boschi d'Italia – UTET

PIGNATTI S., BIANCO P. M., FANELLI G., GUARINO R., PETERSEN J., TESCAROLLO P. (2001) - Reliability and effectiveness of Ellenberg's indices in checking flora and vegetation changes induced by climatic variations - In: J. R. Walter, C. A. Burga, P. J. Edwards (Editors), Fingerprints of climate changes: adapted behaviour and shifting species ranges, pp. 281-304. Kluwer Academy/Plenum Publishers, New York and London

PIGNATTI S., MENEGONI P., PIETROSANTI S. (2005) - Biondificazione attraverso le piante vascolari. Valori di indicazione secondo Ellenberg (Zeigerwerte) per le specie della Flora d'Italia - Braun-Blanquetia, 39 (97 pp.). Camerino

PIOVESAN G, BIONDI F, BERNABEI M, DI FILIPPO A, SCHIRONE B (2005) - Spatial and altitudinal bioclimatic zones of the Italian peninsula identified from a beech (*Fagus sylvatica* L.) tree-ring network - Acta Oecologica 27: 197-210

PINNA M. (1957) – L'evapotraspirazione ed il bilancio idrico secondo Thornthwaite - Ed. Climatologia

PINNA M. (1977) – Climatologia - Utet, Torino

PIROLA A. (1970) - Elementi di fitosociologia - CLUEB, Roma

- PLATT W.J. (1975) - The colonization and formation of equilibrium plant species associations on badger disturbances in a tall-grass prairie - *Ecol. Monogr.*, 45, 285–305
- PODANI J. (2000) - SYN-TAX-PC Computer Programs for Multivariate Data Analysis in Ecology and Systematics-User's Guide. Scientia Publishing, Budapest
- POLUNIN O., WALTERS M. (1987) – Guida alla vegetazione d'Europa - Zanichelli, Bologna
- PONGE JF, CHEVALIER R, LOUSSOT P (2002) - Humus Index: An Integrated Tool for the Assessment of Forest Floor and Topsoil Properties - *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 1996-2001
- PRESS F. & SIEVER R. (1994) - Introduzione alle scienze della terra.- Zanichelli
- SANESI G. (1977) - Guida alla descrizione del suolo - C.N.R., pubbl. 11, Firenze
- SANESI G. & CECCHINI G. (1999) – I suoli delle faggete: caratteristiche ed aspetti funzionali. In: *Ecologia strutturale e funzionale di faggete italiane - a cura di G. Scarascia-Mugnozza. Edagricole*, pp. 71-79
- SCHAFFERS A. & SYKORA K.(2000) - Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements - *J. Vegetation Sci.* 11: 225-244
- SHANNON C.E. & WEAVER W. (1949) – the mathematical theory of communication – Urbana, IL. Univ. Illinois Press
- SOCIETA' ITALIANA DELLA SCIENZA DEL SUOLO (1985) - Metodi normalizzati di analisi del suolo - Edagricole, Bologna
- SOIL SURVEY STAFF (1975) – Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys - *Agriculture Handbook n° 436*
- SOIL SURVEY STAFF (1998) – Keys to Soil Taxonomy – Eight edition
- TESTI A., CROSTI R., DOWGIALLO G., TESCAROLLO P., DE NICOLA C., GUIDOTTI S., BIANCO P.M., SERAFINI SAULI A. (2004 °) - Soil water availability as a discriminant factor in forest vegetation: preliminary results on sub-coastal mixed oak woodlands in central-southern Latium (Central Italy). *Annali di Botanica*, Vol. IV: 49-64
- TESTI A., DE NICOLA C., GUIDOTTI S., SERAFINI-SAULI A., FANELLI G., PIGNATTI S. (2006a) - Vegetation ecology of Castelporziano woodlands. In: *Il Sistema Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo - Accademia dell Scienze, "Scritti e Documenti" XXXVII, Seconda Serie, Vol. II: 565-605*

- TESTI A., CARA E., FANELLI G. (2006b) - An example of realization of Gis ecological maps derived from Ellenberg indicator values in the Biological Reserve of Doñana National Park (Spain) - Rend. Fis. Acc. Lincei, vol. 9 (18): 1-17
- THORNTHWAITE C. & W., MATHER J. R. (1957) - Instruction and tables for computing potential evapotranspiration and water balance – Centerton
- TOUTAIN F. (1981) – Les humus forestiers, structures et modes de fonctionnement - Rev. Forest. Fr., 23, 6: 449-477
- TOUTAIN F. (1987) – Les humus forestiers: biodynamique et modes de fonctionnement - Informations Sciences Naturelles, 15, C.R.D.P., Rennes
- VAN DER MAAREL E. (1979) – Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity - Vegetatio, 39:97-114
- VOS W. & STORTELDER A. (1992) - Vanishing Tuscan landscapes. Landscape ecology of a Submediterranean- Montane area (Solano Basin, Tuscany, Italy) - Podoc Scientific Publishers Wageningen
- WHITE P.S. & JENTSCH A. (2001) - The Search for Generality in Studies of Disturbance and Ecosystem Dynamics - Ecology, 62, 399-449. Progress in Botany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- ZANELLA A., TOMASI M., DE SIENA C., FRIZZERA L., JABIOL B., NICOLINI G. (2001) – Humus forestali. Manuale di ecologia per il riconoscimento e l'interpretazione. Applicazione alle faggete - Edizioni Centro di Ecologia Alpina – Trento