



# Università degli Studi di Ferrara

DOTTORATO DI RICERCA IN  
"SCIENZE e TECNOLOGIE per l'ARCHEOLOGIA e i BENI CULTURALI"

CICLO XXIII

COORDINATORE Prof. Carlo Peretto

Storia del paesaggio vegetale e dell'impatto antropico  
nell'area del Gran Sasso d'Italia (Abruzzo) in base a  
polline, palinomorfi non pollinici e microcarboni  
(sondaggi di Piano Locce 1225 m slm)

Settore Scientifico Disciplinare BIO/02

**Tutore**

Prof. Accorsi Carla Alberta

**Dottorando**

Dott. Torri Paola

**Co-Tutore**

Prof. Magaldi Donatello

Anni 2008/2010

---

Corso di Dottorato in convenzione con



UNIVERSITA'  
DEGLI STUDI  
DI  
SIENA





# Indice

<b>1. Introduzione</b>	1
1.1 Lo studio e i suoi obiettivi	1
1.2 I proxies biologici in esame	3
1.2.1 Polline	3
1.2.2 Microreperti non pollinici (NPPs)	5
1.2.3 Microcarboni	6
1.3 Studi palinologici in Italia centro-meridionale	9
1.4 Cenni di inquadramento paleoclimatico	13
<b>2. Area di studio</b>	21
2.1 Il territorio abruzzese	21
2.2 Localizzazione del sito "Piano Locce"	22
2.3 Principali aspetti climatici inerenti il sito	25
2.4 Aspetti floristico-vegetazionali del Gran Sasso Meridionale	28
2.4.1 Flora	29
2.4.2. Vegetazione	30
2.4.3. Aspetti floristico-vegetazionali di "Piano Locce"	35
<b>3. Materiali e metodi</b>	39
3.1 Campionamento e campioni	39
3.1.1 Carota PL1	39
3.1.1.1 Prelievo carota	39
3.1.1.2 Subcampionamento per l'analisi pollinica	39
3.1.1.3 Descrizione sintetica della carota PL1	41
3.1.2 Carota PL2	43
3.1.2.1 Prelievo carota	43
3.1.2.2 Subcampionamento per l'analisi pollinica	45
3.1.2.3 Descrizione sintetica della carota PL2	46
3.1.3 Cronologia	55
3.1.4 Trattamento di laboratorio	56
3.1.5 Analisi	56
3.1.5.1 Analisi: polline	56
3.1.2.2 Analisi: palinomorfi non pollinici	57
3.1.3.3 Analisi: microcarboni	57

3.1.6	Elaborazione dati.....	58
3.1.6.1	Polline.....	58
3.1.6.1.1	Spettri pollinici percentuali.....	59
3.1.6.1.2	Spettri pollinici di concentrazione.....	59
3.1.6.1.3	Grafici.....	60
3.1.6.2	Palinomorfi non pollinici (NPPs) .....	60
3.1.6.3	Microcarboni.....	61
3.1.7	Tabelle, Figure.....	61
3.1.8	Microfotografie.....	61
<b>4.</b>	<b>Risultati</b> .....	<b>63</b>
4.1	Carota PL2.....	63
4.1.1	Caratteri generali.....	63
4.1.1.2	Polline.....	63
4.1.1.2.1	Concentrazioni, stato di conservazione e conta.....	63
4.1.1.2.2	Flora pollinica.....	64
4.1.1.3	Palinomorfi non pollinici (NPPs).....	64
4.1.1.3.1	Concentrazioni, stato di conservazione e conta.....	64
4.1.1.4	Microcarboni.....	65
4.1.2	Zone polliniche.....	65
4.1.2.1	Descrizione delle zone polliniche.....	65
4.2	Carota PL1.....	87
4.2.1	Caratteri generali.....	87
4.2.1.1	Polline.....	87
4.2.1.1.1	Concentrazioni, stato di conservazione e conta.....	87
4.2.1.1.2	Flora pollinica.....	88
4.2.2	Descrizione dei singoli campioni.....	89
<b>5.</b>	<b>Discussioni</b> .....	<b>95</b>
5.1	Periodo 1 – Il Pleniglaciale alle soglie dell’Ultimo Glaciale.....	95
5.2	Periodo 2 – Ultimo Massimo Glaciale.....	98
5.3	Periodo 3 – Tardoglaciale.....	103
5.3.1	Interstadiale di Bölling -Alleröd.....	104
5.3.2	Younger Dryas.....	106
5.4	Periodo 4 - Olocene.....	108
5.4.1	Olocene inferiore.....	109
5.4.2	Olocene medio.....	114
5.4.3	Olocene superiore.....	118

Conclusioni	129
Bibliografia	137

## **1 INTRODUZIONE**

### **1.1 Lo studio e i suoi obiettivi**

L'aumento dell'interesse per le variazioni climatiche presenti e future e per le interazioni tra queste e le attività antropiche ha determinato la formulazione di progetti di ampia portata per ricostruire le successioni paleoclimatiche del Quaternario terminale. I programmi inerenti il paleoclima prevedono il contributo della Palinologia sia per il valore diretto dei diagrammi pollinici come ricostruttori di flora/vegetazione/paesaggio vegetale, sia per le deduzioni di ordine ecologico e climatico che da essi si possono trarre. Infatti gli archivi pollinici, accumulati stratigraficamente nei depositi naturali, forniscono la registrazione permanente spazio-temporale del paesaggio vegetale dell'area indagata, a raggio sia locale che regionale, quindi sulla base delle esigenze ecologiche delle specie e delle formazioni documentate, è possibile formulare ipotesi sulle vicende del clima e dell'ambiente in senso lato.

Il polline è certamente uno degli strumenti più comunemente utilizzati ed efficaci per gli studi paleoecologici-paleoclimatici del Quaternario (Huntley & Prentice 1993, Allen *et al.* 2000, Lotter *et al.* 2000) e per mettere in evidenza le trasformazioni dell'ambiente naturale operate dall'uomo (Behre 1981, 1988, Miras *et al.* 2004, Court-Picon *et al.* 2005). Tuttavia, recentemente e sempre più di frequente, a fianco del polline vengono studiati altri reperti ritrovabili negli stessi preparati, e cioè i "palinomorfi non pollinici" e i "microcarboni", che potenziano la capacità ricostruttiva del polline.

La presente tesi si inserisce in un ampio programma di ricerca paleoambientale, che ha coinvolto vari gruppi afferenti a diverse Università<sup>1</sup> e che ha come obiettivo fondamentale la ricostruzione della storia ambientale nel versante meridionale del Massiccio del Gran Sasso, cercando di individuare se le trasformazioni avvenute siano

---

<sup>1</sup> Università dell'Aquila - Dipartimento di Chimica, Ingegneria Chimica e Materiali: analisi chimiche (Prof. R. Volpe e G. Benedetti); Università dell'Aquila - Dipartimento di Ingegneria: descrizione del carotaggio, descrizione delle sezioni sottili e analisi granulometriche (Prof. D. Magaldi); Università di Pisa - Dipartimento di Scienze della Terra: analisi minerali vulcanici e correlazioni cronologiche (Dott. G.Zanchetta); Università di Bari - Dipartimento Geomineralogico: analisi minerali vulcanici e correlazioni cronologiche (Dott. R. Sulpizio); Università di Modena e Reggio Emilia - Laboratorio di Palinologia e Paleobotanica: analisi palinologiche, microantracologiche e dei palinomorfi non pollinici - oggetto della presente tesi; l' Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo – sezione di Rieti per le analisi granulometriche (P. Lorenzoni) e il Dott. A. Lorè, geologo libero professionista, per la descrizione del carotaggio.

da imputare a cause naturali, in particolare al clima, o alle attività antropiche, e quanto queste ultime abbiano inciso. La tesi consiste nello studio di reperti microbotanici (polline, palinomorfi non pollinici e microcarboni) di 91 campioni provenienti da due carote denominate PL1 e PL2 prelevate mediante due sondaggi, avvenuti in tempi diversi, nella medesima località di Piano Locce (m 1225 s.l.m.), in comune di Barisciano, provincia di L'Aquila. Piano Locce è una depressione tettono-carsica (polje) che si apre sul versante meridionale del Massiccio del Gran Sasso d'Italia. Le depressioni originate dai processi carsici a causa della dissoluzione dei carbonati delle rocce calcaree e calcareo-dolomitiche ad opera delle acque cariche di anidride carbonica hanno agito come vere e proprie "trappole sedimentarie" per i materiali erosi dai suoli formati sui rilievi immediatamente circostanti, per le ceneri vulcaniche trasportate dal vento lontano dai centri di emissione, ed hanno conservato così depositi che in altre condizioni sarebbero purtroppo scomparsi (Magaldi *et al.* 2006).

La tesi ha come obiettivo il contribuire al programma generale per la parte di competenza paleobotanica mediante la ricostruzione della storia floristico-vegetazionale.

La ricostruzione, come già detto sopra, poggia sull'esame e sull'interpretazione di tre tipi di reperti, che si integrano dando ciascuno elementi ricostruttivi su aspetti paleoambientali diversi:

- 1) polline: l'analisi pollinica condotta su tutti i 91 campioni (di cui 10 appartenenti alla carota PL1 e 81 alla carota PL2) ha lo scopo di evidenziare i cambiamenti nelle formazioni vegetali e trarre da essi deduzioni sul clima e sull'antropizzazione dell'area;
- 2) palinomorfi non pollinici (NPPs): il loro esame condotto sugli 81 campioni della carota PL2 ha lo scopo di ottenere informazioni specialmente sull'ambiente locale (presenza di specchi d'acqua, variazioni della biomassa, presenza di fuochi, pascolo, coltivazioni);
- 3) microcarboni: il loro esame condotto sugli 81 campioni della carota PL2 ha lo scopo di mettere in luce fuochi/incendi naturali o antropici che si sono verificati nell'area coinvolta nell'apporto pollinico.

L'analisi congiunta dei tre tipi di reperti (che vengono singolarmente esaminati in modo sintetico nel capitolo seguente) è stata dunque svolta per raggiungere i seguenti obiettivi:

- a) dare un contributo alla ricostruzione paleovegetazionale e paleoclimatica dell'area, locale e dei dintorni, per il Tardo Pleistocene e l'Olocene;
- b) esaminare le variazioni floristico-vegetazionali e ipotizzarne le cause;
- c) ricostruire l'impatto antropico e l'evolversi delle relazioni uomo-piante nell'arco di tempo rappresentato nei campioni.

## **1.2 I proxies biologici in esame**

Come detto sopra la tesi affronta lo studio paleoambientale da una prospettiva multi-proxy, combinando lo studio del polline con altri proxies biologici, come i microfossili non pollinici e i microcarboni, che forniscono una informazione, spesso a scala più locale, complementare al polline nel determinare le cause naturali e/o antropiche delle modificazioni del paesaggio vegetale e associarle con determinati eventi o pratiche.

Negli ultimi due decenni vari studi hanno dimostrato l'utilità di combinare le analisi polliniche con lo studio di questi altri indicatori (es. van Geel *et al.* 1989, Carrion & Navarro 2002, Argant *et al.* 2006, López-Merino *et al.* 2009) ed essi vengono sempre più spesso abbinati, anche perché possono essere analizzati sugli stessi preparati e quindi non comportano una estrazione di laboratorio specifica.

### **1.2.1 Polline**

Lo studio del polline fossile/sub fossile depositato in maniera continua in una sequenza sostanzialmente sedimentaria costituisce l'aspetto principale di questo lavoro. Esso permette di ricostruire in modo diacronico i cambiamenti vegetazionali che si sono verificati nel passato in un paesaggio montano. Il polline possiede una combinazione unica di caratteristiche, che rendono possibile l'analisi pollinica (Accorsi *et al.* 2005), fornendo una informazione statisticamente significativa in termini di ricostruzione paleoambientale (Faegri & Iversen 1989, Moore *et al.* 1991).

Analizzando, quindi, una successione di campioni ottenuta, ad esempio, da una sequenza naturale a sedimentazione continua o da una serie di strati antropici accumulatisi in un abitato lungo un certo arco di tempo, è possibile estrarre dal sedimento il polline e le spore in esso contenuti, risalire dai granuli alle piante che li hanno prodotti e ricostruire l'assetto floristico-vegetazionale dell'area centrata sul punto di campionamento, nel tempo di formazione del deposito, con una risoluzione temporale tanto più fine quanto meno distanziati sono i campioni esaminati. Dalla ricostruzione



floristico-vegetazionale vengono poi tratte deduzioni su ambiente, clima, attività antropiche. Un aspetto molto interessante dello studio del polline è rappresentato dalla possibilità di approfondire la conoscenza dei complessi rapporti tra ambiente ed esseri umani, e quindi collegare l'evoluzione del paesaggio vegetale alla storia dell'evoluzione culturale dei gruppi umani insediati in un determinato territorio (Mercuri 2008).

La storia del paesaggio vegetale da un certo momento in poi è direttamente relazionata con la comunità umana e i suoi processi culturali, perciò il paesaggio del passato deve essere inteso come paesaggio culturale frutto della interazione uomo-ambiente nel corso del tempo (Birks *et al.* 1988).

Si assiste, infatti, nel tempo all'evoluzione del paesaggio naturale in paesaggio culturale che, secondo la definizione di Panizza (Panizza & Piacente 2000), è “l'espressione geodinamica integrata di molteplici componenti naturali e antropiche”. Esso nasce dall'interazione di vari elementi quali, ad esempio, gli effetti dell'insediamento, lo sfruttamento del suolo e della vegetazione, la realizzazione di opere di bonifica e regimazione delle acque, forze che hanno un diverso grado di pressione ambientale a seconda delle strategie di sussistenza e delle dimensioni delle comunità umane.

Molte azioni umane, come ad esempio il disboscamento, la coltivazione o l'allevamento, producono infatti modifiche nel paesaggio vegetale documentate dai pollini prodotti dalle comunità vegetali poiché esse, modificate, producono piogge polliniche che le rispecchiano. Tra i reperti degli assemblaggi pollinici alcuni sono molto significativi per rintracciare l'attività delle passate popolazioni: sono gli “Indicatori Antropogenici” (Behre 1981, 1986; Brun 2011), taxa pollinici che testimoniano la presenza dell'uomo e delle sue attività. Si tratta specialmente di piante coltivate come alberi da frutta, cereali, ortaggi, piante medicinali, spezie, piante tessili, piante ornamentali, ma anche di infestanti, cioè piante che si diffondono spontaneamente al seguito dell'uomo e che non di rado possono essere anch'esse utili per vari scopi. Allo studio del polline fossile è possibile affiancare il controllo della pioggia pollinica attuale tramite l'analisi di cuscinetti di muschi o altri substrati analoghi. Questi materiali sono ottime “trappole polliniche”: catturano cioè la pioggia pollinica attuale e offrono un ambiente idoneo alla conservazione del polline e delle spore. Studiando i granuli in essi intrappolati si ottiene l'immagine pollinica del paesaggio vegetale attuale del sito che può essere confrontata con l'immagine pollinica

dei paesaggi che lo hanno caratterizzato nel passato. Anche quando lo spettro pollinico attuale non è in continuità con quelli passati esso ha l'interessante utilità di far riflettere su come sia cambiata o meno l'influenza di fattori naturali o antropici sul paesaggio vegetale di una determinata area.

### **1.2.2 Microreperti non pollinici (NPPs = no pollen palynomorphs)**

Recentemente, l'analisi pollinica viene sempre più frequentemente affiancata all'analisi di altri palinomorfi, riscontrabili negli stessi vetrini. Il procedimento chimico utilizzato per l'estrazione dei pollini dal sedimento estrae infatti anche altri microfossili di diversa natura che sono denominati "microfossili non-pollinici" o "extra fossili" (van Geel 2001), sintetizzando per lo più il nome in "No-Pollen" o "NPPs", abbreviazione di seguito utilizzata. La denominazione microfossili non pollinici è stata messa in discussione durante l'ultimo workshop internazionale (2009) ed è stato proposto di sostituirla con "indicatori biologici paleoambientali". Nella presente tesi viene mantenuta la denominazione di van Geel.

I microfossili non pollinici sono di diversa origine e includono spore fungine, resti di alghe, resti di piante e frammenti di animali di diversa natura. Una difficoltà nello studio di questi microreperti consiste nel fatto che l'identità tassonomica di molti di questi microfossili è sconosciuta e quindi l'approccio specie-indicatore (Birks & Birks 1990) è di difficile applicazione.

Tale difficoltà ha portato alla realizzazione presso l'Università di Amsterdam di un sistema di classificazione degli NPPs che si basa sull'identificazione di tipi morfologici nominati con una sigla. In questo modo quando un NPP Type viene identificato, le informazioni derivanti da studi precedenti possono essere usate per l'interpretazione paleoambientale.

In una serie di pubblicazioni (es. van Geel 1976, 1978; van Geel *et al.* 1981, 1983, 1989, 1994, 1996) van Geel ha descritto e illustrato numerosi NPPs e ha discusso il loro valore come indicatori ambientali. La descrizione morfologica (dimensioni, presenza di aperture, colore etc.) è stata sempre combinata con l'informazione stratigrafica.

In questi ultimi anni sono aumentati gli studi che riguardano gli NPPs e maggiori informazioni sono disponibili sulle esigenze ecologiche e sulle caratteristiche morfologiche di questi indicatori.

Studi recenti (Davis & Shaker 2006, Riera *et al.* 2006, Ejarque *et al.* 2009, Lopez Merino *et al.* 2009, Mazier *et al.* 2009) hanno confermato il valore di questi microfossili come elementi utili per capire il carattere locale e antropico/naturale dei cambiamenti paleoambientali osservati negli archivi pollinici.

L'identificazione e la conta di spore di funghi (van Geel *et al.* 2003, van Geel & Aproot 2006, Miola *et al.* 2006, Carrion & Navarro 2002), resti di alghe (Jankovska & Komárec 2000, Komárec & Jankovska 2001), protozoi (Mitchell *et al.* 2008, Wall *et al.* 2010), parassiti (Arujo & Ferriera 2000, Florenzano *et al.* in stampa) e resti di animali (Haas 1996, Kvavadze 2008) offrono quindi importanti informazioni paleoecologiche.

Inoltre, negli ultimi anni è stata dimostrata l'utilità delle spore fungine per ottenere informazioni sull'uso del suolo. In particolare è stato evidenziato il valore delle spore di funghi coprofilo allo scopo di stabilire la presenza di animali erbivori nelle immediate vicinanze dell'area investigata (van Geel *et al.* 2003; Blackford & Innes 2006; Davis & Shafer 2006) e di evidenziare il carattere locale della pratica pastorale. Altre spore fungine risultano infine correlate con incendi (Innes & Blackford 2003, Blackford *et al.* 2006) o con fenomeni erosivi che possono essere collegati alle attività antropiche (Argant *et al.* 2006, Marinava & Atanassova 2006, Lòpez-Saez *et al.* 2009).

### **1.2.3 Microcarboni**

La Microantracologia studia le particelle microscopiche carboniose che si possono rinvenire in una larga gamma di materiali quali sedimenti marini e torbo-lacustri, suoli, strati archeologici vari, droghe, escrementi animali e altri (Torri *et al.* 2009). Dalle prime valutazioni di tali particelle effettuate negli anni '40, da Iversen, noto palinologo, la disciplina si è via via sviluppata e oggi è in decisa espansione. Questa disciplina fornisce indicazioni su eventuali incendi sia naturali che antropici, locali o distanti, contribuendo a documentare il paesaggio vegetale del passato e gli effetti prodotti su di esso dalla presenza dell'uomo (Caramiello & Arobba 2003; Sadori *et al.* 2004). Essa è un valido supporto per le ricerche archeologiche e paleoecologiche, per le quali la ricostruzione dell'influenza antropica sull'ambiente comporta particolare attenzione all'uso del fuoco (Sarmaja Korjonen 1998; Blackford 2000; Mooney *et al.* 2001; Ambert 2002; Carriòn 2002; Andrič & Willis 2003; Balter 2004; Innes *et al.* 2004; Sadori *et al.* 2004).

L'uso del fuoco è infatti uno dei meccanismi più importanti di trasformazione antropica dei territori forestati ed è intimamente legato a differenti pratiche agro-pastorali, all'attività metallurgica e di formazione del carbone, attività di grande importanza nell'ambiente montano fin da tempi antichi. Lo studio delle particelle di microcarbone generate durante il processo di combustione e depositate stratigraficamente costituisce quindi un ottimo meccanismo per stabilire l'evoluzione dei processi di combustione negli archivi fossili.

I microcarboni vengono generalmente estratti assieme al polline e le loro dimensioni sono per lo più  $< 250 \mu\text{m}$ , sebbene non sia raro riscontrarne di taglia maggiore.

Vengono identificati come microcarboni frammenti opachi di forma allungata o angolare, con bordi netti e di colore bruno-nero. Tuttavia le particelle più piccole possono essere confuse con frammenti di pirite, biotite o marcasite.

Inoltre, i processi di estrazione, come ad esempio l'acetolisi, possono rendere più scuri resti di vegetazione non carbonizzati o indurre un'ulteriore frammentazione dei microcarboni (che si può però ritenere costante nell'ambito di uno stesso trattamento). E' stato comunque valutato che il margine di errore in cui si può incorrere è trascurabile (Clark 1984; Blackford 2000). Il raggio di dispersione delle particelle carboniose in atmosfera, fenomeno che precede la loro sedimentazione, varia in base alle loro dimensioni. Dalla letteratura (Millspaugh & Whitlock 1995; Long *et al.* 1998; Hannon *et al.* 2000; Mooney *et al.* 2001; Hounsolv & Chepstow-Lusty 2002; Caramiello & Arobba 2003; Sadori & Giardini 2007; Finsinger *et al.* 2008) emerge che:

- a) le particelle tra 10 e 50  $\mu\text{m}$  possono essere trasportate anche a molte centinaia di km di distanza;
- b) le particelle tra 130 e 150  $\mu\text{m}$  sono ancora trasportabili dai venti, fino a 100 km;
- c) le particelle tra 125 e 250  $\mu\text{m}$  sembrano provenire da fuochi a distanze entro 10 km;
- d) le particelle tra 150 e 250  $\mu\text{m}$  probabilmente sono disperse da venti con velocità  $> 60 \text{ km/h}$ ;
- e) le particelle  $> 250 \mu\text{m}$ , talora contate separatamente per ottenere testimonianze di fuochi molto locali, hanno in genere lo stesso andamento delle particelle tra 125 e 250  $\mu\text{m}$ . Poiché talora hanno presenze indipendenti meritano di essere valutate separatamente, come è stato fatto nel metodo messo a punto in questa tesi (vedi Cap. 3);

f) nel complesso i frammenti microscopici di carbone di dimensioni comprese fra 5 e i 150  $\mu\text{m}$  sono giudicati indicatori di incendi su scala regionale, mentre quelli compresi tra 150 e 250  $\mu\text{m}$  e oltre, ovvero i macrocarboni secondo la terminologia utilizzata da alcuni Autori, testimoniano eventi locali.

Per quanto concerne la stima quantitativa di particelle carboniose all'interno dei preparati pollinici, non è ancora stato adottato un unico metodo ritenuto valido a livello internazionale e vari Autori, pur eseguendo queste analisi, non specificano il metodo da loro impiegato.

I metodi più diffusi per misurare il numero di microcarboni, o la superficie occupata dalle particelle carboniose rispetto al campo d'osservazione di area nota, si basano sulla tecnica messa a punto da Clark e definita "*point count method*", con il quale viene valutata l'area e non le dimensioni del microcarbone (Clark 1982). Utilizzando un oculare 10x dotato di un reticolo di quadrati, si scelgono fra 5 e 15 punti fissi (a seconda della densità dei frammenti presenti nel vetrino) dove effettuare la misura e successivamente si sposta il campo visivo gradatamente lungo linee trasversali precedentemente stabilite (transetti). Il numero totale di punti applicati viene calcolato moltiplicando il numero di campi visivi per il numero di punti sul reticolo. Con questo metodo viene anche stimata l'area occupata da eventuali marcatori esotici, ad esempio le spore di *Lycopodium*. I dati vengono espressi o come numero di particelle ( $\text{n}/\text{cm}^3$ ) o come area ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ).

Il metodo di Clark è piuttosto complesso e vari Autori si stanno orientando su metodi più rapidi ed eseguibili anche senza l'oculare reticolato (Finsinger *et al.* 2004, Accorsi *et al.* 2007, Bosi 2008a, 2008b). Merita infine di essere segnalato un ulteriore sistema di conteggio, che è un metodo automatico. I vetrini vengono scannerizzati da un particolare modello di microscopio automatizzato dotato di fotocamera digitale che conteggia i pixel e la superficie totale, in  $\text{mm}^2$ , occupata dalle particelle che possiedono un determinato intervallo di colorazione scura. Un limite all'impiego di questo metodo è rappresentato, oltre che dalla necessità di possedere una strumentazione di livello e di costo elevato, anche dal fatto che non è possibile avere la certezza che alcuni minerali opachi non completamente dissolti non vengano considerati come microcarboni (Beaufort *et al.* 2003).

### **1.3 Studi palinologici in Italia centro-meridionale**

Le indagini palinologiche riguardanti l'area del Gran Sasso e l'Abruzzo in generale sono scarse e per questo sono state prese in considerazione anche alcune biostratigrafie polliniche riguardanti l'Italia centro-meridionale che vanno dal Pleistocene Superiore all'attuale, cioè l'arco di tempo considerato nel presente lavoro.

**In Abruzzo** le biostratigrafie esaminate sono tre, quella della torbiera di Campotosto (Marchetti 1936), attualmente scomparsa perché sepolta dalle acque del lago omonimo, quella della Piana del Fucino (Magri & Follieri 1989) e quella di Campo Felice (Di Rita & Magri 2004).

Il diagramma pollinico della torbiera di Campotosto (1420 m s.l.m. ) ricostruisce la storia climatico-forestale per il periodo compreso fra un'epoca di poco posteriore all'ultima acme della glaciazione wurmiana e quella attuale. L'autore estende anche alla regione abruzzese la divisione della storia postglaciale in due distinti periodi, come fu proposto da Chiarugi (1950) per la Toscana: il primo continentale anatermico e il secondo oceanico catatermico. Dal lavoro del Marchetti emerge il dato interessante della scomparsa dell'Abete rosso nell'Appennino abruzzese in seguito a una oscillazione continentale recente (posteriore all'Impero Romano). Sempre secondo tale autore il suo ritrovamento (sporadico durante tutto il postglaciale) allo stato fossile costituisce la segnalazione più meridionale per l'Italia peninsulare di questa specie.

Il diagramma pollinico della Piana del Fucino (650 m slm) mostra due zone polliniche principali: la prima caratterizzata da formazioni steppiche, caratterizzate da *Artemisia*, *Poaceae* e *Chenopodiaceae*, accompagnate da *Asteroideae* e *Cichorioideae* e da numerosi altri taxa erbacei in piccole quantità; la seconda dominata da fasi forestali. La fase di transizione, in cui si verifica la progressiva diminuzione delle piante erbacee e il concomitante aumento, sia quantitativo che qualitativo, degli alberi è piuttosto rapida soprattutto se confrontata con altri diagrammi pollinici (cf. Valle di Castiglione e Lagaccione). In un primo momento prevalgono le specie del querceto misto, poi si assiste a un aumento della faggeta e di *Carpinus* e *Ostrya*. Non essendo disponibili per tale sequenza datazioni radiometriche, gli autori hanno tentato un inquadramento cronologico in base al confronto con la sequenza pollinica della Valle di Castiglione, giungendo alla conclusione che i due diagrammi presentano differenze di andamenti tali da rendere talora incerte le correlazioni. Le principali differenze riguardano la graduale

forestazione olocenica a Valle di Castiglione e il permanere a lungo in tale sequenza delle formazioni steppiche anche dopo l'immigrazione e la diffusione di numerosi taxa arborei. L'improvviso crollo delle concentrazioni che si verifica al Fucino alla base della sottozona Z3, viene correlato con quello che si verifica nel diagramma della Valle di Castiglione e datato  $^{14}\text{C}$  3.480  $\pm$ 50 anni BP (3.200 anni BP secondo l'interpolazione cronologica di Impronta *et al.* 1986).

Il diagramma pollinico della Piana di Campo Felice (1'520-1'600 m s.l.m.) fornisce i dati paleo-vegetazionali relativi al Pleistocene Superiore. L'età stimata della base della sequenza pollinica è di circa 90.000 anni, mentre mancano i sedimenti Olocenici. La parte più superficiale del diagramma della Piana di Campo Felice è correlata con l'Ultimo Massimo Glaciale, caratterizzato da una vegetazione steppica, come in gran parte dell'Europa meridionale. Questa parte del diagramma è caratterizzata dall'abbondanza di *Artemisia*, Poaceae e Chenopodiaceae. Interessante anche in questo diagramma come a Campotosto, è la registrazione del polline di *Picea*, pur con bassi valori. In Italia *Picea abies* (L.) Karsten attualmente vive solo sulle Alpi e in poche stazioni relitte nell'Appennino settentrionale (Pignatti 1982). La sua presenza a Campo Felice conferma che l'abete rosso era diffuso nella regione Abruzzo (Di Rita & Magri 2004).

**In Italia centrale** i lavori considerati sono: la biostratigrafia del deposito continentale della depressione tettonica intramontana di Corvara (Lazio – 799 m s.l.m.) (Chiarini *et al.* 2007) e le biostratigrafie dei sedimenti lacustri laziali della Valle di Castiglione (Follieri *et al.* 1988, 1989), del lago di Lagaccione di Capodimonte (Magri 1999) e del Lago di Vico (Follieri *et al.* 1998; Magri & Sadori 1999).

Il diagramma pollinico della depressione tettonica di Corvara non registra importanti fasi forestali, essendo dominato da polline di piante erbacee. Le date al radiocarbonio disponibili suggeriscono che la sedimentazione sia avvenuta durante l'ultimo glaciale. Tale periodo era dominato da *Artemisia*, accompagnato da altre Asteroideae, da Cichorioideae, Poaceae e Chenopodiaceae. Una leggera espansione delle querce insieme con piccole percentuali di altre piante mesofite è datata a ca. 30.000 anni BP (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata).

I diagrammi pollinici dai laghi craterici laziali di Valle di Castiglione (=VdC), Lagaccione e Lago di Vico sono stati correlati tra loro (Follieri *et al.* 1998), delineando

la storia della vegetazione durante l'ultimo periodo glaciale. Gli autori introducono il nome locale di "Lazio Complex" per una serie di sette oscillazioni (I–VII) delle piante arboree durante il Pleniglaciale. Il picco di arboree di angiosperme (episodio V) datato a Lago di Vico a circa 35 ka (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata) è osservabile anche a Valle di Castiglione; una altra oscillazione (episodio VI) è datata a ca. 33 ka BP (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata) a Lago di Vico e Valle di Castiglione, mentre l'oscillazione a circa 30 ka (episodio VII) (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata) è visibile a Lagaccione e Lago di Vico. La fine dell'episodio VII rappresenta un utile marker per correlazioni, in quanto conclude la successione di oscillazioni del "Lazio Complex" e delimita un successivo periodo povero in taxa arborei. Dal punto di vista floristico negli episodi da I a VII è registrato un numero relativamente alto di taxa con numerose espansioni di alberi di angiosperme: *Quercus* decidue e *Corylus* sono i più importanti, insieme con *Betula*, *Fagus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Carpinus betulus*, e *Picea*. Tra 30 ka BP (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata) (episodio VII) e l'inizio della riforestazione che prelude il pieno sviluppo della vegetazione arborea del Postglaciale, si nota un periodo caratterizzato da bassi valori di piante arboree.

Un evento con percentuali di piante arboree particolarmente basse è registrato a Lago di Vico a ca. 21-22 ka (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata) ed è osservato anche a VdC e Lagaccione. In questi ultimi due siti a ca. 20 ka BP (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata) si vede una lieve espansione di taxa arborei (soprattutto querce e *Picea*). È interessante notare che anche in queste sequenze è registrata la presenza di *Picea* almeno durante l'ultimo glaciale, testimoniando una distribuzione geografica più meridionale rispetto all'attuale. Secondo gli autori il fatto che le fluttuazioni del "Lazio Complex" siano presenti nelle diverse sequenze esaminate indica che queste non sono oscillazioni occasionali dovute a condizioni locali.

La fase finale dell'ultimo glaciale che corrisponde circa al MIS 2 è caratterizzata da una chiara dominanza di polline di piante erbacee e tale vegetazione è registrata in tutte e tre le sequenze.

Il primo incremento di piante arboree dopo il Pleniglaciale non appare sincrono nei tre siti: a Lagaccione è collocato intorno a 13.000 anni BP (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata), a VdC è collocato intorno a 14.000-13.500 anni BP (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata), a Lago di Vico l'incremento è molto lieve fino a 11.500 anni BP (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata).



Gli Autori ipotizzano che questa fase non sia adeguatamente registrata a Lago di Vico e che l'espansione arborea a 11.500 anni BP corrisponda a una seconda (rapida) fase di incremento. Un'altra differenza tra i siti riguarda il tasso di forestazione durante il tardoglaciale: a Lagaccione le arboree raggiungono l' 80% indicando un paesaggio forestale, mentre a VdC e Lago di Vico le arboree sono sempre inferiori al 60% suggerendo un ambiente maggiormente aperto. In tutti i siti la vegetazione del tardoglaciale è dominata dalle querce decidue ed è caratterizzato da una significativa espansione di *Tilia*. Lo Younger Dryas è ben visibile a Lagaccione con un pronunciato incremento delle piante erbacee e contestuale declino delle arboree (anche come valori di concentrazione).

L'inizio dell'Olocene, a Lagaccione e Lago di Vico, è caratterizzato dal forte incremento delle arboree soprattutto delle querce decidue accompagnate dal nocciolo, mentre a VdC la vegetazione è ancora piuttosto aperta (AP=40-60%).

Da 8.000 a 7.000 anni BP si ha un incremento di *Fagus* e elementi mediterranei sempreverdi in tutti e tre i siti anche se con differenze di intensità.

Da 7.000 a 6.500 si assiste a una riduzione della foresta, indicata da una bassa concentrazione pollinica.

Da 6.500 a 3.800 la composizione della foresta appare piuttosto stabile con dominanza di querce caducifoglie accompagnate da *Fagus*, *Quercus ilex*-tipo, *Alnus* e parecchi altri taxa arborei.

Intorno a 3.700 <sup>14</sup>C anni BP si verifica una caduta nelle concentrazioni delle piante arboree accompagnata da un cambio nella composizione della vegetazione verso condizioni di maggiore apertura dei soprassuoli. Questo declino della concentrazione pollinica corrisponde alla registrazione di piante coltivate come *Castanea*, *Olea* e cereali. Le coltivazioni tuttavia non sembrano essere accompagnate da una apertura forestale e, infatti, dopo il declino a 3.700 anni BP, la foresta mostra un progressivo recupero.

**In Italia meridionale** è stata considerata la biostratigrafia del Lago Grande di Monticchio (Basilicata – 656 m slm) (Allen *et al.* 1999, 2000, 2002; Watts *et al.* 1996 a, 1996 b, 2000).

La sequenza lacustre del lago di Monticchio documenta la storia della vegetazione a partire da 101.503 anni calendario BP.

Gli spettri pollinici sono stati usati per ricostruire le principali unità vegetazionali (biomi): il bioma a steppa alberata per gli interstadi dell'Ultima Glaciazione (Weichselian Glacial – 75.400-14.300 anni BP), il bioma a steppa per gli stadi dell'Ultimo Glaciale e dell'Ultimo Massimo Glaciale (da 25.900 a 14.300 anni fa) e il bioma delle foreste miste decidue nell'Olocene (da 11.200 anni fa al presente).

Il periodo da 35.000 anni all'attuale è diviso in 6 zone polliniche: la zona 6 (da 34.900 a 31.800 anni BP) è caratterizzata da una vegetazione steppica dominata da Poaceae e *Artemisia* con boschi radi di *Quercus*, *Fagus* e *Abies*; la zona 5 suddivisa in 2 sottozone: **5b** da 31.880 a 29.400 anni BP presenta una vegetazione steppica e una maggior presenza di boschi a *Quercus* ed è interpretata come interstadio, e **5a** da 29.400 a 25.900 anni BP nella quale si assiste ad un aumento in *Artemisia* e a un calo dei taxa arborei; la zona 4 (da 25.900 a 14.300 anni BP) è caratterizzato da una steppa fredda ed è interpretata come l'Ultimo Massimo Glaciale; la zona 3 (da 14.300 a 12.800 anni BP) presenta un incremento dei taxa arborei soprattutto di *Betula* sostituita poi da *Quercus* decidua con presenza di *Tilia*, *Fraxinus*, *Fagus* e corrisponde all'interstadio caldo umido del Tardoglaciale; la zona 2 (da 12.800 a 11.200 anni BP) mostra una caduta dei taxa arborei e incremento in Poaceae e altre erbe steppiche, il clima è più secco e freddo rispetto al precedente periodo corrisponde allo Younger Dryas; la zona 1 è forestata e corrisponde all'Olocene. All'inizio la foresta è dominata da *Quercus* con *Ulmus*, *Corylus* e altre piante mesofile. Il principale cambiamento avviene nel tardo Olocene con la comparsa e espansione di *Abies*, seguito da *Taxus* e *Carpinus betulus*. Nell'ultima fase dell'Olocene (ca 2.000 anni BP) si assiste a un aumento di *Fagus* e alla comparsa di alberi e arbusti della foresta mediterranea sempreverde.

#### **1.4 Cenni di inquadramento paleoclimatico**

Per i tempi geologici recenti, molte curve paleoclimatiche derivano dallo studio di carote di ghiaccio dalle calotte polari in Antartide e Groenlandia. Le più lunghe finora ottenute sono quella di EPICA DC ottenuta in Antartide (ultimi 800 ka BP circa) seguita da quelle di Vostok (420 ka BP) e di Dome Fuji (340 ka), mentre in Groenlandia non è stato oltrepassato il Pleistocene Superiore con le curve di NGRIP (123 ka), GRIP e GISP2 (90 ka) che però hanno una maggiore risoluzione. Da tali carote di ghiaccio è emerso che sopra ai grandi cicli climatici glaciali-interglaciali della durata media di

circa 100 mila anni sono sovrapposte oscillazioni climatiche più brevi (numerosi secoli – pochi millenni), molto accentuate nell'emisfero settentrionale, più attenuate in quello meridionale, tra loro accoppiate ma in opposizione di fase (altalena termica bipolare). Tali oscillazioni climatiche su scala millenaria e di periodicità irregolare sono state evidenziate soprattutto durante l'ultima Glaciazione tra ca 110.000 e 11.500 anni dal presente (Orombelli 2005) e sono caratterizzate da fasi di transizione del tutto improvvise e rapide, indicate come variazioni rapide o “abrut” (North Greenland Ice Core Project Members 2004, Steffensen *et al.* 2008). Gli episodi caldi in Groenlandia durante l'ultima glaciazione sono stati indicati come interstadi e numerati in modo progressivo partendo dall'interstadio Bölling-Alleröd - Greenland Interstadial 1 (GI-1) (Johnsen *et al.* 1992). Nella carota NGRIP, tra 119 ka circa e il limite Pleistocene-Olocene, sono stati identificati 26 stadi (GS) e 25 interstadi (GI) (Orombelli *et al.* 2010).

Altre curve paleoclimatiche di riferimento vengono dalle analisi geochimiche degli isotopi, soprattutto dell'ossigeno e del carbonio, contenuti nei gusci di Foraminiferi di sedimenti oceanici. In tali curve sono stati identificati gli “stadi isotopici marini” (MIS) detti anche “stadi degli isotopi dell'ossigeno” (OIS) numerati progressivamente a partire dal presente con numeri dispari per gli interglaciali e numeri pari per i glaciali (Orombelli 2005).

***Durante l'ultimo ciclo glaciale***, lo Stadio Isotopico Marino (MIS 3), tra 58.900 e 27.600 anni BP (Martinson *et al.* 1987), mostra parecchie oscillazioni climatiche a scala millenaria e plurimillenaria (Allen *et al.* 1999, Bond & Lotti 1995). Si tratta di alternanze tra condizioni stadiali (fredde) e interstadiali (calde) che si riflettono sulla vegetazione e che sono state osservate nei diagrammi palinologici europei (Huntley *et al.* 2003; Fletcher *et al.* 2009). Ad esempio, a Lago Grande di Monticchio (Italia Meridionale) il diagramma pollinico mostra cambiamenti vegetazionali a scala millenaria con una alternanza tra una vegetazione steppica fredda e arida (stadio) e una vegetazione a steppa alberata caratterizzato da un incremento di taxa arborei che comprendono le querce decidue, l'abete e il faggio (intersatadio) (Allen *et al.* 1999, 2000). Anche i diagrammi pollinici Laziali (Lagaccione, Valle di Castiglione, Lago di Vico, Stracciaccappa e Corvaro) mostrano, durante l'ultimo glaciale, fluttuazioni nello sviluppo della foresta con querce decidue e sempreverdi, *Corylus*, *Fagus*, *Betula* e

*Picea* che si alterna con una vegetazione di tipo steppico (Follieri *et al.* 1988,1998; Magri 1999; Magri & Sadori 1999; Giardini 2007; Chiarini *et al.* 2007).

**L'Ultimo Massimo Glaciale** (UMG) è definito come l'intervallo di minimo livello del mare e massimo volume glaciale centrato intorno a 21.000 anni cal. (Martinson *et al.* 1987, Clark & Mix 2002). L'inizio dell'UMG è datato 30.000 cal BP, quando il livello del mare si avvicina ai valori minimi, mentre la fine è individuata dall'inizio della deglaciazione e l'iniziale risalita del livello del mare avvenuta 19.000 cal BP (Lambeck *et al.* 2002).

Nell'Appennino centrale studi condotti da Giraudi & Frezzotti 1997 su evidenze glaciali a Campo Imperatore (Massiccio del Gran Sasso) hanno permesso di ottenere informazioni sull'ultima massima avanzata dei ghiacci e fasi successive fino all'inizio dell'Olocene, quando i ghiacci spariscono. Sul Massiccio del Gran Sasso i ghiacciai probabilmente raggiunsero la loro massima espansione (Stadio di Campo Imperatore) circa  $22.680 \pm 630$   $^{14}\text{C}$  anni BP e iniziarono a ritirarsi a circa 21.000  $^{14}\text{C}$  anni BP. Le pulsazioni glaciali avvenute nello Stadio di Campo Imperatore e le fasi di ritiro sono in fase con le oscillazioni del livello del lago del Fucino (40 km a sud di Campo Imperatore): quando i ghiacci avanzano, il livello dell'acqua aumenta, e quando si ritirano il livello diminuisce. Si può quindi supporre che l'inizio della avanzata del ghiaccio nello Stadio di Campo Imperatore coincida con la risalita del livello dell'acqua nel lago del Fucino a ca. 27.000  $^{14}\text{C}$  anni BP, in presenza di un clima freddo e umido. Aumenti del livello dell'acqua si registrano anche in altri laghi dell'Italia centro-meridionale tra i 30 e 24 ka cal BP (Ramrath *et al.* 1999; Chondrogianni *et al.* 2004). Nei diagrammi pollinici dell'Italia centrale l'ultima lieve fluttazione di piante arboree è registrata a ca. 30 ka  $^{14}\text{C}$  anni BP; tra questa data e l'inizio della riforestazione che prelude il pieno sviluppo della vegetazione arborea del Postglaciale, c'è un periodo caratterizzato da bassi valori di piante arboree (Follieri *et al.* 1998). La diffusione di una vegetazione steppica dominata da taxa erbacei in carote lacustri (Follieri *et al.* 1989; Lowe *et al.* 1996; Huntley *et al.* 1999; Allen *et al.* 2000) testimonia l'istaurarsi di un clima freddo e secco.

Sul Gran Sasso i ghiacci iniziano a ritirarsi 21.000 -17.840  $\pm$  200  $^{14}\text{C}$  anni BP e il clima si fa più arido (Giraudi & Frezzotti 1997). La fase di massimo ritiro coincide con

l'Interstadio di Fornaca che termina a ca. 16000 <sup>14</sup>C anni BP ed è seguita da una nuova espansione dei ghiacci (Stadio di Fontanari).

*Nelle Alpi* l'attività glaciale iniziò circa 32.000 cal BP (28.000 <sup>14</sup>C anni BP) sul versante settentrionale e circa 28.800 cal BP (24.000 <sup>14</sup>C anni BP) nelle Alpi meridionali (Drescher-Schneider 2009). I ghiacciai raggiunsero la loro massima espansione tra 24.000 e 21.700 cal BP (Florineth e Schlüchter 2000). Studi recenti confermano sincronismo tra le culminazioni del ghiacciaio del Tagliamento e l'UMG globale tra 30 e 19 ka cal BP (Monegato *et al.* 2007).

**Il Tardoglaciale** è il termine con cui viene indicata la transizione dall'UMG al presente interglaciale, transizione che si estende da circa 19.000 a 11.700 ±99 anni fa (Walker *et al.* 2009). In questo caso il limite inferiore del Tardoglaciale è rappresentato dall'inizio della deglaciazione a scala globale; attualmente, vi sono altre due definizioni del limite inferiore del Tardoglaciale: 1) il brusco evento di miglioramento climatico posto a 14.700 anni cal. BP nel record isotopico della carota GRIP che segna l'inizio del GI-1 e posticipa di quasi 4 millenni il termine dell'UMG; 2) l'inizio della deglaciazione in una specifica area glacializzata che determina diverse età per l'inizio del Tardoglaciale (Ravazzi *et al.* 2007).

La deglaciazione che segue l'Ultimo Massimo Glaciale (Terminazione 1) nelle carote di ghiaccio della Groenlandia è complicata da numerose variazioni climatiche. Dopo lo stadio GS-3 vi è un lungo intervallo di fluttuazioni isotopiche della temperatura (GS-2) che termina rapidamente con l'inizio del Bölling (GI-1) datato a 14,7 ka BP (Rasmussen *et al.* 2006). Poi la temperatura diminuisce irregolarmente attraverso l'Alleröd e rapidamente scende all'inizio dello Younger Dryas (GS-1) a 12,9 ka BP (Orobelli 2010). *Nell'Appennino centrale* dopo lo Stadio di Fontanari, ca. 14000 <sup>14</sup>C anni BP, il ghiacciaio iniziò di nuovo a ritirarsi e il clima divenne mite e più umido (Intersatadio di Venaquaro); tale intersatadio è messo in relazione con l'Interstadio Bölling-Alleröd. L'ultima avanzata del ghiaccio a Campo Imperatore può essere datata a ca. 11.000 <sup>14</sup>C anni BP (Stadio di Monte Aquila) ed è correlata con lo Younger Dryas (Giraudi & Frezzotti 1997).

**Per il limite Pleistocene/Olocene** una definizione formale basata sulla carota di ghiaccio NGRIP è stata ratificata nel maggio del 2008 dalla Commissione Esecutiva dell'Unione Internazionale di Scienze Geologiche (ICS – SQS, 2008). La base

dell'Olocene Serie/Epoca è stata definita nella carota NGRIP alla profondità di 1492,45 m, dove ci sono “i più chiari segnali di riscaldamento climatico, evento che segna la fine dell'ultimo episodio freddo (Younger Dryas, Stadial/Greenland Stadial 1) del Pleistocene” (Walker *et al.* 2009). L'età stimata per il limite Pleistocene/Olocene è 11.700 anni b2k con un'incertezza di 99 anni (Walker *et al.* 2009).

Recenti studi indicano che l'evoluzione climatica dell'Ultimo Glaciale e del Tardoglaciale della Regione Mediterranea rispecchia quella del Nord Atlantico (Asioli *et al.* 1999, 2001; Cacho *et al.* 2001). I principali cambiamenti climatici degli ultimi 24 ka registrati nelle carote di ghiaccio della Groenlandia sono registrati e globalmente sincroni con quelli osservati nel mare Adriatico meridionale (Siani *et al.* 2010). Questi ultimi Autori hanno ricostruito una successione biocronologica a partire da 24 ka BP che comprende:

- periodo glaciale (24 – 17 ka) con clima freddo e arido
- transizione glaciale-interglaciale (17 – 14.8 ka) corrisponde all'evento climatico dell'Oldest Dryas e all'inizio della deglaciazione
- Bölling/Alleröd (14,8 – 13 ka) corrisponde all'interstadiale Bölling/Alleröd sensu Mangerud *et al.* (1974) e all'episodio GI-1 (Lowe *et al.* 2008) diviso in quattro episodi che corrispondono rispettivamente al Bölling/GI-1e, Older Dryas/GI-1d, Alleröd/GI-1c, intra Alleröd/GI-1a - b
- Younger Dryas (13-11.5 ka)
- Olocene (11,5 ka al presente) .

**L'Olocene**, a partire da 11.700 anni fa ad oggi, corrisponde alla più recente fase calda dopo i circa 90 mila anni di temperatura più fredda. L'Olocene è caratterizzato da un clima relativamente stabile nel quale tuttavia si sono verificate oscillazioni climatiche a scala submillenaria anche se di minore ampiezza rispetto ai cambiamenti drammatici dell'ultimo ciclo glaciale (Mayewski *et al.* 2004).

**Nell'Olocene inferiore** l'aumento di temperatura e umidità favorì l'immigrazione e l'espansione di numerose nuove specie e si accrebbe la diversità floristica delle comunità forestali rispetto al Tardoglaciale (Drescher-Schneider 2009).

Secondo Jalut *et al.* (2009), nell'ambito del bacino del Mediterraneo, nell'Olocene si può distinguere una prima fase (11.500-7.000) umida e favorevole allo sviluppo di una copertura vegetale dominata dalle caducifoglie. In questa fase i dati pollinici dell'Italia

centrale mostrano lo sviluppo di una foresta di querce decidue accompagnata soprattutto da *Corylus*. Tale fase fu tuttavia interrotta da alcuni episodi di aridità.

A ca 8.200 anni cal BP i records paleoclimatici (carote di ghiaccio, speleotemi, sedimenti lacustri etc.) indicano un evento caratterizzato da un rapido raffreddamento, fino a 6 °C in Groenlandia, insieme con un aumento di aridità e ventosità in considerevoli parti dell'emisfero nord. Questo periodo di aridità ha interrotto una fase umida ed è visibile nei record pollinici italiani come una riduzione della copertura forestale (Mercuri *et al.* 2011). Nel corso dei successivi 2.000 anni circa (8.000-6.000 cal BP) condizioni climatiche favorevoli supportarono lo sviluppo della vegetazione (Drescher-Schneider 2009) e nei diagrammi pollinici dell'Italia centrale si osserva un incremento di *Fagus* e *Quercus* mediterranee con le querce decidue sempre dominanti.

**Olocene medio** - Sempre secondo Jalut *et al.* (2009) si può riconoscere una seconda fase olocenica, considerata fase di transizione, tra 7.000-5.500 cal BP, marcata da un progressivo decremento nell'insolazione alle alte latitudini dell'emisfero nord e dall'instaurarsi di una circolazione atmosferica quale quella attuale.

Un deterioramento climatico a circa 6.300 anni cal BP con abbassamento della temperatura e aumento delle precipitazioni, corrisponde a un periodo di avanzamento di numerosi ghiacciai alpini tra 6.300 e 5.800 cal BP (Drescher-Schneider 2009).

Un cambio vegetazionale è stato osservato a lago dell'Accesa con un importante declino registrato attorno a 6.000 anni cal BP (Drescher-Schneider *et al.* 2007).

**L'Olocene superiore** (5.500 cal BP-Presente) è contrassegnato, secondo Jalut *et al.* (2009) da un aumento più marcato rispetto al periodo precedente dell'aridificazione dimostrata su basi interdisciplinari (palinologiche, idrologiche e marine) e considerata di origine climatica. Le conseguenze sulla copertura vegetazionale furono il declino delle latifoglie decidue e la diffusione delle sclerofille nell'ambito del bacino del Mediterraneo.

In particolare nel bacino mediterraneo occidentale il periodo tra 4.500-4.000 cal BP corrisponde all'inizio dell'evoluzione verso condizioni climatiche di tipo pienamente mediterraneo, mentre nel bacino nord-occidentale tali condizioni si instaurano intorno a 3.000 cal BP, durante un episodio arido che va dal 3.500 al 2.500 cal BP.

Molti studi hanno mostrato che condizioni di aridità dominarono le regioni mediterranee dal 4.000 al 2.800 anni cal BP (Heim *et al.* 1997; Issar 2003) e che questo periodo fu

seguito da un'altra fase nella quale è compreso il periodo romano classico, caratterizzato da condizioni climatiche più umide nell'area del Mediterraneo (Roberts *et al.* 2004; Zanchetta *et al.* 2007). A queste condizioni più umide fecero seguito condizioni di maggiore aridità durante gli ultimi 2000 anni (Reale & Dirmeyer 2000).

Molto probabilmente l'uomo, durante il tardo Olocene, ha accentuato gli effetti del clima sulla copertura vegetale, in conseguenza all'introduzione delle nuove tecniche agricole che hanno comportato una forte crescita demografica e un intenso uso del territorio. Dal periodo Romano, l'impatto umano è stato così intenso che l'associato cambio nell'albedo è considerato come una possibile causa di aridificazione durante gli ultimi due millenni (Jalut *et al.* 2009).



*Storia del paesaggio vegetale e dell'impatto antropico nell'area del Gran Sasso (Abruzzo) in base a polline, palinomorfi non pollinici e microcarboni (sondaggi di Piano Locce, 1225 m slm)*

## **2 AREA DI STUDIO**

### **2.1 Il territorio abruzzese**

Il territorio della regione Abruzzo, situato al centro della penisola italiana, tra il mare Adriatico e la dorsale appenninica, si sviluppa secondo una forma all'incirca rettangolare ed è delimitato dai paralleli 42°54' e 41°22' di latitudine nord e dai meridiani 13° e 14°20' di longitudine est. L'Abruzzo comprende al suo interno le cime più elevate della catena dell'Appennino. Più della metà del territorio si trova a una quota superiore a 600 m s.l.m. ed è caratterizzante la presenza di notevoli masse montuose, di costituzione calcarea e/o dolomitica, che si articolano in tre allineamenti convergenti, con andamento da nord-ovest a sud-est. Dei tre allineamenti quello della Laga-Gran Sasso-Morrone-Maiella segna un preciso limite tra la fascia subappenninica ad oriente (Abruzzo Adriatico) e la fascia montana degli altipiani a occidente (Abruzzo Interno o Montano). Questo allineamento, per la sua disposizione sopravvento, rappresenta uno sbarramento rispetto ai venti di nord-est dominanti sul bacino dell'Adriatico, e quindi segna anche un limite climatico, di attività produttive e di paesaggio antropizzato (Totani 2008).

La catena centrale comprende l'allineamento dei monti Velino-Sirente-Morsicano e deve la sua importanza al fatto che tra la catena centrale stessa e quella orientale si estendono grandi altipiani (Campo Imperatore) ed ampie vallate: quella Aquilana, quelle di Sulmona, di Capestrano, di Castel di Sangro, nonché la Valle Peligna e l'alta valle dell'Aterno. La terza delle catene, quella occidentale, si sviluppa nei monti Carsolani, Simbruini ed Ernici e costituisce l'attuale limite amministrativo della regione abruzzese. Tra i suddetti allineamenti montuosi sono comprese la Piana del Fucino, i Piani Patentini e le Valli di Carsoli e Roveto (Totani 2008).

L'Abruzzo interno o montano è essenzialmente caratterizzato da tre ambienti geografici: gli allineamenti montani, le conche-vallate e gli altipiani.

L'allineamento della Laga-Gran Sasso-Morrone-Maiella comprende il massiccio del Gran Sasso d'Italia che presenta la forma di un ampio ellissoide, completamente gravitante nel bacino dell'Adriatico, da cui defluiscono sia le acque del settore settentrionale con il fiume Vomano, sia quelle del versante meridionale per mezzo del fiume Aterno (Baldoni *et al.* 1999).

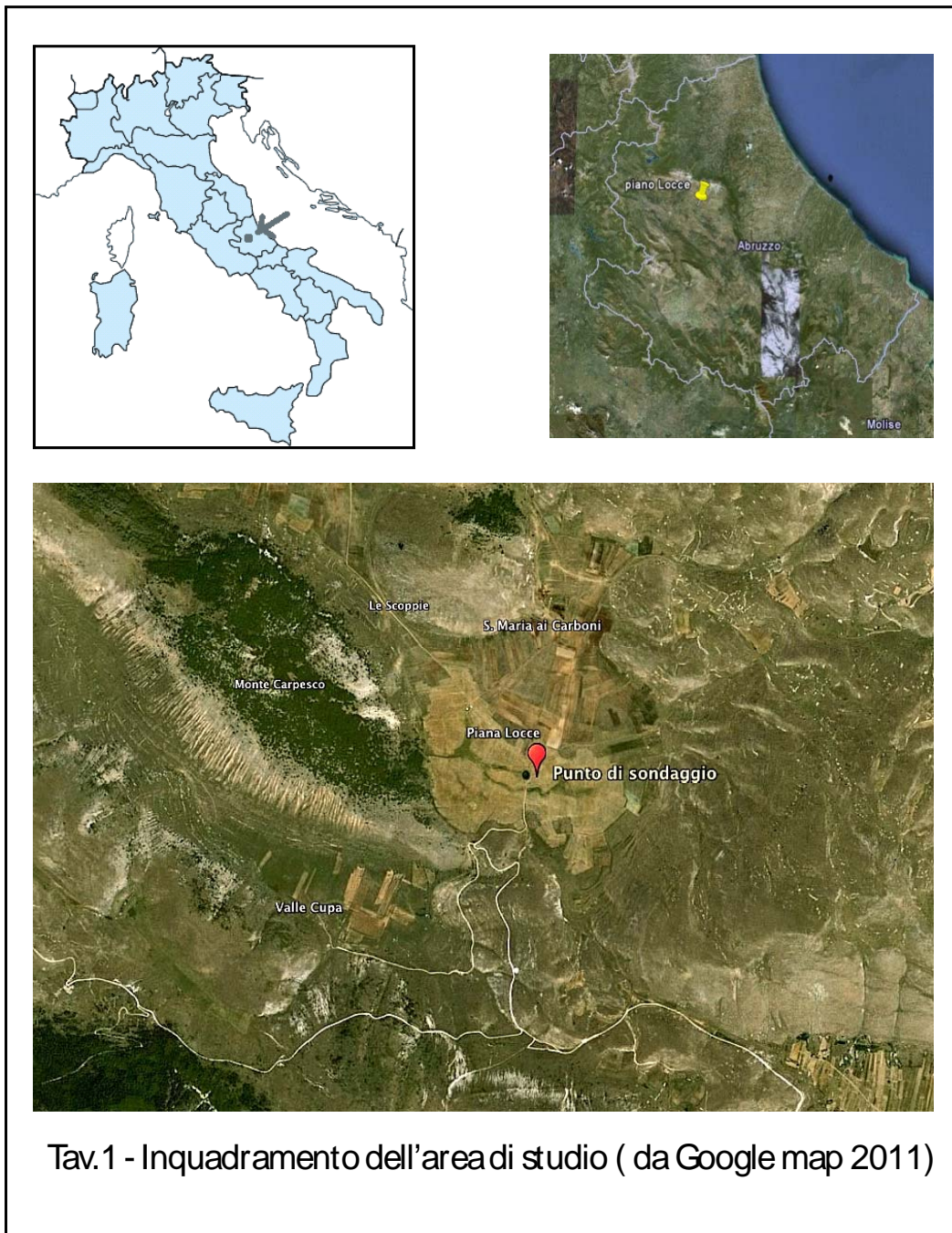
Il Gran Sasso annovera la vetta più elevata degli Appennini (Corno Grande, 2912 m) che nel settore settentrionale si caratterizza per le pareti precipiti, i paesaggi alpestri, le conche glaciali e le morene, con evidenti aspetti di montagna alpina, dove gli allineamenti montuosi delimitano splendide valli a morfologia glaciale quali Campo Pericolo, Venacquaro e Chiarino (Tammaro 1998 b). Sotto la vetta del Corno Grande si trova il Ghiacciaio del Calderone, ad una quota compresa tra circa 2700 e 2800 m s.l.m., che è l'unico ghiacciaio presente nell'Appennino. Il Calderone scomparve durante la prima parte dell'Olocene per poi ricostituirsi negli ultimi 4000 anni (Giraudi 2004; Giraudi *et al.* 2010). Attualmente è quasi estinto (Magaldi, *in verbis*).

Il Gran Sasso è caratterizzato da sequenze carbonatiche e silico-calcareo-marnose mesozoiche del dominio tetideo impilate tettonicamente nel Miocene superiore, durante l'orogenesi appenninica. Dal Pliocene superiore in poi l'edificio compressivo è stato ritagliato da faglie distensive responsabili della formazione di conche tettoniche colmate da depositi continentali quaternari (Lorè *et al.* 2002).

## **2.2 Localizzazione del sito “Piano Locce”**

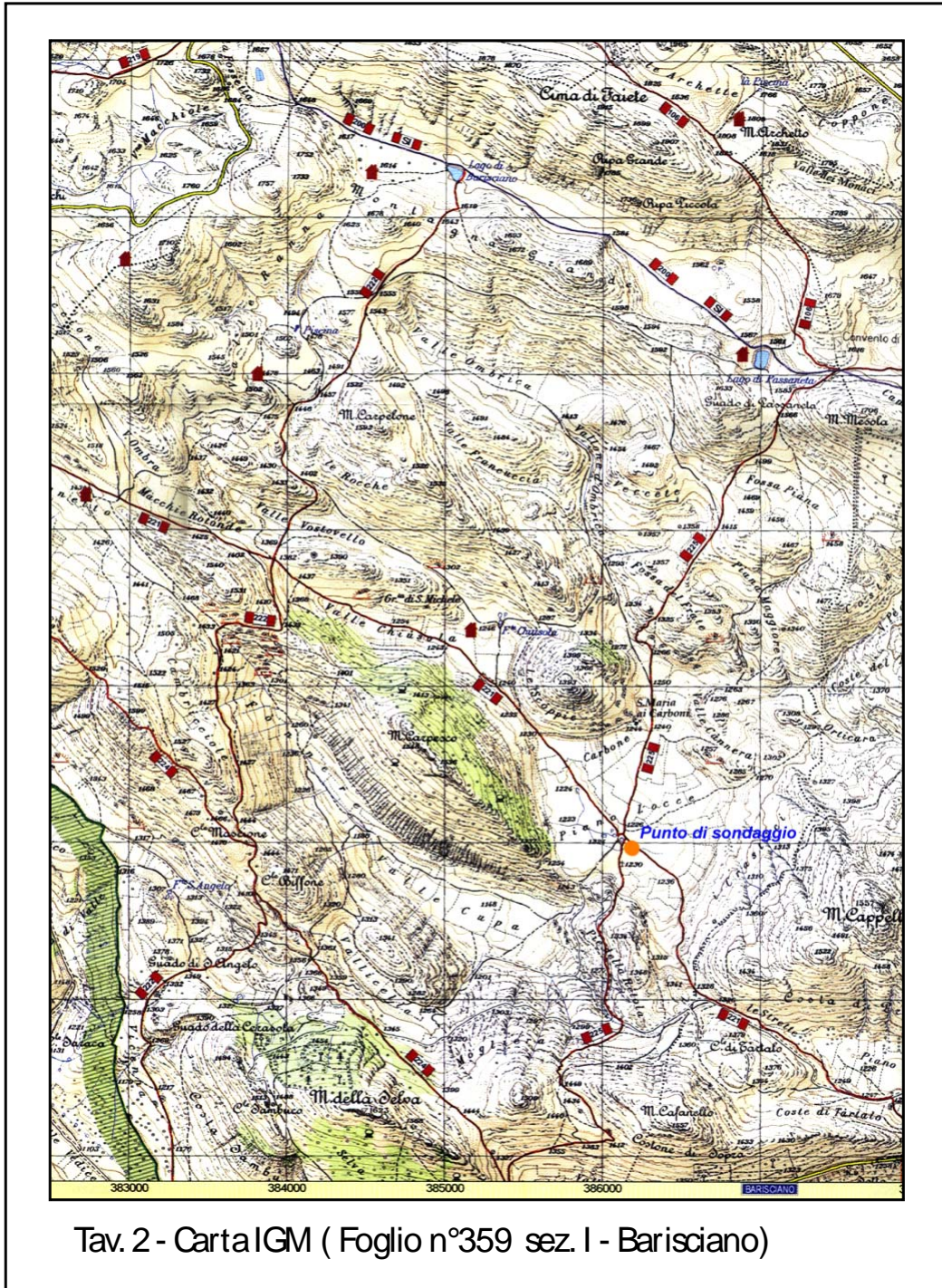
La depressione tettono-carsica di Piano Locce si apre sul versante meridionale del Massiccio del Gran Sasso, a una quota compresa tra 1225 e 1240 m s.l.m. (lat 42° 21' N, long 13° 37' E) ed è situata in comune di Barisciano (provincia di L'Aquila) (Tav.1 e Tav.2). Essa è compresa nel Parco Nazionale del Gran Sasso-Monti della Laga, che è localizzato per larga parte nel settore nord-occidentale della Regione abruzzese. Amministrativamente il Parco interessa tre regioni: Abruzzo (province L'Aquila e Teramo) Lazio (prov. Rieti) e Marche (prov. Ascoli Piceno); copre una superficie di 148.935 ettari di cui 125.151 in territorio abruzzese. Dal punto di vista geologico-geomorfologico risulta quanto riportato di seguito (da Magaldi *et al.* 2009). Piano Locce ha una forma grossolanamente pentagonale con diametro medio di circa 1,1 chilometri. Il settore centro-meridionale appare sostanzialmente pianeggiante, mentre il settore nord-orientale è occupato da un'ampia conoide di deiezione afferente ad un primitivo reticolo di valli, almeno in parte di origine fluviale, attualmente inattivo. La depressione è endoreica e lo smaltimento delle acque superficiali, è assicurato da un inghiottitoio ubicato lungo il margine occidentale, in corrispondenza di una faglia distensiva che ha come espressione una bene evidente scarpata morfologica.

## Tav. 1 - Area di Studio





Tav. 2 - Area di Studio



Nella depressione è presente un laghetto, probabilmente residuo di una forma a maggior sviluppo nel passato.

L'origine di Piano Locce è da ricondursi a fasi tettoniche, in regime distensivo e transtensivo, succedutesi a partire dal Pleistocene inferiore, che hanno resecato una superficie a bassa energia di rilievo probabilmente pliocenica (Superficie di Anzano), conferendo all'area una situazione strutturale del tipo *horst* e *graben* (Bertini *et al.* 1989). Il substrato è formato in prevalenza da unità carbonatiche mesozoiche, in facies di margine di piattaforma carbonatica e di transizione piattaforma-bacino (gradiente ribassato, rampa carbonatica, scarpata), costituite essenzialmente da calcari bioclastici, calcareniti e calciruditi, in strati da medi a spessi, a luoghi con intercalazioni micritiche (APAT, 2006). A queste seguono, in discordanza angolare, calcareniti e calciruditi cenozoiche in facies di rampa-piattaforma aperta. I depositi di riempimento della depressione sono costituiti da sedimenti di ambiente limno-palustre, con limitati apporti fluvio-torrentizi dai vicini e ripidi versanti; diffuse sono le coltri detritiche, a granulometria variabile, da grossolana (falde di detrito) a fine (coltri colluviali).

### **2.3 Principali aspetti climatici inerenti il sito**

L'orientamento prevalente da O ad E della catena principale del Gran Sasso e la netta dissimmetria del massiccio determinano un forte contrasto nelle condizioni termiche e pluviometriche dei due opposti versanti (Baldoni *et al.* 1999). Infatti nel versante rivolto a nord-est si registra una maggiore piovosità: le stazioni meteorologiche poste immediatamente a est del massiccio (es. Isola del Gran Sasso, Castelli, Fano a Corno) hanno precipitazioni medie annue > 1100 mm, mentre le stazioni situate a meridione rispetto alla catena del Gran Sasso risultano più aride con precipitazioni medie annue < 900 mm (Tab.1).

Stazione	Altezza m s.l.m.	Prec. medie annue	distanza da Piano Locce (in linea d'aria)
Barisciano	810	639 mm	4-4,5 km
S. Stefano di Sessanio	1221	748 mm	2,70 km
Casteldelmonte	1300	862 mm	9 km

Tab. 1 - Dati climatici del periodo 1926-1990 (da Baldoni *et al.* 1999)

Questo è dovuto al fatto che la catena del Gran Sasso, a causa del suo orientamento, cattura le correnti umide che provengono dall'Adriatico.

Per quanto riguarda le precipitazioni nevose le maggiori si registrano nel mese di gennaio che generalmente è il mese più freddo. La persistenza del manto nevoso è massima a Campo Imperatore (2137 m slm - distanza da Piano Locce in linea d'aria 10 km) con 187 giorni nevosi all'anno, da ottobre fino a maggio (Fig. 1 e 2).

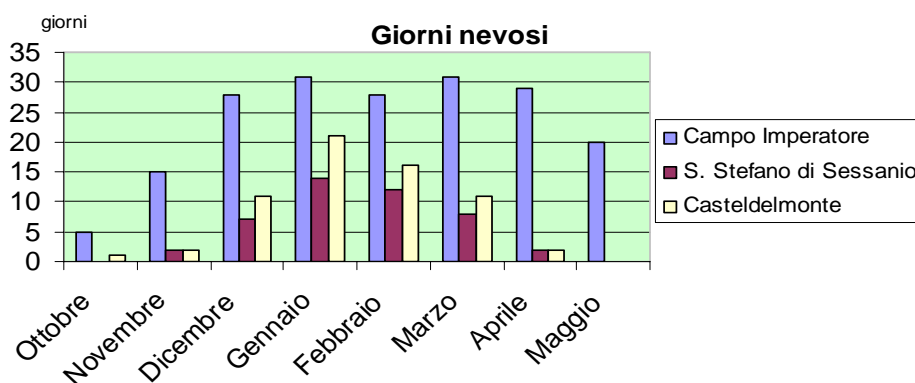


Fig. 1 - Distribuzione delle precipitazioni nevose (periodo di riferimento 1921-1970)

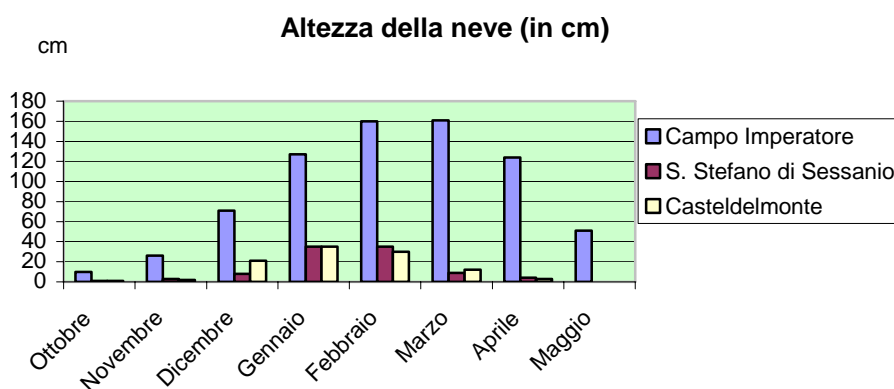


Fig. 2 - Altezza del manto nevoso in cm a fine mese (periodo di riferimento 1921-1970)

Anche per quanto riguarda le temperature vi è una rilevante differenza termica tra i due versanti. Il versante Sud è più caldo di quello Nord fino a circa 1000 m; si ha poi una inversione delle condizioni a quote maggiori. Tale andamento è da porre in relazione con l'influenza mitigatrice esercitata dall'Adriatico che rende meno continentale il clima del versante settentrionale del massiccio (Baldoni *et al.* 1999) (Fig. 3, Tab. 2).

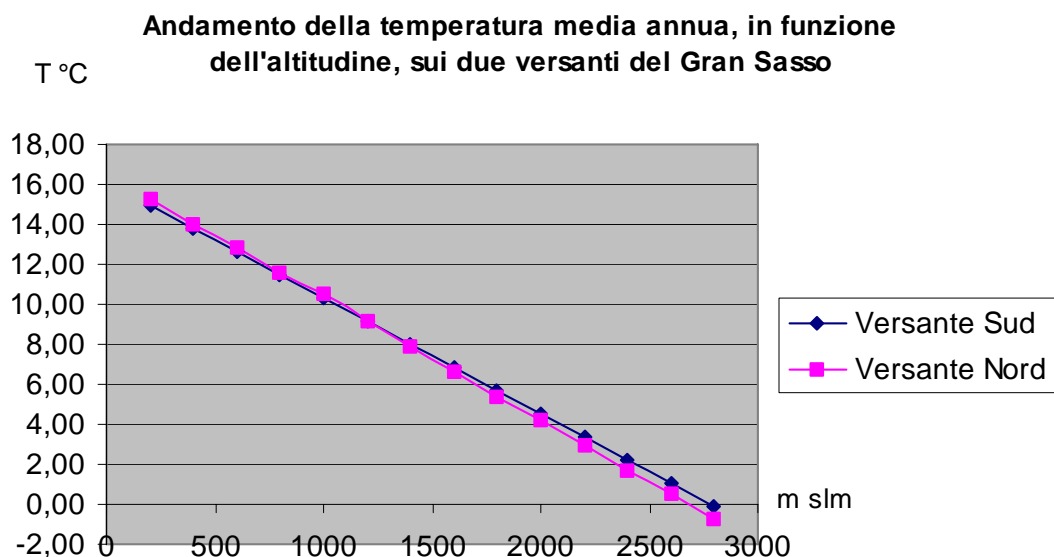


Fig. 3 - Andamento della temperatura in funzione dell'altezza sul livello del mare nel versante nord (linea rosa) e nel versante sud (linea rosa) (periodo di riferimento 1921-1970)

Stazione	Altezza m s.l.m.	T °C media annuale	T °C media min	T °C max media	T °C min assoluta	T °C max assoluta
Barisciano	810	11,3	5,8	16,7	-17	39
Casteldelmonte	1300	8,8	4,5	13,1	-20	36
Campo Imperatore	2130	3,7	0,9	6,4	-23,9	25,1

Tab. 2 - Dati inerenti la temperatura nel periodo 1926-1990 (da Baldoni *et al.* 1999)

Il mese più freddo è gennaio (febbraio per Campo Imperatore), il mese più caldo è generalmente luglio.



In base ai limiti altimetrici dei piani bioclimatici individuati da Baldoni *et al.* 1999, nel versante sud il piano bioclimatico montano, nel quale ricade Piano Locce, risulta compreso tra 850 e 1800 m slm.

#### 2.4 Aspetti floristico-vegetazionali del Gran Sasso Meridionale

La copertura vegetale del Gran Sasso è stata oggetto di vari studi inerenti sia le formazioni forestali sia quelle arbustive ed erbacee, primarie o secondarie (Furrer & Furnari 1960; Guglielmo & Barbagallo 1975; Bonin 1978; Tammaro 1995; 1998a; 1998b; Biondi *et al.* 1999; 2000; 2002; Blasi *et al.* 2003; Pirone *et al.* 2010a)

Per quanto riguarda la flora-vegetazione del territorio del Gran Sasso Meridionale appartenente amministrativamente alla Comunità Montana Campo Imperatore-Piana di

Navelli (Provincia di L'Aquila) (Fig.4), vengono di seguito delineati i principali tratti facendo riferimento soprattutto ai seguenti contributi: Tammaro 1992, 1998a, 1998b, e alla recente Carta della vegetazione (Pirone *et al.* 2010b) (Fig. 5).



Fig. 4 - Cartina della Provincia di L'Aquila con evidenziato il territorio appartenente alla Comunità Montana Campo Imperatore-Piana di Navelli.



Fig. 5 - Il territorio in esame nella Carta della Vegetazione (Pirone *et al.* 2010b). Il pallino rosso corrisponde alla localizzazione di Piano Locce.

### 2.4.1 Flora

Il territorio in questione è caratterizzato, nelle sue aree altomontane (oltre 2200 m) da paesaggi alpestri con ripide pareti, conche glaciali e morene, con orofite e relitti alpini e, nelle zone collinari-montane (800-1300 m), da vaste praterie xeriche con piante steppico-continentali e mediterranee, impiantate in conche carsiche interne. La disomogeneità di tale territorio, rende possibile l'esistenza di una flora ricca di elementi ecologicamente diversificati:

**1) Piante alpine e boreali:** piante delle regioni alpine e/o dell' Europa centrale e settentrionale, per lo più assenti nell'Italia peninsulare che hanno trovato stazioni di rifugio nei settori più elevati del massiccio dopo il ritiro dei ghiacciai quaternari. Rimaste isolate geograficamente si sono conservate come relitti o si sono differenziate in entità endemiche, spesso di valore geografico locale. Tra esse ricordiamo *Salix herbacea*, *Anemone narcissiflora*, *Silene acaulis*, *Dryas octopetala*, *Vaccinium myrtillus*, *Juniperus communis*, subsp. *alpina*, *Gentiana nivalis*, etc.

**2) Piante mediterranee e relitti xerici:** le piante mediterranee si rinvencono nelle zone basali del massiccio. Gli elementi xerici e steppici sono accantonati in conche parasteppiche interne, con microclima arido e suoli calcarei idrovori e secchi (Tammaro 1984). Sono relittuali di periodi interglaciali, secchi e caldi. Un esempio di specie mediterranea è *Matthiola fruticosa* s.l., mentre *Stipa capillata* rappresenta una specie steppico-continentale.

**3) Piante europeo-orientali ed asiatiche:** piante la cui distribuzione principale si trova nella penisola Balcanica o in territori più orientali (Caucaso). Appartengono a tale contingente sia piante di altitudine (es. *Leontopodium nivale*), che delle conche interne collinari e submontane (*Chamaecytisus spinescens*, *Ranunculus illyricus*, *Linum tenuifolium*, *Dianthus ciliatus*, *Quercus pubescens*, *Onosma echioides*, etc.).

**4) Endemismi:** sono insieme ai relitti glaciali e xerici, le piante più interessanti della flora del Gran Sasso. Tra essi *Gonolimon italicum* (pianta dei pascoli parasteppici delle Valli interne dell'Abruzzo) e *Minuartia trychocalycina*.

La presenza di numerosi relitti glaciali e relitti xerici, è conseguenza degli eventi paleoclimatici del Quaternario. Il massiccio del Gran Sasso fu infatti sede di imponenti glaciazioni (Demangeot 1975; Giraudi 2004) alternate da periodi interglaciali. La presenza di ghiacciai è testimoniata da circhi glaciali, valli a "U", massi erratici ed

accumuli morenici. Di origine glaciale è anche il colle morenico di San Giacomo (L'Aquila) ad una quota di circa 800 m, nel quale, durante la costruzione di gallerie autostradali, sono venuti alla luce due tronchi legnosi fossili di pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) (Tammaro *et al.* 1980) specie attualmente assente nell'Appennino centro-meridionale.

È interessante sottolineare che nella flora del Gran Sasso i generi più riccamente rappresentati sono quelli tipicamente nordici e alpini (*Alchemilla*, *Gentiana*, *Saxifraga*, *Androsace*, *Dryas*, *Vaccinium*, *Juncus*, *Adoxa*, etc.) e consistenti sono anche quelli steppico-continentali (*Astragalus*, *Anthemis*, *Achillea*, *Bromus*, *Euphorbia*, *Linum*, *Stipa*, etc.).

#### **2.4.2 Vegetazione**

**Fascia collinare** (400 - 800/900 m s.l.m.): è articolata in sottozone in relazione al tipo di substrato e alla quota. La parte più bassa (400-500 m) è attualmente caratterizzata dalla coltura dell'olivo. La vegetazione forestale è oggi molto frammentata e ridotta a causa dell'attività antropica, e per lo più degradata a macchia. L'entità forestale predominante, presente in forma arbustiva e in modo discontinuo e sporadico è il leccio (*Quercus ilex*). Tra i 600-900 m la vegetazione forestale rimane molto frammentata e degradata ed è rappresentata dai boschi nei quali prevalgono, a seconda dell'esposizione, dell'acclività e dei fattori edafici, la roverella (*Quercus pubescens* subsp. *pubescens*), il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e più raramente il cerro (*Quercus cerris*). Questa'ultima specie diventa dominante in aree con litotipi flyschoidi, sui quali, a volte come sui Monti della Laga, sono presenti anche selve di castagno (*Castanea sativa*) (Pirone *et al.* 2010a).

La vegetazione di questa fascia si inquadra nella serie *Cytiso sessilifoliae-Quercetum pubescentis*. Tale serie è legata ai bioclimi temperati con discreto grado di continentalità, e si afferma soprattutto su substrati calcarei spesso su suoli poco evoluti, in un range altitudinale compreso tra 500-600 e 1400 m.

I boschi del *Cytiso sessilifoliae-Quercetum pubescentis* si presentano spesso come cenosi degradate. La roverella è la specie dominante cui si accompagnano poche altre specie arboree, quali *Fraxinus ornus* e *Acer campestre*. Lo strato arbustivo è caratterizzato prevalentemente da *Cytisus sessilifolius*, *Rosa canina*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*, *Cornus mas*, mentre lo strato erbaceo è rappresentato

prevalentemente da *Brachypodium rupestre*, *Teucrium chamaedriss* e *Chamaecytissus spinescens*.

Per quanto riguarda le cenosi legnose di sostituzione sono rappresentate da arbusteti e mantelli collinari riferibili alle associazioni *Spartio juncei-Cytisetum sessilifolii* *Chamaecytisso-juniperetum oxycedri* talora in aspetti differenziati da *Buxus sempervirens*. In contatto seriale con queste sono i pascoli emicriptofitici dell'alleanza appenninica *Phleo ambigu-Bromion erecti*, riferibili, a seconda dell'ambito geografico e delle caratteristiche climatiche e podologiche, a differenti *syntaxa*.

Lo xerobrometo è il tipo di pascolo arido più diffuso nelle zone collinari e submontane. È di origine secondaria, derivato cioè dalla distruzione dell'originario bosco misto a roverella e si estende da 400 fino 1200-1400 m, dove si ricollega ai pascoli più freddi (Seslerieti). È sviluppato perciò in zone e settori dove maggiormente si esplica (e si è esplicita nei tempi passati) l'attività umana. A seconda dell'altitudine, pietrosità, esposizione e composizione flogistica, lo xerobrometo si differenzia in varie tipologie.

Un tipo di pascolo arido molto diffuso è costituito da praterie dominate dai cespi di *Stipa capillata*, che assumono la fisionomia di parasteppe continentali. Tali praterie, esistenti nelle zone interne calcaree dell'Italia centrale, soprattutto in conche a ridosso di grandi massicci montuosi, si caratterizzano anche per l'abbondanza di piante orientali s.l. e steppico-continentali e sono state descritte per la prima volta per località del versante meridionale del Gran Sasso (Barisciano, Calascio, etc.) (Tammaro 1984).

In alcuni fondovalle ove il suolo è più profondo e umido si impiantano prati falciabili. Sono molto ridotti essendo tali aree utilizzate per le colture (ceci, lenticchie, medica, orzo, etc.)

Le serie accessorie sono rappresentate da serie dei boschi termofili del *Roso sempervirentis- Quercetum pubescentis*, dell'*Asparago acutifolii-Ostryetum carpinifoliae* o, più genericamente, dei boschi e boscaglie miste di caducifoglie termofile a impronta balcanica del *Carpinion orientalis*. Le serie dei boschi misti submontani a dominanza di *Ostrya carpinifolia* del *Laburno anagyroidis-Ostryenion*, si rinvengono prevalentemente sui versanti esposti ai quadranti settentrionali.

Le formazioni forestali di origine antropica sono rappresentati soprattutto da rimboschimenti a *Pinus nigra*.

**Fascia montana** (800-1900 m s.l.m.): la vegetazione prevalente è la faggeta anch'essa discontinua a seguito della sostituzione antropica con i pascoli montani. Al faggio (*Fagus sylvatica*) si accompagnano, nelle zone più basse, il cerro, gli aceri (*Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Acer opalus* subsp. *obtusatum*) e il tasso (*Taxus baccata*).

La vegetazione di questa fascia nella parte più bassa (1000-1400 m) si inquadra nella serie *Anemone-apenninae-Fago sylvaticae*, descritta più oltre (paragrafo 4.2.3) e nella serie *Cardamino Kitaibelii-Fago sylvaticae* tra 1400 e 1800 /1900 m. Questa serie è distribuita sui rilievi calcarei dell'Appennino centrale, nell'ambito dei piani bioclimatici supratemperato ultra-iperumido/iperumido e oro-termotemperato ultra-iperumido/iperumido fino al limite della vegetazione forestale. La serie è caratterizzata dalla sola presenza nello strato arboreo del faggio mentre il sottobosco è caratterizzato da *Cardamine enneaphyllos*, *Polystichum aculeatum*, *Saxifraga rotundifolia*. Gli stadi della serie sono i mantelli e gli arbusteti riferibili all'alleanza Berberidion. Alcuni degli aspetti più diffusi sono quelli a dominanza di lentaggine (*Viburnum lantana*), di ribes (*Ribes uva-crispa*, e *R. alpinum*), di Crespino (*Berberis vulgaris*), di spinocervino (*Rhamnus catartica*), di pero corvino (*Amelanchier ovalis*), di cotognastro minore (*Cotoneaster integerrimus*), di ciliegio canino (*Prunus mahleb*).

Nel Gran Sasso le faggete sono sviluppate soprattutto sui versanti freschi e umidi (versante orientale e settentrionale), dove si presentano dense e estese mentre sono rare sul versante Meridionale. Come riportato nel paragrafo relativo agli aspetti climatici l'orientamento della catena principale del Gran Sasso e la dissimmetria del massiccio determinano differenze di temperature e piovosità sui due versanti che si riflettono sulla distribuzione delle tipologie vegetazionali (Baldoni *et al.* 1999). Alla maggiore piovosità dei versanti settentrionale ed orientali si devono le vaste faggete. Al contrario, lo scarso sviluppo dei boschi e la grande estensione delle praterie xeriche nel versante aquilano sono la conseguenza, oltre che del taglio e dell'incendio di secoli e millenni passati, della minor quantità di precipitazione e del substrato calcareo, maggiormente permeabile (Tammara 1995,1998).

La vegetazione erbacea della serie è rappresentata da pascoli mesofili e xerofili di varie associazioni, inquadrate nei syntaxa *Bromion erecti* e *Brachypodenion genuensis* e, più sporadicamente *Ranunculo-Nardion*. Rari i prati della classe *Molinio-Arrhenatheratea*.

I pascoli submontani e montani (da 800 a 2000 m) sono ampiamente diffusi sul Gran Sasso Aquilano, estendendosi a perdita d'occhio. Tutto il paesaggio ne è dominato; solo in qualche tratto sono interrotti da boscaglie di faggio (es. base di Monte Cristo) o da radi querceti a roverella (dintorni di Barisciano, Castelvecchio, Calvisio, etc.) o da pinete di rimboschimento (S. Stefano di Sessanio e altrove), e infine anche da rupi e pietraie.

Per quanto riguarda l'origine di queste praterie Tammaro (1995) riporta che secondo molti autori si tratta di formazioni erbacee secondarie, succedute a vegetazioni forestali (querceto misto nelle fasce più basali, faggete nelle più elevate) distrutte per azione antropica; per taluni autori, ad es. Rivera 1956, le praterie di altitudine di Campo Imperatore e zone limitrofe sono considerate formazioni primarie determinate da condizioni climatiche, soprattutto scarsità di piogge, che non rende possibili l'impianto e lo sviluppo di flore forestali.

Le serie accessorie sono: le serie delle faggete termofile dell'*Anemone-Fagetum sylvaticae* e del *Lathyro veneti-Fagetum*; serie dei ginepreti prostrati del *Daphno oleoidis-Juniperion alpinae*; serie degli arbusteti a pino mugo dell'*Epipactido atropurpureae-Pinion mugo*; serie del *Carici humilis-Seslerietum apenninae*, che si afferma come prateria primaria nelle situazioni di cresta; serie della vegetazione casmofitica del *Saxifragion australis*, serie della vegetazione glareicola del *Linario-Festucion dimorphae*.

**Fascia subalpina** (1900-2400 m s.l.m.): ricade in questa fascia la serie appenninico centro-meridionale neutrobasifila degli arbusteti a ginepro nano (*Daphno oleoidis-Juniperion nanae*). Il piano bioclimatico di riferimento è quello dell'orotemperato ultraiperumido-iperumido, localmente supratemperato ultraiperumido-iperumido. Gli arbusteti alto montani sono dominati dal ginepro nano *Juniperus communis* subsp. *alpina* che alle quote inferiori si trova insieme con uva ursina (*Arctostaphylos uva-ursi*) e altri arbusti.

Gli stadi regressivi della serie sono rappresentati da praterie subalpine a dominanza di *Sesleria tenuifolia* s.l. e/o *Carex kitaibeliana* del *Seslerion apenninae*.

Le serie accessorie sono: praterie primarie del *Seslerion apenninae*, saliceti prostrati dell'*Arabidion coeruleae*, vegetazione delle vallette nivali del *Salicion herbaceae* e del

*Ranunculo-Nardion*, vegetazione glareicola dei ghiaioni mobili (*Linario-Festucion dimorphae*), vegetazione casmofitica delle rupi (*Saxifragion australis*).

Il paesaggio è caratterizzato da formazioni a arbusti prostrati, pascoli, pietraie a ghiaioni. I pascoli altitudinali sono caratterizzati da elevata pietrosità, da tratti con numerose rocce affioranti, e brecciai consolidati.

**Fascia alpina** (2400-2570 m s.l.m.): caratterizza questa fascia la serie appenninico centrale della vegetazione primaria d'altitudine; il tipo bioclimatico va dall'orotemperato ultraiperumido-iperumido al criotemperato ultraiperumido-iperumido. I suoli sono primitivi (litosuoli) e frequentemente soggetti a fenomeni di criturbazione.

Il geosigmeto del piano alpino si articola in un complesso di microgeosigmeti:

-microgeosigmeto dei versanti acclivi a mediamente acclivi, delle creste e dei ghiaioni consolidati (*Leontopodio nivalis-Elynetum myosuroidis, Arabidion caeruleae*)

-microgeosigmeto delle vallette nivali e delle micro doline (*Ranunculo-Nardion, Salicion herbaceae*) su suoli profondi. Comunità a salice nano sono presenti al limite meridionale dell'areale della specie, sui Monti della Laga e sul Gran Sasso d'Italia.

-vegetazione glareicola dei ghiaioni mobili (*Linario-Festucion dimorphae*)

-vegetazione casmofitica delle rupi (*Saxifragion australis*)

-vegetazione rupicola d'altitudine con diverse associazioni.

### **Rimboschimenti a conifere**

Vari settori montani e submontani sono stati rimboscati con conifere. A Fonte Vetica, località in Comune di Castel del Monte, è stata impiantata una abetina nel 1901, e sono stati impiegati abete rosso, abete bianco, larice e pino nero di Valletta Barrea. Rimboschimenti a prevalente pino nero sono diffusi in tutto il territorio del Gran Sasso meridionale. La maggior parte dei rimboschimenti risale agli anni 50; gli impianti più vecchi (dintorni di Barisciano, Castel del Monte, Navelli) presumibilmente all'inizio del secolo XX (Tammaro 1995).

### **Coltivi**

Sono localizzati soprattutto nel fondovalle e nelle conche carsiche non distanti dai centri abitati (Castelvecchio Calvisio, Carapelle, Santo Stefano, Barisciano, etc.). L'agricoltura è povera e la conduzione è familiare. Poche sono le cooperative, sorte soprattutto per la zootecnia e per la coltivazione dello zafferano (*Crocus sativus* L.), la

più caratteristica coltura della zona (Tammaro 1990). Altre colture montane della zona sono le leguminose da granella: il cece (*Cicer arietinum* L.), coltivato soprattutto a Navelli; la lenticchia (*Lens culinaris* Medicus) a Santo Stefano di Sessanio, che appartiene ad una varietà rara e antica impiegata soltanto nei terreni aridi di alta montagna tra i 1150 e i 1450 metri; oltre che a Santo Stefano di Sessanio è coltivata anche in tutto il territorio di Barisciano, Calstelvecchio, Castel del Monte e Calascio. La raccolta viene ancora svolta con metodi tradizionali e la produzione un tempo rivolta al consumo familiare, si rivolge sempre più al mercato. Alcuni documenti storici risalenti all'epoca medievale e aventi per riferimento il Monastero di S. Vincenzo al Volturno, che a quei tempi possedeva ampi territori nella zona aquilana, attestano che in quell'area venivano coltivati i legumi. Nell'ampio contratto di livello del 998 d.C. relativo alle proprietà di Tussio, Carapelle e Trita (Valle del Tirino) si fa esplicito riferimento ai legumi locali. Ciò fa desumere che a quel tempo i legumi rivestissero già il ruolo di colture di pieno campo, e quindi economicamente importanti tanto da essere sottoposti al canone livellario ([www.parks.it](http://www.parks.it)). L'importanza economica e agronomica della coltura si è protratta fino ai giorni d'oggi e ha spinto i produttori, nel 2008, a costituire un'associazione per la tutela e la valorizzazione della lenticchia e a seguire attentamente un preciso disciplinare tecnico di produzione ([www.parks.it](http://www.parks.it)).

Altre coltivazioni erbacee sono cereali (grano, orzo, segale), erba medica e lupinella.

I vigneti sono soprattutto nella zona di Capestrano; qui esistono anche oliveti, impiantati su terreni in pendio, esposti a mezzogiorno. Rari sono i frutteti (noci, mele, etc.) per lo più per uso familiare.

La pianta più diffusa come albero da frutta è il mandorlo, quasi ovunque non più curato né raccolto.

#### **2.4.3 Aspetti floristico-vegetazionali di “Piano Locce”**

La conca carsica di Piano Locce è inquadrabile nella Regione Bioclimatica Temperata e rientra nel Piano bioclimatico Supratemperato Inferiore (Blasi *ed.* 2010). La conca ospita una vegetazione prativa con campi coltivati a cereali e leguminose (lenticchia e lupinella) e incolti su un suolo franco limo argilloso, di colore umido bruno molto scuro (10 YR2/2) a luoghi coperto da ciottoli calcarei di diametro compreso tra 2 e 10 cm. Questo suolo a profilo A/C si è formato prevalentemente su materiali colluviali



provenienti dai versanti circostanti ed è classificabile come Hydraquent (Magaldi *et al.* 2009).

Dalla recente carta della vegetazione e trattazioni che la integrano (Pirone *et al.* 2010 a; 2010 b), risultano caratteri vegetazionali esposti di seguito.

Piano Locce rientra in un ambito territoriale caratterizzato dalla serie appenninica meridionale neutrobasifila del faggio (*Anemono-apenninae-Fago sylvaticae sigmetum*). La faggeta rappresenta quindi la vegetazione naturale potenziale della fascia montana nella quale ricade Piano Locce.

La vegetazione prativa attualmente presente deve essere interpretata come vegetazione di sostituzione della serie sopraindicata, quindi come una prateria secondaria, formatasi in seguito alla distruzione del bosco operata dall'uomo.

La serie *Anemono-apenninae-Fago sylvaticae* è presente in quasi tutti i gruppi montuosi della regione, ed è presente prevalentemente sui rilievi calcarei e calcareo-dolomitici; l'ambito bioclimatico è quello supratemperato da umido-subumido a ultraiperumido-iperumido. Il range altitudinale è compreso tra 1000 e 1400 metri. Si tratta di faggete termofile, con aspetti misti, a struttura alquanto varia, includenti altre latifoglie mesofile (*Acer* sp.pl. *Sorbus aucuparia*, *Quercus cerris*, *Ostrya carpinifolia*, *Carpinus betulus*). A queste entità si accompagnano più raramente *Taxus baccata* e *Abies alba*. Lo strato arbustivo è composto prevalentemente da *Daphne laureola*, *Rosa arvensis*, *Euonymus latifolius*, *Crataegus oxycantha*, *Rubus hirtus* e più raramente, da *Ilex aquifolium*. Nello strato erbaceo sono abbondanti *Sanicula europea*, *Valium odoratum*, *Viola reichenbachiana*, *Melica uniflora*, *Lathyrus venetus*.

Gli stadi della serie sono rappresentati sia da cenosi legnose di sostituzione che da pascoli. Le cenosi di sostituzione su substrati calcarei sono prevalentemente mantelli e arbusteti montani del *Berberidion vulgaris*, ascrivibili alle associazioni *Viburno lantanae-Juniperetum communis*, *Citiso sessilifolii-Crataegetum laevigatae* e, talora, *Rhamno alpinae-Amelanchieretum ovalis*; su substrati acidi sono mantelli e arbusteti dell'alleanza *Sarothamnion scopari*. In zone con buone disponibilità idrica nel terreno sono presenti, sui substrati flyschoidi, aspetti di pre-bosco a dominanza di *Populus tremula* riferibili all'suballeanza appenninica *Aceri obtusati-Populenion tremulae*.

I pascoli xerofili appartenenti alla serie afferiscono a diverse associazioni del *Phleo ambigui-Bromion erecti*. Sui versanti meno acclivi o con maggiore ritenzione idrica del

suolo i pascoli, meno xerofili, sono ascrivibili all'alleanza *Bromion erecti*. Dove il suolo si presenta più umido, come ad esempio ai margini dei depositi lacustri dei piani carsici sono presenti prati da sfalcio dell'alleanza *Cynosurion cristati*, ascrivibili all'associazione *Cynosurion cristati- Trifolietum repentis* o ad altri aggruppamenti.

Sulle pendici circostanti Piano Locce sono presenti, soprattutto sui rilievi cartonatici, nuclei di rimboscimento a *Pinus nigra*, con *Abies alba*, *Picea excelsa* e *Pinus sylvestris* anche molto estesi che rappresentano formazioni forestali di origine antropica

*Storia del paesaggio vegetale e dell'impatto antropico nell'area del Gran Sasso (Abruzzo) in base a polline, palinomorfi non pollinici e microcarboni (sondaggi di Piano Locce, 1225 m slm)*

### **3 MATERIALI E METODI**

#### **3.1 Campionamento e campioni**

Sono stati analizzati 91 subcampioni provenienti da 2 carote: carota lunga PL1 e carota corta PL2. Quest'ultima, PL2 costituisce la parte sostanziale della tesi. Dell'altra, PL1, sono stati studiati solo alcuni campioni utili per raccordare le due carote, e utili per correlazioni con gli aspetti pedologici. Le due carote vengono di seguito descritte iniziando dalla più lunga PL1.

##### **3.1.1 Carota PL1**

###### **3.1.1.1 Prelievo carota**

Nel 2003 è stato effettuato a Piano Locce il primo sondaggio a carotaggio continuo tramite carotatore ambientale dalla Ditta Geo S.a.s dell'Ing. Bruno Taddei & C.-L'Aquila. La carota, trasportata nel laboratorio della Facoltà di Ingegneria dell'Università dell'Aquila, è stata descritta dal punto di vista stratigrafico (da A. Loré e D. Magaldi) (Fig. 6), quindi sono stati prelevati subcampioni dalle varie unità stratigrafiche da sottoporre alle seguenti analisi: 1) analisi granulometriche (D. Magaldi e P. Lorenzoni - Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo – sezione di Rieti; 2) analisi chimica tramite XRF (R. Volpe e G. Benedetti - Dipartimento di Chimica, Ingegneria Chimica e Materiali, Università dell'Aquila; 3) analisi micromorfologica in sezione sottile (D. Magaldi); 4) analisi dei minerali vulcanici e correlazioni cronologiche inerenti. Queste ultime analisi sono state eseguite su alcuni livelli più ricchi in vetro e minerali vulcanici da G. Zanchetta - Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa e R. Sulpizio, Dipartimento Geomineralogico, Università di Bari; 5) analisi palinologiche oggetto della presente tesi, descritte sotto in dettaglio.

###### **3.1.1.2 Subcampionamento per l'analisi pollinica**

Tale campionamento è stato eseguito da D. Magaldi. Sono stati prelevati 69 subcampioni (di seguito = campioni per brevità e indicati con la Sigla PL1) a distanze di 30-100 cm in base alla stratigrafia. Tale campionamento era mirato a ottenere un inquadramento vegetazionale a bassa risoluzione. I campioni sono di seguito elencati, indicando il numero del campione, la profondità in m, la tessitura, il rapporto limo/argilla e la % di sostanza organica (Tab.3).

n° campioni	profondità in m	tessitura	Limo/Argilla	% Sostanza organica
PL1-00	0,0	F	2,4	32
PL1-01	2,8	FL	2,8	12
PL1-02	3,1	FLA	2	13
PL1-03	4,5	FS	5,3	6
PL1-04	6,2	FSA	1,3	8
PL1-05	8,4	FS	4,3	4
PL1-06	9,0	FL	14,5	11
PL1-07	9,4	FLA	1,7	13
PL1-08	9,7	FL	2,9	10
PL1-09	10,9	FS	10,5	4
PL1-10	11,7	FL	-	-
PL1-11	13,0	FL	3,2	5
PL1-12	13,8	FS	-	-
PL1-13	14,0	FA	0,8	10
PL1-14	14,6	FL	2,6	12
PL1-15	16,0	FL	2,3	24
PL1-16	16,7	FL	2,9	16
PL1-17	18,4	L	12,7	7
PL1-18	21,4	F	7,7	21
PL1-19	22,0	F	2,2	26
PL1-20	22,2	F	3	13
PL1-40	23,0	FL	7,6	16
PL1-41	23,5	FL	3,5	18
PL1-42	24,0	FL	1,4	17
PL1-43	25,5	FLA	3	14
PL1-44	26,4	FLA	-	-
PL1-45	27,0	FS	-	-
PL1-46	27,4	FLA	4	12
PL1-47	28,6	AL	5,2	11
PL1-48	30,0	FS	9,7	10
PL1-49	30,6	FL	1,1	10
PL1-50	31,2	FA	-	-
PL1-51	31,8	FS	8,1	7
PL1-52	32,2	FL	7,6	8
PL1-54	33,0	FL	15	9

n° campioni	profondità in m	tessitura	Limo/Argilla	% Sostanza organica
PL1-55	33,9	FL	3	7
PL1-56	35,1	FS		
PL1-57	36,0	L	7,6	7
PL1-58	36,4	FL	8,1	9
PL1-59	37,3	FL	8,6	24
PL1-60	38,7	FL	8,6	12
PL1-62	40,0	FL	2,6	4
PL1-63	40,4	FLA	10,1	4
PL1-64	42,1	L	12,3	6
PL1-65	42,7	FL	25,4	8
PL1-66	43,3	FS	24	8
PL1-67	44,0	FS	20,3	8
PL1-68	44,5	FS	9,1	7
PL1-69	46,0	FL	-	-
PL1-70	46,5	FS	-	-
PL1-71	49,6	FS	8,4	15
PL1-72	52,2	FS	8,9	15
PL1-73	54,0	FL	-	-
PL1-74	56,8	FL	9,8	10
PL1-75	57,4	FS	-	-
PL1-76	58,0	FL	10	10
PL1-77	58,7	FL	1,5	12
PL1-78	60,3	FLA	1,6	15
PL1-79	61,0	FA	2,1	14
PL1-80	65,1	FL	4,3	13
PL1-81	65,2	FL	8,7	8
PL1-82	67,5	FL	12,1	4
PL1-83	71,0	FL	5	7
PL1-84	72,0	FL	5	7
PL1-85	73,0	FL	6,8	8
PL1-86	74,4	FS	-	-
PL1-87	75,3	FL	7,3	7
PL1-88	76,1	FL	7,6	5
PL1-89	78,0	FL	13,2	4

Tab.3 - Carota PL1: campioni prelevati per l'analisi pollinica.

Tutti i campioni sopraelencati sono stati sottoposti a trattamento chimico-fisico per l'estrazione del polline (vedi par. 3.1.4). Quindi, su alcuni campioni è stato effettuato una analisi di saggio per stimare entità/qualità del contenuto pollinico e valutare la potenzialità del materiale per la ricostruzione paleoambientale (Torri *et al.* 2009). In base a tali analisi si è deciso di effettuare un secondo sondaggio in modo da ottenere una carota che ricoprisse un minor spazio temporale (Tardo Pleistocene e Olocene), ma che potesse essere campionata più fittamente.

A uno stadio successivo della tesi, quando già era emerso il quadro generale della carota corta PL2, sono poi stati scelti 10 campioni della carota lunga PL1, da sottoporre ad analisi (Tab.4), con i seguenti scopi:

- 4 campioni di sovrapposizione con la carota corta PL1 per effettuare un controllo e raccordare le due carote (da PL1-00, PL1-01 PL1-02 PL1-03)
- 6 campioni (PL1-04, PL1-05, PL1-11, PL1-14, PL1-15, PL1-47) per verificare se vi

gossero parametri pollinici correlabili al livello di pedogenesi (desunto dal rapporto  $Fe_{os}/Fe_{di}$  -valori alti = processi pedogenetici poco evoluti).

Campione	Profondità (cm)	tessitura	rapporto limo/argilla	% Sostanza organica	rapporto Fe ossalato/Fe ditionoto	Ferro libero
PL1-00	0	F	2,4	32		
PL1-01	2,8	FL	2,8	12		
PL1-02	3,1	FLA	2	13		
PL1-03	4,5	FS	5,3	6		
PL1-04	6,2	FSA	1,3	8		
PL1-05	8,4	FS	4,3	4		
PL1-11	13	FL	3,2	5	20,9	2,41
PL1-14	14,6	FL	2,6	12	3,6	0,79
PL1-15	16	FL	2,3	24	14,6	1,72
PL1-47	28,6	AL	5,2	11	3,7	0,8

Tab.4 - Carota PL1: campioni esaminati per la presente tesi.

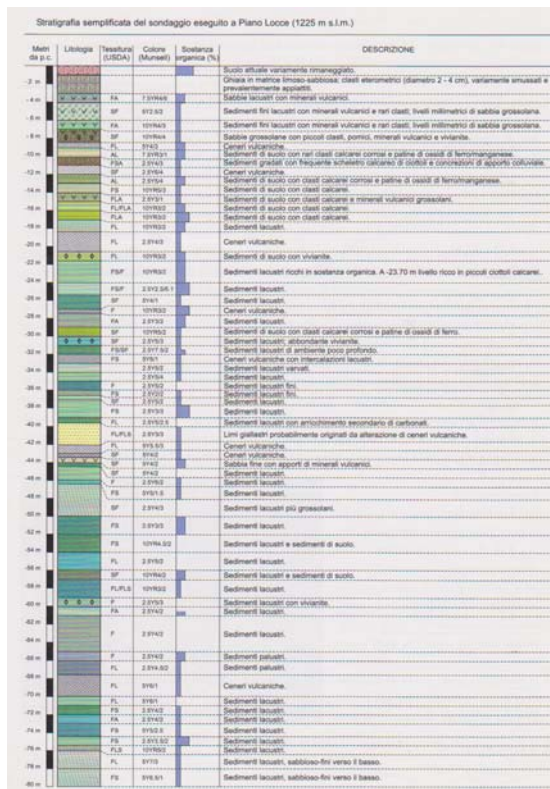
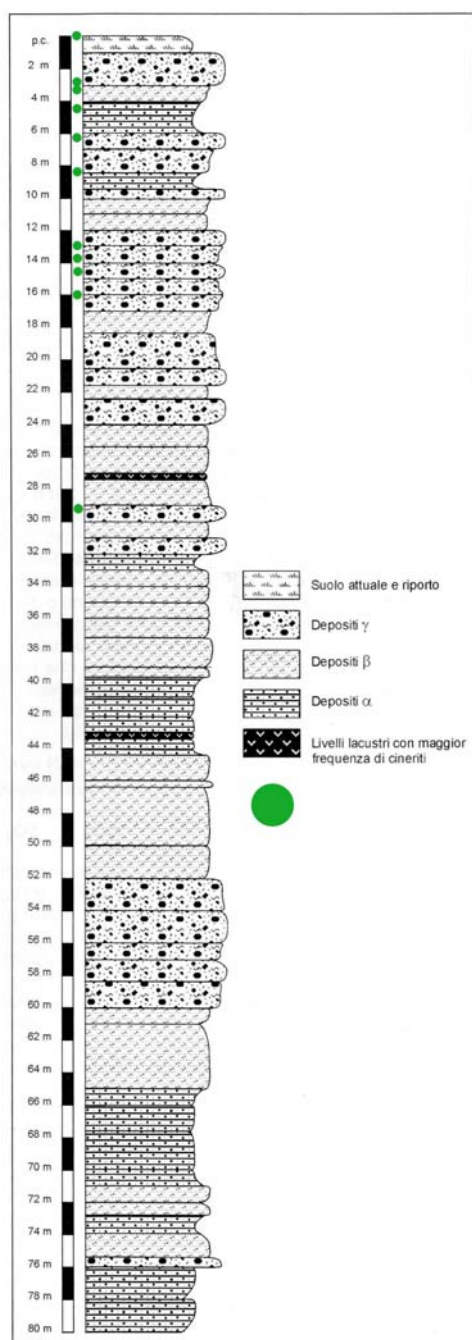


Fig. 6 - Stratigrafia semplificata del deposito di riempimento della conca (da Magaldi et al. 2006).

### 3.1.1.3 Descrizione sintetica della carota PL1

La stratigrafia emersa dalle osservazioni di campagna e da alcune analisi fisiche (granulometria e colore) e chimiche (% della sostanza organica sul setacciato a 2 mm e % di “ferro libero”) mostra (Fig.6: Magaldi et al. 2006) una alternanza di materiali finemente stratificati propri di ambiente lacustre e di piroclastiti a granulometria variabile tra media e fine. Alcuni livelli sono stati classificati come suoli e sedimenti di suolo con caratteri di idromorfia.

Risulta che il deposito di riempimento di Piano Locce è costituito da clasti di grandezza medio-fine, con caratteristiche a volte tipicamente lacustri, a volte tufitiche, queste ultime intensamente pedogenizzate. Inoltre emerge una relazione inversa tra l'andamento del rapporto limo/argilla e il contenuto di sostanza organica (indicativo dei processi pedogenetici avvenuti o in atto) che tende a diminuire con la profondità. Il rapporto Fe ossalato/Fe ditionito (che scaturisce dall'analisi del "ferro libero") è alto per quasi tutti i campioni, ad indicare che i processi pedogenetici sono stati poco evoluti.



La genesi del riempimento, avvenuta prevalentemente in ambiente riducente palustre, vista la frequenza di vivianite autigena, è dovuta sia a materiali provenienti dall'erosione dei versanti, sia piroclastici dai vulcani esterni all'area abruzzese e forse interni, a causa della comune presenza di sanidino e augite.

Altri dati, pubblicati di recente, sono emersi dalle analisi micro morfologiche, dalle analisi chimiche e chimiche-mineralogiche tramite microscopia ottica, spettrometria SEM-EDS e dalle analisi chimiche totali per fluorescenza X (Magaldi *et al.* 2009).

In base ad essi il riempimento risulta suddiviso in tre gruppi di deposito:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  (Fig. 7). Il gruppo  $\alpha$  rappresenta materiali sedimentari non pedogenizzati di ambiente palustre (in questo gruppo ricade il campione pollinico esaminato PL1-03, a 4,50 m di profondità); il gruppo  $\beta$ , materiali variamente pedogenizzati (campione pollinico PL1-02 a 3,10 m di profondità);

Fig. 7 - PL1: Stratigrafia semplificata del deposito di riempimento della conca (da Magaldi *et al.* 2009). Il pallino verde corrisponde ai campioni della carota PL1 esaminati nel presente lavoro.

il gruppo  $\gamma$  rappresenta sia sedimenti palustri che tufiti pedogenizzate con suoli decisamente idromorfi (campioni pollinici PL1-00 - suolo superficiale, PL1-01 - 2,80 m, PL1-04 - 6,20m, PL1-05 - 8,40m, PL1-11 - 13,00m, PL1-14 - 14,60m, PL1-15 - 16,0m, PL1-47 - 28,6m). In questi ultimi due gruppi l'azione pedogenetica ha il sopravvento sulla sedimentazione, dando origine a microstrutture otticamente anisotrope ed a una certa orientazione dei domini argillosi. La composizione chimica totale, ottenuta tramite la fluorescenza X su 24 campioni rappresentativi dell'intera serie, risulta compatibile con quella di prodotti vulcanici medio-basici e in particolare con quelli appartenenti alla Provincia Comagmatica Romana (Lazio e Campania).

Ne segue che l'intero riempimento, costituito da materiali molto simili, deve interpretarsi come una sequenza di piroclastiti fortemente alterate e variamente mescolate con apporti dai rilievi circostanti e dal residuo insolubile dei calcari, che si sono sedimentate in ambienti prevalentemente riducenti di tipo lacustre-palustre ma soggetti a periodiche emersioni che ne determinavano una pedogenesi generalmente modesta. I livelli vulcanici di Piano Locce comprendono ceneri fini e grossolane spesso ben selezionate (*sorted*). Alcuni dei livelli appaiono più rimaneggiati, sia per la presenza di cristalli di quarzo eolico che di clasti carbonatici provenienti dai vicini versanti calcarei. Le analisi al microscopio elettronico condotte sui campioni più ricchi di minerali vulcanici, hanno evidenziato come il vetro vulcanico della stragrande maggioranza dei livelli sia completamente alterato e quindi inutilizzabile per la classificazione chimica-petrografica dei livelli stessi. Due soli campioni, meno alterati, hanno potuto essere classificati e correlati a eruzioni del vulcano di Vico e dei Colli Albani rispettivamente. Con conseguenti deduzioni cronologiche (vedi par. 3.1.3).

### **3.1.2 - Carota PL2**

#### **3.1.2.1 Prelievo carota**

Nel luglio 2008 è stato effettuato, dalla stessa Ditta che effettuò il carotaggio PL1, un secondo sondaggio a carotaggio continuo, a poca distanza dal punto di prelievo della carota PL1, che ha permesso di ottenere la carota PL2 lunga 10 m e con diametro 10 cm (Tav.3). La carota, suddivisa in segmenti di 1m, è stata collocata in apposite cassette di plastica e trasportata nel laboratorio di Palinologia e Paleobotanica dell'Università di Modena e Reggio Emilia. Essa è poi stata fotografata e descritta dal punto di vista litostratigrafico.



## Tav. 3 Sondaggio carota PL2

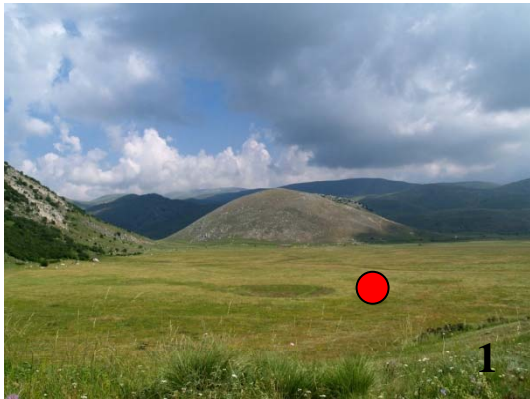


Fig. 1 Piano Locce e punto di campionamento; Fig. 2 Carotatore; Fig. 3 Punto di prelievo; Fig. 4 Carotatore in funzione; Fig. 5 Fuoriuscita di un segmento di carota; Fig. 6 Carota nelle cassette di contenimento.

### **3.1.2.2 Subcampionamento per l'analisi pollinica**

Per l'analisi pollinica, sono stati quindi prelevati dalla carota 200 subcampioni (di seguito denominati campioni), distanziati da 3 a 5 cm, mediamente (Fig.8). I campioni di sedimento sono stati conservati in congelatore a -20 °C fino al momento della preparazione.

Per la presente tesi sono stati studiati 80 campioni riguardanti la metà superiore della carota (indicati con la lettera C per distinguerli con più immediatezza da quelli della carota lunga PL1), in base sia alla stratigrafia, sia al contenuto pollinico, valutato con analisi esplorative. Ad essi si aggiunge 1 campione di superficie costituito dalla base della cotica erbosa presente sul punto di campionamento (campione M). Quindi per la carota PL2 sono stati studiati 81 campioni (Tab. 5).



**Fig. 8** -Carota PL2: prelievo subcampioni pollinici

N° camp.	prof. in cm	N° camp.	prof. in cm	N° camp.	prof. in cm
M	0,0	C26	72,5	C61	240
0	1,5	C27	77,0	C62	244,5
C1	2,5	C28	81,5	C64	252
C2	4,5	C29	89,5	C65	256,5
C3	7,0	C223	99,0	C66	260
C4	13,0	C30	104,0	C229	263
C5	14,5	C32	111	C69	274
C6	17,5	C35	121	C73	287
C7	20,5	C37	131	C76	298
C8	23,5	C38	135,5	C77	302,5
C9	27,0	C40	144	C79	309
C10	29,0	C42	149	C81	316
C11	31,5	C43	158,5	C87	342
C12	34,0	C46	172	C89	354
C13	36,0	C47	176	C93	368
C14	38,5	C227	179	C97	381,5
C15	41,5	C49	185	C100	393
C16	44,5	C50	188	C101	404
C17	48,0	C52	198	C107	432
C18	50,5	C228	200	C111	453
C19	53,5	C53	203	C117	482
C20	56,5	C54	207	C119	494
C21	59,5	C56	217	C121	500
C22	62,0	C57	223	C122	501,5
C23	65,0	C58	228	C123	505
C24	68,0	C59	232	C125	514
C25	70,0	C60	236		

Tab. 5 - Carota PL2: campioni esaminati per la presente tesi

Tra i campioni oggetto della tesi 6 sono stati prelevati in doppio per essere sottoposti alle seguenti analisi: 2 campioni (a 81,5 cm e 500 cm di prof.), che sono stati inviati al Dipartimento di Scienze della Terra (DST) dell'Università di Pisa per effettuare l'analisi dei minerali vulcanici con l'obiettivo di ottenere indicazioni cronologiche e 4 campioni (a 10 cm, 65 cm, 99 cm e 135 cm di profondità consegnati a D. Magaldi per le analisi micro-morfologiche.

### **3.1.2.3 - Descrizione sintetica della carota PL2**

La descrizione stratigrafica e l'analisi del colore con le tavole di colore di riferimento (Munsell Soil Color Charts 1954), è riportata nelle Figg. 9-15.

Nella carota PL2 sono state riconosciute 8 unità litologiche e gli stessi 3 tipi di deposito osservati nella carota lunga PL1 (Fig.9).

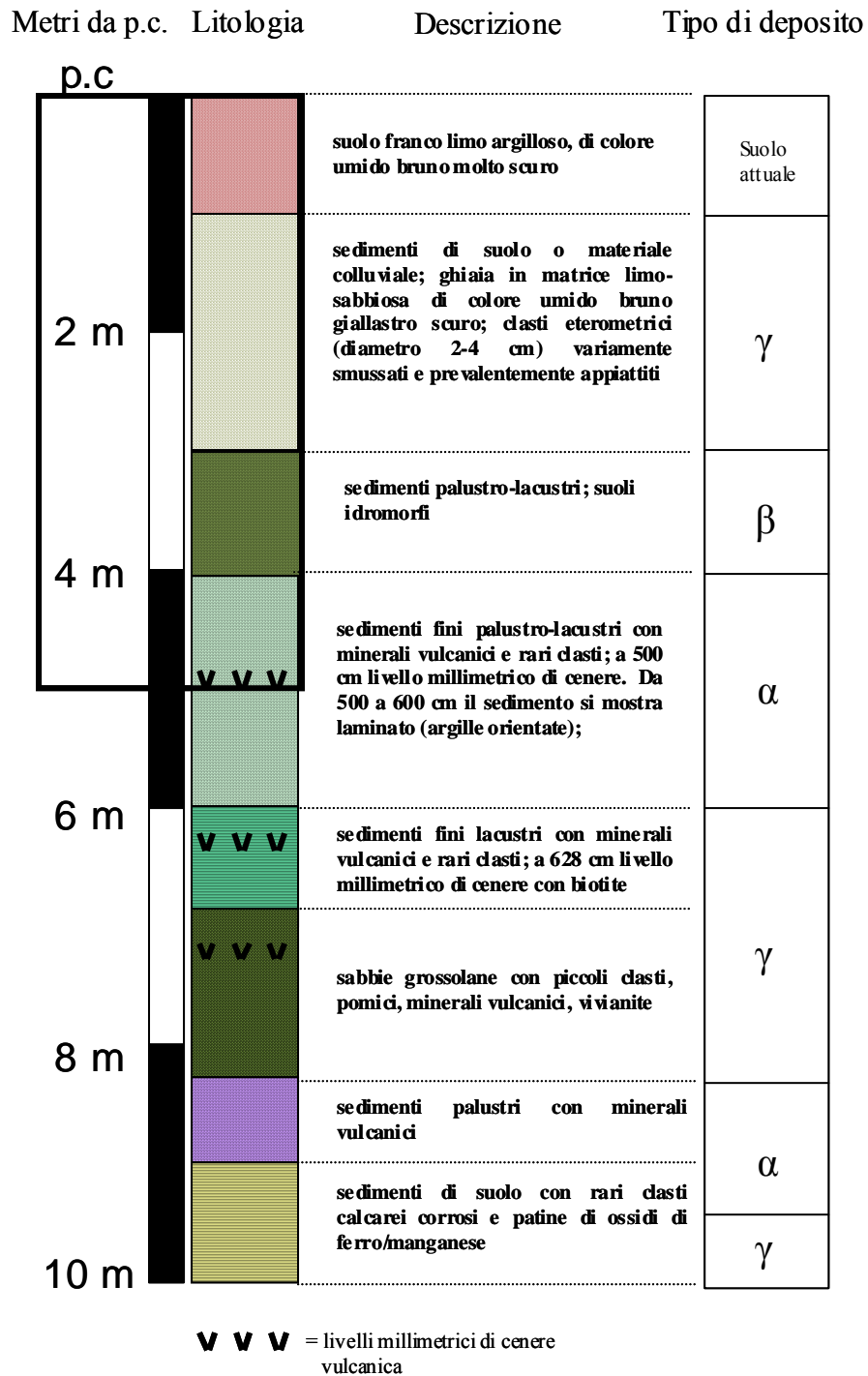


Fig. 9 - PL2: stratigrafia

I tre tipi di deposito,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  che caratterizzano il riempimento di Piano Locce, seguono sostanzialmente quanto osservato nella carota PL1, come segue:

**deposito  $\alpha$ :** rappresenta materiali sedimentari non pedogenizzati di ambiente lacustre-palustre a granulometria sensibilmente limosa; la sedimentazione è avvenuta in condizioni di pH neutro o subalcalino e di temperatura dell'aria tale da favorire l'evaporazione e quindi la precipitazione del carbonato. I campioni che ricadono in questo gruppo sono caratterizzati dal colore 5Y, dall'assenza di b-fabric tipicamente pedogenetiche, da valori mediamente bassi della sostanza organica (7%), dalla neoformazione abbastanza diffusa di  $\text{CaCO}_3$  sotto forma di noduli e di cristalli intercalari e di matrice (crystallitic groundmass).

**deposito  $\beta$ :** rappresenta materiali variamente pedogenizzati. Questo gruppo eterogeneo, caratterizzato dal colore 2.5Y, è costituito probabilmente sia da sedimenti sia da suoli, tutti formati in condizioni comunemente riducenti, testimoniate dalla frequenza della vivianite e della siderite, minerali che compaiono soli o associati. Sono sempre ricchi di sostanza organica (in media 11%) e evidenziano apporti, oltre che da piroclastiti, anche da suoli relativamente più evoluti da calcari delle immediate vicinanze, e in alcuni casi rappresentano resti di Alfisuoli idromorfi (Aqualfs) evolutisi in posto. Il riconoscimento di alcune strutture crioturbate tra 26 e 29 m, suggeriscono la presenza di un clima più freddo dell'attuale.

**deposito  $\gamma$ :** rappresenta sia sedimenti palustri che tufiti pedogenizzate con suoli decisamente idromorfi. I campioni di questo gruppo sono caratterizzati da colori più giallo-rossastri della massa (10YR e 7.5YR), da contenuti molto alti (media 13 %) in sostanza organica ma non uniformemente distribuiti nella sequenza, da b-fabric decisamente pedogenetiche, formati in condizioni prevalentemente riducenti come dimostrato dalla presenza di vivianite e siderite. Si tratta presumibilmente di suoli idromorfi torbosi poco evoluti (come rivelato dal rapporto Fe-ossalato/Fe-ditionito su alcuni campioni). Di seguito viene riportata la stratigrafia dettagliata dei primi 5 m (Figg. 10 – 15) che sono quelli sottoposti ad analisi pollinica in questa tesi e sulla quale è riportata la sequenza dei campioni prelevati dalla carota.



### sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate

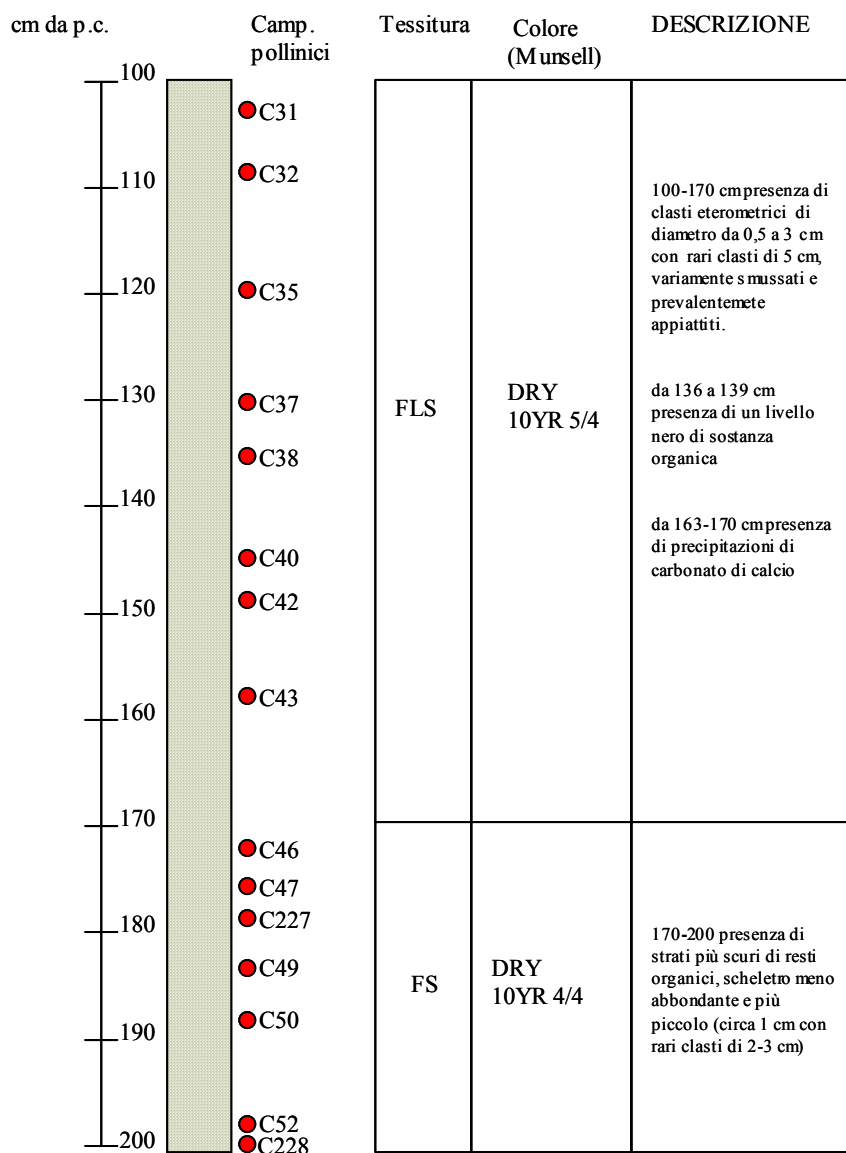


Fig. 11 – Carota PL2; Sequenza stratigrafia da 1-2 m



**sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate**

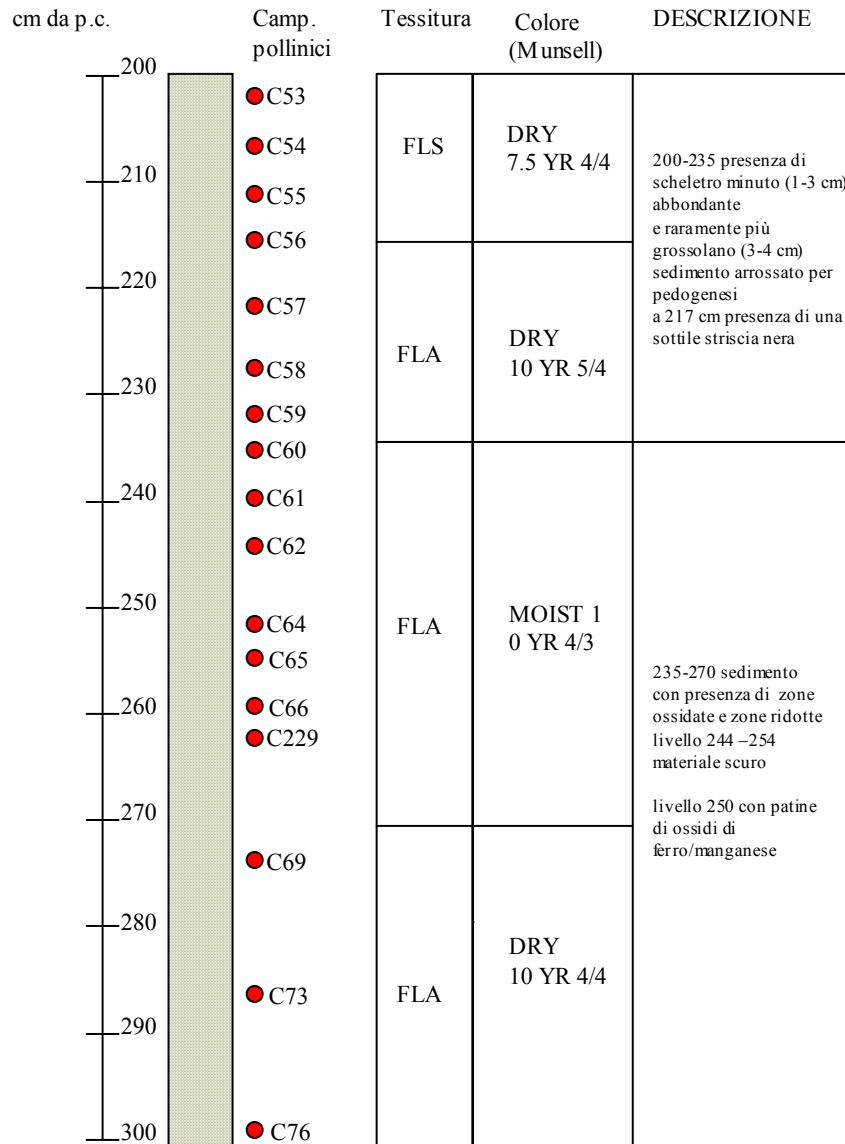


Fig. 12 – Carota PL2; Sequenza stratigrafia da 2-3 m



### sedimenti palustri e suoli idromorfi

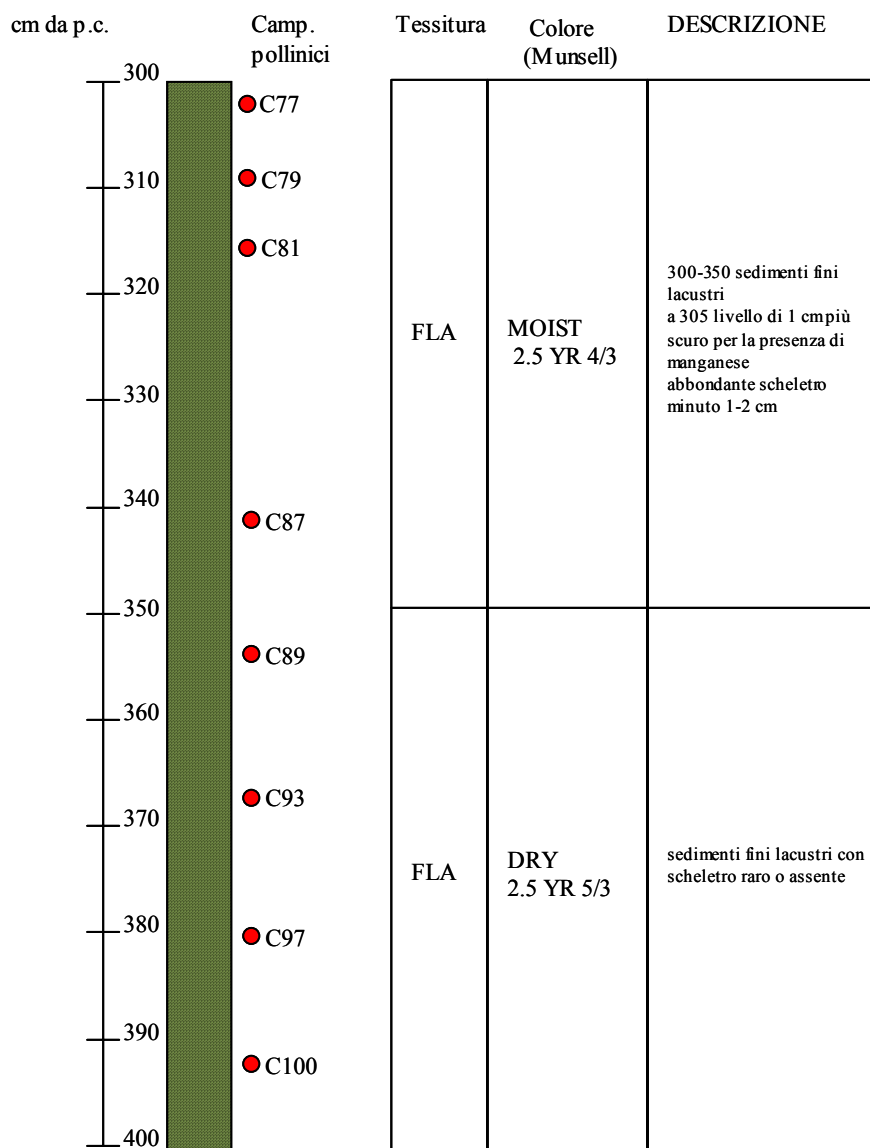


Fig. 13 – Carota PL2; Sequenza stratigrafia da 3-4 m

### Sedimenti fini palustro-lacustri

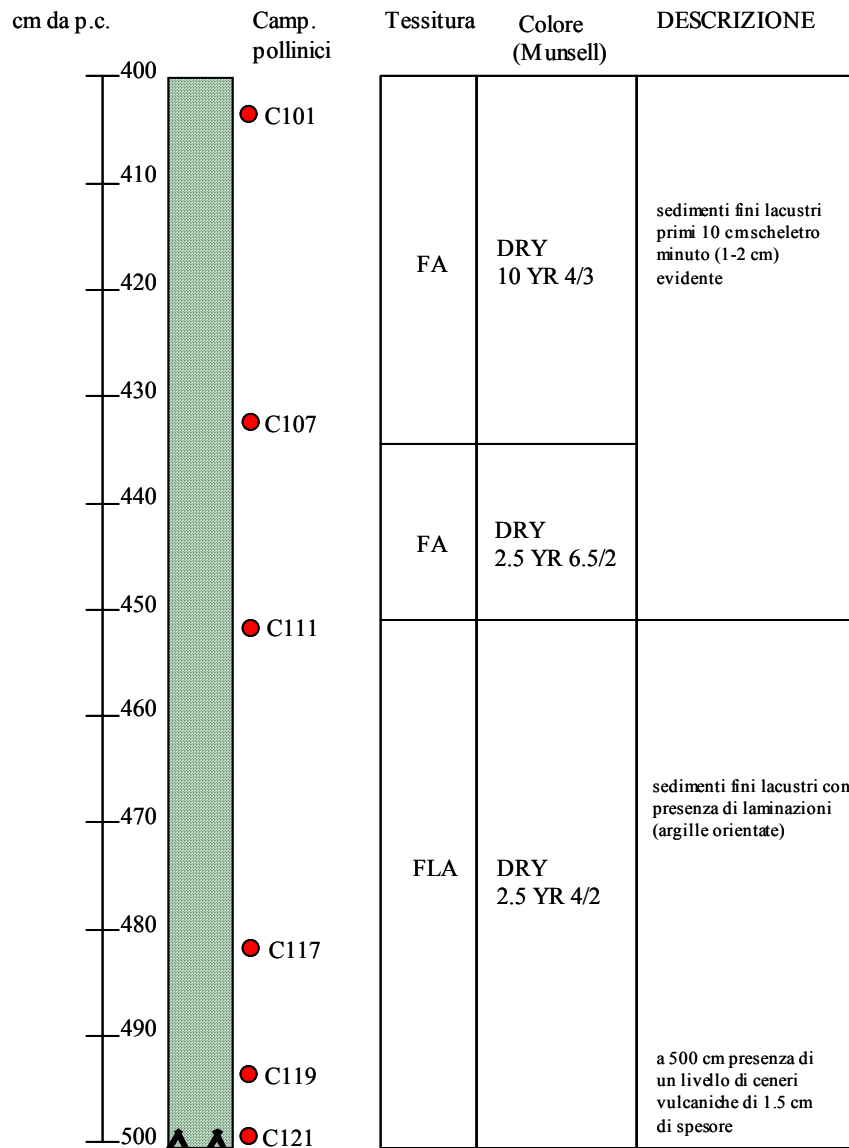


Fig. 14 - Carota PL2; Sequenza stratigrafia da 4-5 m

### Sedimenti fini palustro-lacustri

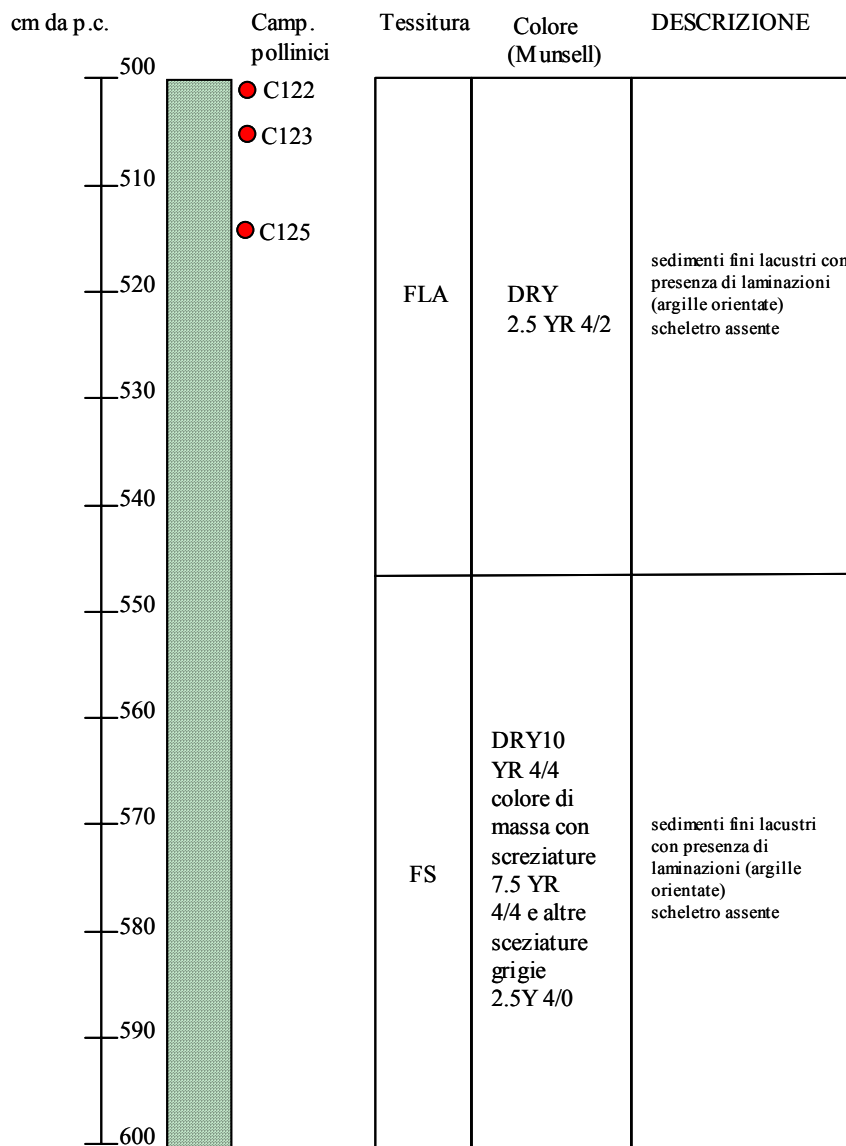


Fig. 15 - Carota PL2; Sequenza stratigrafia da 5-6 m

Anche nella carota PL2 le analisi al microscopio elettronico condotte sui campioni più ricchi di minerali vulcanici, hanno evidenziato come il vetro vulcanico sia quasi sempre alterato e quindi inutilizzabile per la classificazione chimica-petrografica dei livelli stessi. Anche in questa carota, un solo campione, meno alterato, ha potuto essere classificato e correlato a eruzioni del vulcano dei Colli Albani, con conseguenti deduzioni cronologiche (vedi anche 3.1.3 Cronologia). Tale campione proveniente dalla parte centrale della carota (5 m di profondità), è stato classificato come una foidite e correlato con l'attività finale del vulcano dei Colli Albani, e più precisamente con l'eruzione dei Peperini datata a circa 36.000 anni (Freda *et al.* 2005).

### **3.1.3 Cronologia**

Gli unici materiali rinvenuti utili per le datazioni sono stati i livelli ricchi di tephra. Come detto precedentemente (vedi par. 3.1.2.3), il vetro vulcanico della stragrande maggioranza dei livelli era completamente alterato e quindi inutilizzabile per la classificazione chimica-petrografica dei livelli stessi, e solo da 2 campioni è stato possibile ottenere dati utili per le indicazioni cronologiche.

Le datazioni basate su livelli di tephra ottenute sono le seguenti (Magaldi *et al.* 2006):

- 1) 170.000 anni dal presente: datazione ottenuta dal campione PL1-90 della carota lunga PL1, a 78 m di profondità. Tale campione è stato correlato con le eruzioni Pleistoceniche del Vulcano di Vico, in base alla sua composizione latitico-trachitica (Peccerillo, 2005),
- 2) ca. 36.000 anni dal presente: datazione ottenuta dal campione C 121 della carota corta PL2, a 5 m di profondità. La composizione foiditica di tale campione può essere correlata con l'attività finale del vulcano dei Colli Albani, e più precisamente con l'eruzione dei Peperini datata a circa 36.000 anni (Freda *et al.* 2005).

In base alle suddette datazioni si è supposto un tasso di sedimentazione per le due carote di 0,14 mm/anno (Magaldi *in verbis*).

I restanti inquadramenti cronologici sono effettuati su base pollinica relativa, facendo riferimento ai diagrammi di Lago Grande di Monticchio (Allen *et al.* 1999, 2000, 2002; Watts *et al.* 1996 a, 1996 b, 2000), Valle di Castiglione (Follieri *et al.* 1988, 1989), Lagaccione di Capodimonte (Magri 1999), Lago di Vico (Follieri *et al.* 1998; Magri & Sadori 1999) deposito di Corvara (Chiarini *et al.* 2007), e alla cronologia olocenica

riportata in Jalut *et al.* 2009.

### **3.1.4 Trattamento di laboratorio**

Dai campioni sono stati estratti sub-campioni di circa 5 - 10 grammi (peso umido), che sono stati sottoposti al trattamento per l'estrazione del polline, dei microreperti non pollinici e dei microcarboni. La preparazione dei sub-campioni e l'allestimento dei relativi vetrini sono stati effettuati nel Laboratorio di Palinologia e Paleobotanica dell'Università di Modena. Il trattamento utilizzato è stato importato dall'Istituto di Scienze della Terra dell'Università di Vrije, Amsterdam (PALICLAS project; Lowe *et al.*, 1996; van der Kaars *et al.*, 2001); esso elimina la frazione organica ed inorganica non sporopolleninica, senza intaccare i microcarboni. La preparazione include le seguenti fasi principali: pesatura del sedimento, aggiunta di pastiglie di *Lycopodium* per il calcolo delle concentrazioni, bollitura in tetrasodiopirofosfato 10%, filtrazione con filtro di nylon (maglie di 7 µm), sedimentazione, passaggio in acido cloridrico 10% per 24 ore, lavaggi e centrifugazioni con acqua distillata, passaggio in acido acetico, acetolisi di Erdtman, separazione gravimetrica con liquido pesante (sodio-metatungstato-idrato), passaggio in acido fluoridrico 40% per 24 ore, ulteriori lavaggi e centrifugazioni. Il residuo, raccolto in una provetta tipo eppendorf dopo l'aggiunta di una goccia di glicerina, è asciugato in stufa a 50-70°C per una notte. Con il residuo vengono allestiti vetrini permanenti con gelatina glicerinata lutati con paraffina.

### **3.1.5 Analisi**

L'analisi è stata effettuata al microscopio ottico, prima a 100x (analisi panoramica per valutare il contesto e l'abbondanza delle particelle), poi a 1000x per l'analisi definitiva. I 3 tipi di particelle (polline, no-polline, microcarbone) sono stati valutati sui medesimi vetrini.

#### **3.1.5.1 Polline**

Nell'analisi definitiva, a 1000x, sono stati contati più di 400 granuli per campione, solo per sette campioni è non è stato possibile contare più di 200-300 granuli e meno di 100 per il campione PL-47 della carota PL1. Per l'identificazione si è fatto riferimento alla collezione dei tipi di confronto (Palinoteca), alla miscellanea morfopalinologica ed ai correnti atlanti e chiavi: Andersen 1978; Beug 1961; Faegri e Iversen 1989; Moore *et al.* 1991; Punt 1976; Punt, Clarke 1980 – 1991; Punt *et al.* 1995; Punt *et al.* 2003 – 2009; Reille 1992, 1995, 1998, alle schede della Flora Palinologica Italiana (ad es. Caramiello

*et al.* 1993-1994, 1987; Accorsi *et al.* 1990) e al sito <http://www.pollenflora.it>, in cui sono riportate varie schede della suddetta Flora Palinologica.

La terminologia pollinica di base è in accordo con Berglund - Ralska-Jasiewiczowa 1986, la denominazione dei taxa è in accordo con quella dell'Autore delle relative chiavi e la terminologia botanica segue APG III (Angiosperm Phylogeny Group). Il nome della famiglia Chenopodiaceae (*nom. cons.*, APW: [www.mobot.org/mobot/research/apweb/](http://www.mobot.org/mobot/research/apweb/)), usato in molti record palinologici di riferimento, è qui preferito a quello di Amaranthaceae, e Cheno/Amaranthaceae (<http://mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome>).

La dicitura “cf.” (= confronta) indica che l'identificazione è molto probabile, ma non si possono escludere taxa molto simili.

### **3.1.5.2 Palinomorfi non pollinici (NPPs)**

L'analisi è stata effettuata contestualmente all'analisi pollinica. L'identificazione dei palinomorfi non pollinici (NPPs) è basata su chiavi dicotomiche/Atlanti e pubblicazioni sull'argomento (van Geel 1976, 1978; van Geel *et al.* 1981, 1983, 1989, 1994, 1996, 2003; van Geel & Aptroot 2006; Miola *et al.* 2006; Carrion & Navarro 2002; Komárec & Jankovska 2001; Patterson & Kumar 2002, Mitchell *et al.* 2008; Arujo & Ferreira 2000; Haas 1996).

Gli NPPs non identificati sono stati assegnati, secondo l'uso internazionale corrente, a tipi morfologici. I tipi sono individuati dalla sigla del laboratorio in cui sono stati descritti seguita da un numero. Ad es. “HdV-x” indica un tipo morfologico identificato nel Laboratorio di Hugo de Vries di Amsterdam, per lo più da van Geel (spesso chiamati anche “van Geel types”). Gli NPPs non citati in letteratura sono stati contrassegnati con la sigla “MO” (= Laboratorio di Palinologia e Paleobotanica dell'Università di Studi di Modena).

### **3.1.5.3 Microcarboni**

L'analisi, svolta al microscopio ottico, è stata effettuata utilizzando un metodo messo a punto nell'ambito della presente tesi con il quale vengono calcolati sia il numero, sia le dimensioni dei microcarboni, suddivisi per classi di taglia (Torri *et al.* 2009). Tale metodo si basa sui seguenti principi: A) l'analisi dei microcarboni viene condotta sugli stessi vetrini esaminati per il polline, usando le spore di *Lycopodium* per valutare le concentrazioni; B) il materiale viene incluso in gelatina glicerinata e montato con

vetrini coprioggetto quadrati, di 20 x 20 mm; C) il vetrino viene osservato interamente per il polline, per cui è noto il numero di licopodi presenti; D) i microcarboni vengono suddivisi in 5 classi di taglia (taglia = diametro maggiore): Classe 1: particelle > 250 µm; Classe 2: > 125-250 µm; Classe 3: > 50-125 µm; Classe 4: 10-50 µm; Classe 5: < 10 µm; E) il conteggio avviene nel modo seguente: E1) le particelle delle classi 1 e 2, meno numerose, vengono contate su tutto il vetrino, in contemporanea o no rispetto al polline; E2) le particelle delle altre classi, generalmente assai più numerose, vengono contate separatamente rispetto al polline a 400x in modo statistico come segue: E2.1) viene effettuata una stima di riferimento dell'abbondanza delle particelle, scegliendo a caso 3 campi e contando le particelle delle classi 3, 4, 5 presenti in essi, a 400x; E2.2) in base all'abbondanza media delle particelle rinvenute nei 3 campi di riferimento viene calcolato il numero di campi da osservare per avere una conta di ca. 1000 particelle (totali, per le classi 3, 4, 5); E2.3) A questo punto viene effettuata l'analisi, osservando i campi in modo casuale, ma tale che essi siano distribuiti su tutta l'area del vetrino, contando le particelle presenti in ogni campo, suddivise nelle tre classi 3, 4, 5. I campi osservati vengono numerati e le coordinate dei loro centri vengono segnate. In questo modo ogni campo è identificato da un numero e due coordinate; E2.4) l'area di un campo microscopico viene misurata e moltiplicata per il numero dei campi letti e così viene conosciuta l'area totale esaminata per i microcarboni; E2.5) conoscendo l'area totale esaminata e il numero dei microcarboni in essa presenti, si risale al numero delle particelle presenti in tutta l'area del vetrino e poiché il numero di licopodi è noto dall'analisi pollinica, è possibile calcolare le concentrazioni dei microcarboni di ciascuna delle tre classi. Il metodo è stato testato su materiali pollinici diversi, contenenti microcarboni in concentrazioni varie: cenere, droga, escremento di capra, muschio, sedimento lacustre, sedimento in grotta, strato archeologico, torba. Il metodo consente la sospensione/ripresa dell'analisi e il controllo della conta da parte di analisti diversi, essendo i campi identificati.

### **3.1.6 Elaborazione dei dati**

#### **3.1.6.1 Polline**

I dati sono stati elaborati con Microsoft Excel. Sono stati redatti spettri pollinici percentuali e spettri di concentrazione.

**3.1.6.1.1 Spettri pollinici percentuali** – sono di due tipi: 1) spettri percentuali generali (somma pollinica = pollini totali = alberi + arbusti + liane + erbe); 2) spettri percentuali forestali (somma pollinica = pollini di piante legnose = alberi, arbusti e liane). Questi ultimi sono utili per valutare meglio la composizione del manto forestale, specialmente in campioni come i nostri, con bassa copertura forestale. Le spore delle Pteridofite e Briofite sono state calcolate sulla somma pollinica + se stesse. Gli spettri riportano le concentrazioni totali dei campioni, i taxa identificati suddivisi per famiglia in ordine alfabetico, accompagnati dai relativi valori percentuali e, in fondo, alcune Categorie (sempre espresse su base percentuale) che sono indicate da sigle (ad es. A = Alberi; LD = Latifoglie decidue) utili per l'interpretazione dei risultati e la ricostruzione del paesaggio. A fianco di ogni taxon sono indicate le categorie in cui esso è stato immesso. Alcuni indicatori pollinici antropogenici sono raggruppati in due categorie in accordo con Mazier (2007):

a) LPPI (Local Pastoral Pollen Indicators) - Indicatori Pollinici di Pastorizia Locale, cioè pollini strettamente correlati con l'attività pastorale locale: Asteroideae, Cichorioideae, *Cirsium*, *Galium*, *Potentilla* tipo, Ranunculaceae e *Stellaria* tipo.

b) RHAPI (Regional Human Activities Pollen Indicators) – Indicatori Pollinici dell'Attività Umana Regionale, comprendenti pollini provenienti da un'area geografica più ampia: *Artemisia*, Cerealia, Chenopodiaceae, *Plantago lanceolata*, *Plantago media/major*, *Rumex*, *Urtica dioica*.

È stato calcolato anche un Indice utile all'interpretazione, riportato in calce agli spettri e di seguito descritto:

- *Indice di Ricchezza Floristica* (IRF = numero di taxa del camp. / numero totale di taxa rinvenuti nel sito x 100), proposto da Hubbard & Clapham 1992 per spettri carpologici e applicato da Accorsi *et al.* 1997 a spettri pollinici. Il valore dell'indice va da 1 a 100 ed è utile per valutare la ricchezza floristica del campione rapportata a quella totale del sito indagato.

**3.1.6.1.2 Spettri pollinici di concentrazione** - spettri di concentrazione generali (somma pollinica = polline totale = alberi + arbusti + liane + erbe). Le concentrazioni sono espresse come numero di granuli pollinici per grammo di sedimento (= p/g) e sono state calcolate con il metodo delle spore di *Lycopodium* (Berglund 1986).



**3.1.6.1.3 Grafici** - L'elaborazione dei grafici è stata effettuata con Tilia (Grimm 1991-1993) e con il programma Microsoft Excel.

I diagrammi pollinici sono stati realizzati con TGView. Le Zone e sottozone polliniche sono state stabilite sulla base della cluster analysis (CONISS Constrained Incremental Sums of Squares cluster analysis), elaborata con il programma Tilia (Grimm, 1987). I 4 Periodi indicati sui diagrammi sono quelli riportati nella discussione.

Il diagramma pollinico, ottenuto con Tilia è stato redatto solo per la carota PL2, in due versioni: 1) diagramma dettagliato (Fig. 19); 2) diagramma sintetico (fig.20); 3) diagramma sintetico che riporta una scelta di categorie (Fig 24).

### **3.1.6.2 Palinomorfi non pollinici (NPPs)**

L'elaborazione dei dati è stata effettuata similmente a quanto espresso sopra per il polline. Sono stati redatti spettri percentuali, in cui le percentuali sono calcolate sulla somma degli NPPs, metodo comunemente utilizzato per il calcolo dei valori dei palinomorfi non pollinici. Gli spettri riportano i taxa e Categorie scelte (alghe totali, funghi totali, funghi coprofilo e funghi parassiti (vedi sotto), reperti animali totali e reperti sconosciuti totali)

Le due categorie di reperti fungini esplicitate negli spettri sopra nominate includono spore che condividono il significato ecologico. Le due categorie sono:

1) “**funghi coprofilo**” – Si tratta di spore di funghi che vivono sugli escrementi di vertebrati, soprattutto di erbivori e che perciò vengono detti “funghi coprofilo”. Alcuni studi su campioni attuali prelevati da siti pascolati e non pascolati (Blackford & Innes 2006; Graf & Chmura 2006) hanno dimostrato che le ascospore di funghi coprofilo sono indicatori locali di sterco e quindi possono essere correlati con l'attività pastorale. Uno studio recente di Cugny *et al.* 2010 ha mostrato che gli indicatori di sterco più affidabili sono: *Sporormiella*, *Podospora*, *Sordaria* HdV – 55, e probabilmente *Trichodelitschia*, più comuni e abbondanti, *Chaetomium*, *Delitschia*, *Apiosordaria verruculosa* meno frequenti, in ambienti fortemente pascolati.

2) **funghi parassiti**” – si tratta di reperti di funghi parassiti: *Ustilina deusta* (oggi classificata come *Kretzschmaria deusta* (Hoffm.) P.M.D.Martin) che è un pericoloso parassita che causa il marciume molle del legno. Suoi ospiti sono una varietà di piante quali *Abies*, *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Castanea*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Populus*, *Quercus*, *Salix*, *Taxus*, *Tilia* e *Ulmus*; e alcuni generi di funghi quali *Ustilago*,

*Urocystis*, *Thecaphora*, *Tilletia*, parassiti su differenti famiglie di piante. Sono stati redatti due diagrammi percentuali: uno generale e uno con taxa selezionati (Fig.21; Fig.22).

### **3.1.6.3 Microcarboni**

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle analisi microantracologiche è stata effettuata con il programma Microsoft Excel. Sono stati redatti due tipi di spettri: 1) spettri di concentrazione, sia dei microcarboni totali che delle singole classi; 2) spettri percentuali che riportano l'andamento delle classi di particelle. Le concentrazioni dei carboni (numero di microcarboni per grammo di sedimento = m/g) sono state calcolate con il metodo delle spore di *Lycopodium* (lo stesso utilizzato per l'analisi pollinica – Berglund 1986). I valori ottenuti sono riportati nella tabella 9. L'elaborazione dei grafici è stata effettuata con Tilia e con il programma Microsoft Excel, similmente a quando espresso sopra per il polline. È stato redatto un diagramma di concentrazione (Fig. 23).

### **3.1.7 Tabelle, Figure**

Le Tab. 5-7, 8, 9 riportano gli spettri inerenti il polline, gli NPPs e i microcarboni rispettivamente della carota PL2. La Tab. 10 riporta gli spettri pollinici della carota PL1. La Fig. 18 riporta gli spettri pollinici dei campioni esemplificativi, come segue: spettro pollinico del campione C121 a 36.000 anni BP; spettro pollinico del campione C60, con il minimo di legnose, nell'ambito dell' Ultimo Massimo Glaciale; spettro pollinico del campione C227, con il massimo di legnose, nell' ambito dell'Interstadio Alleröd-Bölling; spettro pollinico del campione C40, con il minimo di legnose, nell'ambito dello Younger Dryas; spettro pollinico del campione C37 con il massimo di legnose nell'ambito dell' Olocene Iniziale; spettro pollinico del campione C28 con il massimo di Coltivate/coltivabili nell' ambito dell' Olocene Medio; spettro pollinico del campione C5 con il massimo di Coltivate/coltivabili nel Olocene finale; spettro pollinico del campione superficiale Attuale.

### **3.1.8 Microfotografie**

Le fotografie dei granuli pollinici, dei palinomorfi non pollinici e dei microcarboni, scattate ad ingrandimenti rispettivamente di 100 x e 1000 x, sono state eseguite con apparecchio digitale (Nikon Coolpix 4500) collegato al microscopio ottico Diaplan Leitz (Tavole 4-10).

*Storia del paesaggio vegetale e dell'impatto antropico nell'area del Gran Sasso (Abruzzo) in base a polline, palinomorfi non pollinici e microcarboni (sondaggi di Piano Locce, 1225 m slm)*

## 4 RISULTATI

### 4.1 CAROTA PL2

#### 4.1.1 Caratteri generali

Nell'esposizione dei risultati vengono riportate innanzitutto alcune osservazioni generali inerenti tutto il complesso dei campioni, poi vengono descritte le zone polliniche, concludendo con il campione di superficie M. Per il dettaglio dei dati si rimanda agli spettri pollinici (Tab. 5 - 9).

##### 4.1.1.2 Polline

###### 4.1.1.2.1 Concentrazioni, stato di conservazione e conte

La concentrazione pollinica è in generale modesta (per lo più  $10^3$  p/g, da  $10$  a  $10^5$ ), con valori che vanno da 86 (camp.C32) a 163'221 (camp.C4), con media = 6'500 p/g.

Lo stato di conservazione è in generale discreto, talora mediocre, talora buono/molto buono. Ciò vale per tutti i taxa e non sono stati osservati marcati deterioramenti differenziali. I pollini deteriorati sono in quantità modesta e i tipi di deterioramento osservati sono attribuibili alle classi "degradazione", in cui l'esina è assottigliata e gli elementi della struttura della parete fusi, a causa dell'ossidazione chimica in ambienti aerei o sub-aerei e "danno meccanico", in cui i granuli sono rotti o accartocciati, a causa di un trasporto fisico o della compattazione post-deposizionale del sedimento che li ha inglobati (Berglund - Ralska-Jasiewiczowa 1986).

È stata osservata la presenza di ammassi da 3 a oltre 20 granuli pollinici, indicati come "pollen clumps" (Figg. 16 - 17). Questi ammassi sono stati osservati soprattutto nelle Cichorioideae e nelle Poaceae, più raramente in *Centaurea* cf. *C. nigra*, *Beta*, Caryophyllaceae, *Ulmus* e sono stati registrati in 36 campioni dislocati lungo tutta la sequenza. Sono stati contati in totale 41'282 granuli pollinici (media per campione = 510) e 1'337 spore di Briofite e Pteridofite.

Non sono stati osservati granuli rimaneggiati in deposizione secondaria.



Fig. 16 – "Pollen clumps" di Poaceae

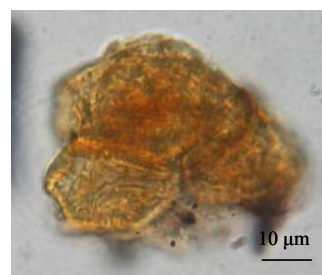


Fig. 17 – "Pollen clumps" di Caryophyllaceae

#### **4.1.1.2.2 Flora pollinica**

La ricchezza floristica è buona, ma contenuta in rapporto al numero considerevole di campioni studiati. I taxa pollinici identificati sono 192 (62 piante legnose e 130 piante erbacee), con una media di 50 taxa per campione (da un minimo di 22 nel camp.C43, ad un massimo di 78 nel camp. C117). I suddetti taxa appartengono a 70 Famiglie (27 per le piante legnose e 47 per le erbacee). Le Briofite sono rappresentate da 3 taxa e le Pteridofite da 9 taxa. L'Indice di Ricchezza Floristica (IRF) piuttosto variabile (da 11,4 % - camp. C43 a 40,4 % - camp. C117; media = 26,1 %) segnala una discreta eterogeneità tra i campioni.

I taxa più frequenti (presenti almeno nella metà dei campioni) sono in numero contenuto, in rapporto alla ricchezza floristica complessiva. Tra essi troviamo 13 legnose: *Alnus* cf. *A. glutinosa* – ontano cf. ontano comune, *Alnus* indiff. – ontano indiff., *Betula* – betulla, *Corylus avellana* - nocciolo, *Castanea sativa* – castagno, *Helianthemum* – eliantemo, *Juniperus* tipo – ginepro tipo, *Ephedra fragilis* tipo – efedra fragile tipo, *Fraxinus excelsior* tipo – frassino maggiore tipo, *Pinus* cf. *P. mugo* – pino cf. mugo, *Quercus* caducifoglie indiff. – querce caducifoglie indiff., *Salix* – salice, *Ulmus* – olmo e 20 erbacee: Apiaceae indiff., *Anthemis* tipo - camomilla tipo, *Artemisia* - artemisia, *Aster* tipo - astro tipo, *Carduus* - cardo, *Centaurea nigra* tipo - fiordaliso scuro tipo, Caryophyllaceae indiff., Chenopodiaceae indiff., Cichorioideae indiff., Cyperaceae indiff., *Galium* tipo - caglio tipo, *Hornungia* tipo - iberidella tipo, *Lotus* tipo - ginestrino tipo, *Mentha* tipo - menta tipo, *Paronychia* - paronichia, *Plantago* indiff. - piantaggine indiff., Poaceae spontanee, *Saxifraga granulata* tipo - sassifraga granulosa tipo, *Saxifraga stellaris* tipo - sassifraga stellata tipo, *Urtica dioica* tipo - ortica comune tipo.

#### **4.1.1.3 Palinomorfi non pollinici (NPPs)**

##### **4.1.1.3.1 Concentrazioni, stato di conservazione e conte**

La concentrazione pollinica è in generale modesta (per lo più  $10^2$  npp<sub>s</sub>/g, da 10 a  $10^4$  npp<sub>s</sub>/g, con valori che vanno da 8,6 npp<sub>s</sub>/g (camp.C52) a 104171 npp<sub>s</sub>/g (camp.C4) e con media = 844 npp<sub>s</sub>/g.

Lo stato di conservazione è in generale buono. Sono stati osservati 87 tipi di microreperti: 8 forme algali, 51 forme fungine, 16 di animali e 12 di origine sconosciuta. Sono stati contati 20564 NPPs, di cui 842 microresti algali, 16511 spore

fungine, 1326 microresti animali e 1797 microresti di origine sconosciuta.

#### **4.1.1.4 Microcarboni**

Le particelle carboniose sono presenti in tutti i campioni. Le particelle più grandi > 250 µm sono presenti solo in 13 camp. In 8 camp. essi sono in tracce (conc. < 0,1 m/g); nel camp. C223 la conc. è un po' più alta ma sempre < 1 m/g (0,3 m/g) e nei rimanenti 4 camp. (C66, C56, C5, C4) le conc. sono > 10 m/g (conc. = 13, 74, 105, 238 m/g rispettivamente). Le particelle comprese tra >250 µm e >125 µm sono presenti più o meno nella metà dei campioni (46) con una conc. media di 189 m/g (da 10 a 10<sup>3</sup> m/g). La terza classe di particelle (125 - >50 µm) è presente in 74 campioni con una concentrazione media di 5321 m/g (da 10 a 10<sup>4</sup> m/g). Le ultime due classi di particelle sono presenti in tutti i campioni (conc. = 10 - 10<sup>5</sup> m/g).

#### **4.1.2 Zone polliniche**

Nel diagramma sono state individuate 10 zone polliniche indicate con la sigla PL2, da 1 a 10 procedendo dalla base alla sommità.

Le zone **PL2-1** e **PL2-7** sono state ulteriormente suddivise in sottozone indicate con lettere (a, b, etc. dal basso verso l'alto). Quando non diversamente specificato, nella descrizione sono nominati solo i taxa con valori medi ≥ 0,1%; i valori percentuali riportati sono valori medi per zona o sottozona.

##### **4.1.2.1 Descrizione delle zone polliniche**

**Zona PL2-1; prof. cm 514-300** (17 camp.: da C125 a C77); depositi dei gruppi α e β (Cap. 3); sedimenti fini palustro-lacustri e suoli idromorfi.

La concentrazione pollinica è discreta (4043 p/g) con una certa omogeneità tra i campioni. Lo stato di conservazione è buono, talora molto buono. Le erbacee sono altamente dominanti sulle legnose (89% contro 11%). Le legnose sono per lo più > 7% e oscillano tra 16% e 2% in C87 (cm 342). Le conifere e le latifoglie hanno valori simili. Tra le conifere prevalgono *Pinus* cf. *P. mugo* (2,6%), *Pinus* cf. *P. sylvestris* (1,2%) accompagnati da *Juniperus* tipo (1,3%); tra le latifoglie prevale *Quercus* caducifoglie (1,3%) seguita da *Acer campestre* tipo, *Betula*, *Betula* cf. *B. nana*, *Carpinus betulus*, *Castanea sativa*, *Corylus avellana*, *Fraxinus excelsior*, *Hippophae*, *Ostrya carpinifolia*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis*, *Tilia*, *Ulmus*. Le piante di ambienti umidi sono discretamente rappresentate (3,3%) con le erbacee (Cyperaceae, *Carex* e *Thalictrum*, *Phragmites australis*, *Myriophyllum spicatum* tipo, *Alisma plantago-aquatica* tipo,

*Sparganium erectum* tipo) prevalenti sulle legnose (*Alnus glutinosa* tipo, *Alnus* indiff., *Alnus* cf. *A. viridis*, *Salix*).

I microfossili non pollinici sono ben rappresentati (concentrazione = 964 npps/g; percentuale = 24% ) e hanno una notevole diversità (56 tipi). La zona è caratterizzata dalla abbondanza di reperti algali (essi hanno qui i valori più alti) mentre i reperti fungini sono scarsi.

I microcarboni delle piccole taglie < 50 µm sono sempre presenti, con concentrazioni di 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup> m/g e nel camp. C77 di 10<sup>5</sup> m/g, mentre solo in tre campioni compaiono particelle >125 e > 250 µm. Questa zona viene suddivisa in 4 sottozone:

**sottozona PL2-1a; prof. cm 514-500** (4 camp.: C125-C123-C122-C121); deposito del gruppo α; sedimenti fini palustro-lacustri.

La concentrazione pollinica è buona (6961 p/g) e lo stato di conservazione buono/molto buono. L' IRF (= indice di ricchezza floristica) è 29,4%, più alto della media generale. Prevalgono altamente le erbacee (85%), ma le legnose sono piuttosto diversificate (media 18 taxa; totali della sottozona 30 taxa). Questa sottozona è caratterizzata da alti valori di *Artemisia* (31,6%), con un picco di 40,3%. Questi valori sono anche i più elevati di tutta la sequenza. Seguono: Poaceae spontanee (16,7%) e, in misura minore, Cichorioideae, Chenopodiaceae e *Aster* tipo. Tra i taxa minori si possono ricordare: *Anthemis* tipo, Caryophyllaceae, *Mentha* tipo. La copertura legnosa deve il suo valore relativamente alto (15,3%) specialmente a *Pinus* cf. *mugo* (3,8%; 24,8% nello spettro forestale) e *Quercus* caducifoglie indiff. (2,1%; 13,7% nello spettro forestale). Conifere e latifoglie decidue più o meno si equivalgono (6,7% contro 6,6%). Le piante di ambienti umidi sono discretamente rappresentate (3,1%) e mostrano un andamento con un picco verso la fine della sottozona sostenuto soprattutto dalle idro-elfite (*Phragmites australis*, *Alisma plantago-acquatica* tipo, *Myriophyllum spicatum* tipo, *Myriophyllum verticillatum* tipo).

Gli NPPs, rappresentati soprattutto da reperti algali, hanno buone concentrazioni, in calo nella parte finale della sottozona, e buone percentuali (30,6%). Essi includono colonie di *Pediastrum* con picco alla base della sottozona, accompagnate da spore di *Zygnema*, solo alla base, da colonie di *Botryococcus* con picco centrale e da spore di *Spirogyra* (HdV - 130, HdV - 132) in lieve calo alla sommità. Compare qui il microreperto sconosciuto MO-19 affine a spore di *Chlorella*. Essendo stato rinvenuto in

due camp. C121 e C122 caratterizzati da molti reperti algali è probabilmente anch'esso da considerare tra questi. Oltre alle alghe sono qui presenti alcuni reperti di origine animale (0,5%) collegati ad ambienti di acque dolci: l'oocita di *Micodalyellia armigera* (Ordine: Neorhabdocoela, Classe: Turbellaria, specie euriterma che preferisce acque poco profonde e risponde positivamente all'eutrofizzazione) e il reperto HdV – 119. Il calo di *Pediastrum* e la presenza di *Spirogyra* e *Zygnema* con *Micodalyellia armigera* alla base della sottozona suggerisce una variazione in senso di maggiore eutrofia.

Per i microcarboni è da notare che in questa zona mancano le classi di particelle > 125 µm. Le particelle inferiori sono sempre presenti con concentrazioni da 10 a 10<sup>3</sup> m/g.

**Sottozona PL2-1b; prof. cm 500-400** (5 camp.: C119-C117-C111-C107-C101); deposito del gruppo α; sedimenti fini palustro-lacustri.

La concentrazione pollinica si dimezza rispetto alla sottozona precedente (3195 p/g). L'IRF è un po' più alto (31,3%) e lo stato di conservazione simile. La copertura arborea, con la stessa diversità della zona precedente (media 18 taxa; 39 taxa totali della sottozona), è in lieve calo come abbondanza (da 15,3% a 12,3%) e ha oscillazioni lievi. Il calo riguarda le latifoglie decidue (da 6,6% a 4,0%; da 43,5% a 33,8% nello spettro forestale) e soprattutto *Quercus* caducifoglie indiff.. Le conifere si mantengono pressoché costanti.

L'aumento lieve delle erbacee (87,7% contro il precedente 85%) si accompagna a un cambiamento vegetazionale: *Artemisia* diminuisce fortemente (da 31,6% a 6,5%) mentre aumentano le Poaceae spontanee (da 16,7 a 19,9%) e soprattutto le Cichorioideae il cui valore è ca. 5 volte più alto di prima (32,3 contro 6,2%). Aumenta un poco anche la diversità delle erbacee (42 taxa erbacei contro 39); tra i taxa spiccano Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, *Anthemis* tipo, *Carduus*, *Centaurea nigra* tipo, *Hornungia*, *Ranunculus*. Le piante di ambienti umidi sono stazionarie, nell'abbondanza (3,2%), nella lista floristica e nella prevalenza delle erbacee (2,5%) sulle legnose (0,7%). Da notare l'andamento in crescita sia delle Cyperaceae, che hanno un picco verso la sommità della sottozona (4,8%), che delle idro-elofite pur con andamento più altalenante.

Negli NPPs, la concentrazione inizialmente si abbassa, poi risale e si stabilizza su valori di 10<sup>2</sup>. Questa sottozona è caratterizzata da una debole presenza di spore di funghi e dalla diminuzione dei reperti algali (da 20,2% a 8,2%). *Pediastrum*, inizialmente assente



ha un picco verso la parte finale, mentre *Botryococcus* si mantiene su bassi valori. Le spore di *Spirogyra* (HdV – 130, 1,4; HdV – 132) hanno il massimo al centro della sottozona, dove compaiono dapprima *Mougeotia* e poi HdV – 128A, confermando la tendenza all'eutrofizzazione già osservata alla fine della sottozona precedente. E' da notare il picco dei reperti algali alla sommità della sottozona (19,1% -C107), dove hanno pure un picco le idro-elo-igrofitte erbacee (6,8%). Le spore di funghi sono scarse sia come valori percentuali (0,8%) che come varietà (6 tipi di spore).

I reperti di origine animale aumentano rispetto alla zona precedente e includono, in basse percentuali, Acari-Oribatei (gruppo di Aracnidi che appartengono quasi esclusivamente alla fauna del suolo e si nutrono di ife fungine, batteri e di detriti vegetali, ma includono anche gruppi che vivono nelle acque, marine e dolci, e sui muschi che rivestono sassi ed alberi), oociti di *Micodalyellia armigera*, da HdV – 119 e peli di animali.

Tra i microcarboni le particelle di taglia inferiore a 125 µm sono costantemente presenti mentre quelle delle due classi maggiori (> 125 e > 250 µm ) sono presenti solo in un campione (C107). Le concentrazioni totali sono in lieve aumento.

**Zona PL2-1c; prof. cm 400-350** (4 camp. C100-C97-C93-C89); deposito del gruppo β sedimenti palustri e suoli idromorfi.

La concentrazione pollinica è simile a quella della zona precedente (3720 p/g) e anche lo stato di conservazione rimane buono. L' IRF cala leggermente, tornando al valore della sottozona PL-1a (28,4%).

Questa sottozona è caratterizzata da un ulteriore calo della copertura legnosa (10%) e dalla ripresa di *Artemisia* che passa da 6,5 a 12,1%. Dominano comunque sempre le Cichorioideae (24,3%) anche se un po' contratte, seguite dalle Poaceae spontanee (19,9%), costanti.

Il calo ulteriore della copertura forestale (da 12,3 a 10,3 %), è generalizzato, riguardando sia le conifere (da 6,8 a 4,8%; da 54,1% a 45,7 nello spettro forestale), sia le latifoglie decidue, specialmente *Quercus* caducifoglie indiff. (0,6%; 6,4% nello spettro forestale). Anche il numero dei taxa diminuisce sensibilmente (18 totali della sottozona contro 25); notiamo la scomparsa di *Corylus* e *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo. Un certo aumento riguarda le piante di ambienti umidi (4,5%), sia legnose (1,4%) rappresentate da *Alnus* indiff., *Alnus glutinosa* tipo e *Salix*, che le

erbacee (3,1%); tra le ultime si nota che le Cyperaceae hanno un calo circa a metà della zona, contrariamente alle idro-elofite (*Alisma plantago-acquatica* tipo, *Myriophyllum spicatum* tipo, *Phragmites australis*).

Gli NPPs hanno concentrazioni altalenanti, tra 10 a 10<sup>3</sup>. Le alghe diminuiscono ulteriormente (da 8,2% a 3,8%). Andando in dettaglio, spariscono *Mougeotia* e il reperto HdV – 128A, mentre *Botryococcus* è più o meno costante; solo *Pediastrum* è in ascesa. Le spore di funghi sono poche, ancor meno che nella sottozona precedente sia come valori percentuali (0,4%) che come varietà (4 tipi). È da notare che sono qui registrate per la prima volta, con basse percentuali, le clamidospore globose di *Glomus* (fungo che entra in rapporto simbiotico con diverse piante a livello radicale - endomicorriza - e il cui rinvenimento in records paleoambientali è messo in relazione con fenomeni di erosione del suolo - van Geel *et al.* 1989).

I reperti di origine animale aumentano sensibilmente (da 2,5% a 6,6%) e sono: Acari-Oribatei, oociti di *Micodalyellia armigera*, presenti solo all'inizio della zona, reperti di HdV – 119, e peli di animali.

I microcarboni < 50 µm compaiono in tutti i campioni con alte concentrazioni (10<sup>4</sup> m/g). Le particelle tra > 50 e 125 µm sono presenti in 3 campioni. Mancano i microcarboni delle due classi maggiori, > 125 µm e > 250 µm.

**Zona PL2-1d**; prof. cm 350-300 (4 camp. C87-C81-C79-C77); deposito del gruppo β; sedimenti palustri e suoli idromorfi.

La concentrazione pollinica si abbassa leggermente (2507 p/g). Lo stato di conservazione è sempre buono. Le legnose diminuiscono ulteriormente (7%) e anche l'IRF (24%) diminuisce rispetto alle precedenti tre sottozone, con il minimo di 13,5% nel campione basale della sottozona, C87, nel quale viene registrato anche il valore più basso delle legnose (2,0%) dell'intera zona. Questo calo delle legnose è accompagnato da un aumento delle cicorioidee e da un picco di *Plantago* indiff. A metà della sottozona le legnose risalgono a valori simili a quelli della sottozona precedente (9,4% in C81 - 10,5% in C79) e così pure *Artemisia* (17,8% in C81 – 16,2% in C79). Le conifere sono in sottordine rispetto alle latifoglie. Anche queste ultime comunque sono meno varie (8 taxa) e meno abbondanti, con valori singoli inferiori o di poco superiori a 1%. La riduzione di varietà tocca anche le erbacee. Tra esse dominano ancora le Cichorioideae (31,5%), seguite da: Poaceae spontanee (17,8%), *Artemisia* (11,3%) e

Chenopodiaceae (2,8%). I taxa minori sono caratterizzati da Caryophyllaceae, *Anthemis* tipo, *Centaurea nigra* tipo, *Hornungia* tipo, *Ranunculus* tipo. Le piante di ambienti umidi sono in lieve calo (2,3%) con le legnose (0,9%) in sottordine rispetto alle erbacee (1,4%) che hanno un andamento a campana nell'ambito della sottozona.

Gli NPPs hanno concentrazioni oscillanti, ma sempre  $> 10^2$ . Questa sottozona è caratterizzata da un aumento dei reperti di funghi (8,6%) e da un ulteriore diminuzione dei reperti algali (da 3,8% a 2,9%). Questi ultimi hanno un andamento con picco centrale che ricalca quello delle igro-idrofite. Andamento opposto hanno le spore fungine, rappresentati da molte forme (30). Qui compaiono per la prima volta, in percentuali non trascurabili, spore di *Sporormiella* tipo, e *Sordiararia* tipo, funghi coprofili, che crescono su escrementi animali. Ad essi si aggiungono altri funghi considerati coprofili, pur potendosi sviluppare anche su altri substrati organici: *Apiosordiararia verruculosa*, *Chaetomium*, *Coniochaeta* cf. *lignaria*, *Delitschia* e *Trichocladium*. Sono ancora presenti le clamidospore di *Glomus*, con un picco all'inizio della sottozona (C87), dove compaiono anche, in basse percentuali, spore di funghi parassiti di vegetali: *Ustilago* tipo, *Urocystis* tipo, *Thecaphora* tipo.

I reperti di origine animale continuano ad aumentare (da 6,6% a 9,1%) e sono anche qui rappresentati da diversi tipi: Acari-Oribatei (3,4%), oociti di *Micodalyellia armigera*, mandibole di invertebrati (HdV – 88A), HdV – 119, HdV – 178, HdV – 251, e peli di animali.

I microreperti di origine sconosciuta sono presenti con quattro tipi: HdV – 702, HdV – 989, MO-13, MO-19 con un valore percentuale di 11,7%. Nella parte centrale della zona (C79-C81) il reperto MO – 19 è rilevante.

Tra i microcarboni, le particelle delle due classi inferiori sono sempre presenti; in tre campioni sono presenti le particelle  $> 50-125 \mu\text{m}$ , e in soli due campioni quelle  $> 125$  e  $> 250 \mu\text{m}$ . Nel campione C77 le concentrazioni alte e la presenza di microcarboni  $> 125$  e  $> 250 \mu\text{m}$  fanno pensare a un episodio di fuoco non distante da Piano Locce.

**Zona PL2-2; prof. cm 300-232** (10 camp. C76-C73-C69-C229-C66-C65-C64-C62-C61-C60); deposito del gruppo  $\gamma$ ; sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli idromorfi.

La concentrazione pollinica diminuisce notevolmente (767 p/g) e solo in tre campioni è  $>10^2$ . Lo stato di conservazione è discreto. Diminuisce notevolmente la diversità: il

numero totale di taxa è circa la metà rispetto alla zona precedente (87 contro 148) e l'IRF è 18,3% il valore più basso della sequenza. Questa zona pollinica è caratterizzata da una copertura forestale molto scarsa e poco varia, talora vicina alla scomparsa (5%; 9 taxa nella zona, con minimo di 3,1% nel camp. C60 e 6 taxa nel camp. C73). Gli spettri sono rappresentati quasi esclusivamente da erbacee (95% da 93,5 a 97%). Prevalgono le Cichorioideae (52,7%), seguite da: Poaceae spontanee (15,5%), *Aster* tipo (5,7%) e *Artemisia* (3,4%). Tra i taxa di accompagnamento troviamo Chenopodiaceae, *Anthemis* tipo, *Carduus*, *Centaurea nigra* tipo, *Hornungia* tipo, Caryophyllaceae, *Ranunculus* tipo.

Tra le legnose, le conifere (2,7%; 55% nello spettro forestale), con valori simili a quelli della sottozona precedente, sono rappresentate per lo più da *Pinus* cf. *P. mugo* (2,0%), mentre le latifoglie decidue scendono al valore più basso della sequenza (1,8%). Anche le piante di ambienti umidi sono scarse (1,2%), equamente suddivise tra legnose e erbacee. Tra queste ultime le idro-elofite sono presenti in tracce.

Anche gli NPPs hanno qui una concentrazione molto bassa e diminuiscono notevolmente sia come valore percentuale (da 24% calano a 11 %) che come numero di forme rispetto alla zona precedente (da 57 a 15).

Le forme algali, pur mantenendo una certa varietà: *Pediastrum*, *Botryococcus*, spore di *Spirogyra* (HdV – 130) e HdV – 128A), sono assai meno abbondanti rispetto alla zona precedente (0,9%) e alternano presenza e assenza. I microresti fungini sono in tracce (0,4%) e molto meno diversificati (7 forme contro 32 della zona precedente). Buone percentuali mostrano invece i microreperti di origine animale (8,5%) con Acari-Oribatei (3,2%), HdV – 119, e peli (4,9%). Un' unica forma di reperti di origine sconosciuta, MO-19 è presente in C73 con valore notevole (12,5%).

Le concentrazioni totali sono in aumento rispetto alla zona precedente con un andamento altalenante. I microcarboni delle due classi minori compaiono in tutti i campioni. Le particelle > 50-125 µm mancano solo in C73; quelle >125-250 µm compaiono nella metà dei campioni e solo in un campione (C66) compaiono le particelle più grandi >250 µm in bassa concentrazione (3 m/g). Nei campione C66 e C60 le concentrazioni alte e la presenza di microcarboni di taglia maggiore (> 125 µm) fanno pensare a fuochi non distanti da Piano Locce.

**Zona PL2-3; prof. cm 232-213** (5 camp.: C59-C58-C57-C56-C55); deposito del gruppo  $\gamma$ ; sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli idromorfi.

La concentrazione pollinica è nel complesso discreta (1342 p/g) eccetto che nei tre campioni basali. Lo stato di conservazione è buono/discreto. L'IRF è in aumento (24,2%). La zona è caratterizzata da una lieve ripresa legnose (8,8%) che mostrano 2 piccoli picchi (1° picco: 11,5%; 2° picco: 14,3%; gli altri valori sono inferiori al 10%), accompagnati da un aumento delle poacee e delle cariofillacee e da un calo delle cicorioidee. *Artemisia* ha valori non elevati e un leggero calo nel secondo picco delle legnose. I taxa dominanti sono ancora Cichorioideae (41,0%), e Poaceae spontanee (23,4%), ma il taxon di accompagnamento maggiore è dato dalle Caryophyllaceae che assumono importanza per la prima volta (7,4%).

L'aumento della copertura arborea è dovuto soprattutto a *Quercus* caducifoglie indiff. (2,0%, 22,8% nello spettro forestale). Le conifere sono in sottordine alle latifoglie decidue (1,9% contro 6,5%).

Le idro-igrofite sono in lieve aumento (2,5%, 1,1% - 4,6%), con i valori più alti nella metà superiore della zona. Le idro-efofite, più legate all'acqua, hanno il picco a metà della zona, mentre le igrofite hanno il picco verso la sommità.

Tra gli NPPs perdura la scarsità dei reperti algali (1,6%), con andamento che segue quello delle igro-elo-idrofite, e al contrario la diffusione delle spore fungine, ben rappresentate in quantità (62,1%) e in varietà (40 forme; 20 per campione; min. 11 – max. 32) e con andamento che segue l'andamento delle legnose.

Tra i reperti fungini, le spore di funghi coprofili, ad eccezione di C58 (2%), hanno buone percentuali (18,2%) e lo stesso andamento dei funghi totali. Sono presenti, con percentuali variabili (fino a 5,7% in C55), anche spore di funghi parassiti: *Ustilago* tipo, *Urocystis* tipo, *Thecaphora* tipo con valore discreto alla fine della zona (C55). In tutti i campioni sono presenti le clamidospore di *Glomus* (media 6,3%) specialmente verso la sommità della sottozona (C56).

I reperti di origine animale, in calo come quantità (4,6%) sono rappresentati anche qui da Acari-Oribatei, uova di *Dicrocoelium*, uova di Tardigrado, mandibole di invertebrati, HdV – 119, HdV – 178, e peli. Le uova di *Dicrocoelium* sono state ritrovate nei campioni all'inizio e verso la fine della zona, dove le spore dei funghi coprofili sono più rappresentate. I reperti di origine sconosciuta (2,1%) sono: HdV –702, HdV - 989, MO-

13, MO-14.

Per quanto concerne i microcarboni solo il camp. C56 presenta quelli di taglia maggiore ( $> 250 \mu\text{m}$ ) con una concentrazione considerevole (74 m/g). In tre campioni sono presenti microcarboni di taglia compresa tra  $>125 - 250 \mu\text{m}$  e in quattro quelli compresi tra  $>50-125 \mu\text{m}$ . Le particelle di taglia inferiore sono sempre presenti. Le concentrazioni totali si mantengono su valori di  $10^4$  m/g, con un picco in corrispondenza del C56 ( $10^5$  m/g).

Nel campione C56 le alte concentrazioni e la presenza di microcarboni di taglia maggiore ( $> 125 \mu\text{m}$ ) fanno pensare a un episodio di fuoco nei pressi di Piano Locce.

**Zona PL2-4; prof. cm 213-198** (4 camp.: C54-C53-C228-C52); deposito del gruppo  $\gamma$ ; sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli idromorfi.

Questa zona presenta somiglianze con la zona PL2-2: essa infatti è caratterizzata da concentrazione pollinica bassa (275 p/g), basso IRF (19,3%) e copertura arborea assai bassa (7,1%).

Il calo delle legnose è dovuto soprattutto alla diminuzione delle latifoglie decidue (che passano da 6,5% a 1,8%; da 11 a 5 taxa). Le conifere al contrario aumentano (da 1,9% a 4,7%) ed è soprattutto il pino cf. p. mugo che aumenta (da 0,9% a 2,9% ; da 11,6 a 38,1% nello spettro forestale).

Tra le erbacee le cicorioidee dominano largamente (49,8%) con un picco basale di 60,5% C54. Esse raggiungono qui i valori più elevati della sequenza. È da notare il calo delle Caryophyllacee (da 7,4% a 1,1%), delle Poaceae (da 23,4% a 16,6%) e l'aumento di *Artemisia* (da 1,3% a 5,5%). Tra i taxa minori mantengono una discreta presenza *Aster* tipo, *Centaurea nigra* tipo, *Anthemis* tipo, Chenopodiaceae, *Galium* tipo, *Mentha* tipo e *Ranunculus* tipo. Le piante di ambienti umidi diminuiscono (1,2%) con quelle erbacee (0,7%) in discesa lungo la sottozona.

Gli NPPs calano vistosamente, sia in percentuale (7,7% contro 70,6% della sottozona precedente) che in concentrazioni (da 1100 a 19 nnp<sub>s</sub>/g). La riduzione vistosa riguarda in verità soprattutto le spore di funghi (2,9% contro il precedente 62,1%); nelle altre forme la riduzione è molto più lieve: le forme algali infatti passano da 1,6% a 1,0%, i reperti di origine animale da 4,6% a 3% e i reperti di origine sconosciuta da 2,1% a 0,1%.

In questa sottozona mancano i microcarboni di taglia  $> 250 \mu\text{m}$  e le particelle della

classe immediatamente inferiore (>125-250 µm) sono rare, rinvenute solo nel campione C54: conc. = 77 m/g.). Le particelle > 50-125 µm sono presenti in tre campioni: C52 (36 m/g), C53 (39 m/g), C54 (540 m/g). Le particelle delle due classi inferiori sono presenti costantemente. Le concentrazioni totali sono in calo.

**Zona PL2-5; prof. cm 198-158** (6 camp.: C50-C49-C227-C47-C46-C43); deposito del gruppo γ; sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli idromorfi.

La concentrazione pollinica aumenta leggermente (924 p/g), ma i campioni sono eterogenei, con due campioni in cui la conc. è molto bassa (100-200 p/g) e due in cui è relativamente alta (1'000-2'000 p/g). L'IRF risale a 23,7% soprattutto per la maggiore diversificazione delle latifoglie decidue (da 5 a 12 taxa/campione).

Questa zona è caratterizzata dall'aumento della copertura arborea/arbustiva (16,8%). La curva delle legnose cresce fino a un primo picco (23,5% in C227) a cui segue una piccola inflessione (15,4% in C47) e di nuovo un rialzo (20,6% in C46). E' da notare che in corrispondenza dei picchi di arboree aumentano sia le Poaceae che le Caryophyllaceae e calano le cichorioidee, mentre nei "bassi" delle arboree avviene il contrario. *Artemisia* si mantiene scarsa lungo tutta la zona (0,6%).

L'aumento della copertura arborea è dovuto soprattutto alle latifoglie decidue (10,7%) e in particolar modo a *Quercus* caducifoglie indiff. (5,2%; 32,3% nello spettro forestale). Le conifere hanno una lieve crescita (5,1%) ma sono sempre in sottordine alle latifoglie decidue. Le piante degli ambienti umidi sono in aumento (2,3%) con erbacee e legnose ugualmente rappresentate. Tra le legnose sono presenti *Alnus glutinosa* tipo, *Alnus* cf. *A. viridis*, *Alnus* indiff. e *Salix*, tra le erbacee le Cyperaceae, *Thalictrum*, *Alisma plantago-acquatica*, *Myriophyllum spicatum* tipo, *Sparganium erectum* tipo.

Gli NPPs hanno valori elevati (112%) per il forte aumento delle spore di funghi (92,4%), un aumento che caratterizza questa sottozona. Aumenti minori riguardano i reperti di origine animale (da 3% a 7,4 %) e quelli di origine sconosciuta (da 0,1% a 9,1%). Invece le forme algali rimangono scarse (1,2%).

Tra i funghi, i più abbondanti sono: *Bactrodesmium* tipo (2,8%), saprofiti che vivono sul legno marcio o sulla corteccia, soprattutto sulla parte interna della corteccia di rami e tronchi caduti (Holubová-Jechová 1972), HdV – 16 (1,2%), *Glomus* (8,1%), *Sporormiella* tipo (12,9%), *Sordaria* tipo (6,2%), *Trichocladium* tipo (1,5% - specie di *Trichocladium* sono frequentemente isolate dal suolo o su legno morto e steli erbacei -

Ellis 1971), *Urocystis* tipo (2,4%), HdV – 20 (1,2%), HdV – 120 (1,5%), MO-1 (3,0%), MO-3 (3,1%), MO-8 (2,6%), MO-20 (26,2%), MO-21 (7,6%). Le spore di funghi coprofilii, ad eccezione del campione C43 hanno valori alti (12% - 49%; media 21,5 %). Le spore di funghi parassiti includono oltre a *Urocystis* tipo (2,4%) anche basse percentuali di *Techaphora* tipo (0,1%) e *Ustulina deusta* (0,5%).

I microcarboni mostrano concentrazioni totali stabili ( $10^4$  m/g) con un picco di concentrazione ( $10^6$  m/g) tra i più alti dell'intera sequenza in corrispondenza del camp. C227. Nella zona le particelle più grandi sono scarse: quelle di taglia maggiore ( $> 250 \mu\text{m}$ ) sono assenti e quelli della classe immediatamente precedente ( $> 125 - 250 \mu\text{m}$ ) compaiono solo nel campione C227 (conc.= 132 m/g). Le particelle  $> 50-125 \mu\text{m}$  compaiono invece in tutti i campioni, con eccezione del camp. C43, così come le particelle delle due classi minori  $< 50 \mu\text{m}$ .

Nel campione C227 le alte concentrazioni in gioco e la presenza di microcarboni di taglia  $> 125 - 250 \mu\text{m}$  fanno pensare a un episodio di fuoco di una certa consistenza non distante da Piano Locce.

**Zona PL2-6; prof. cm 158-150** (2 camp. C40,C42); deposito del gruppo  $\gamma$ ; sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli idromorfi.

Questa zona è caratterizzata da tre punti chiave: 1) caduta delle arboree, che dimezzano il valore percentuale e scendono sotto il 10% per l'ultima volta (7,7% contro 16,8 % della sottozona precedente; 2) ripresa di *Artemisia*, anche in questo caso per l'ultima volta (da 0,6 passa a 3,4%); 3) caduta degli NPPs, anche qui per l'ultima volta.

Inoltre: diminuisce la concentrazione pollinica (234 p/g) e la diversità della flora (l'indice IRF scende a valore - 18,9%- simile a quello della zona PL2-2).

Tra le Erbece, altamente dominanti, prevalgono le Cichorioideae (49,1%), seguite da Poaceae spontanee (16,4%), Caryophyllaceae (5,5%) e *Aster* tipo (4,5%). Tra le legnose, in netto calo come detto sopra, le conifere sono stazionarie mentre le latifoglie sono quasi dimezzate (3,7%; 47,2% nello spettro forestale) e floristicamente più povere. Si può notare in particolare il calo di *Quercus* caducifoglie indiff. e la sparizione di *Acer campestre* tipo, *Carpinus betulus*, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, *Ulmus*. Anche le piante di ambienti umidi sono in calo (1,0%) e poco diversificate.

Gli NPPs crollano, come detto sopra (conc. = 28 contro il precedente 818 nnp<sub>s</sub>/g). Le forme algali (0,5%) sono ora rappresentate della sola *Concentricystis*, e anche i reperti



fungini (35,5%) sono meno vari: troviamo *Bactrodesmium* tipo (14%) e *Glomus* (19,1%), entrambi in aumento, più MO-3, MO-21, in calo. I funghi coprofilo sono rappresentati dalla sola *Sporormiella* tipo (1,3%).

I reperti di origine animale (3,5%) sono rappresentati solo da peli, e i microreperti sconosciuti sono assenti.

I microcarboni mostrano concentrazioni totali in calo ( $10^3$ - $10^4$  m/g). Tra essi, le particelle carboniose >250 sono assenti. Quelle >125- 250  $\mu$ m compaiono solo in un campione (C42 - 14 m/g), mentre le particelle delle classi inferiori sono presenti in entrambi i campioni.

**Zona PL2-7; prof. cm 150-99** (6 camp. C38-C37-C 35-C32-C30-223); deposito del gruppo  $\gamma$ ; sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli idromorfi.

La zona è contraddistinta da un evidente sviluppo vegetazionale, il più marcato della sequenza. La concentrazione pollinica aumenta notevolmente (3983 p/g). L'indice IRF risale a 25,1% per l'aumento generale dei taxa e specialmente di quelli legnosi (42 taxa contro i precedenti 17), ma anche erbacei (da 35 a 63 taxa). Lo stato di conservazione rimane buono/discreto.

Le legnose aumentano notevolmente (da 7,7% a 28% con massimo 37% in C37, il valore più alto dell'intera sequenza). Le latifoglie decidue sono assai diversificate (30 taxa) e hanno un valore di 17,9 %, il più alto fino ad ora, valore cui contribuiscono per metà le querce caducifoglie (8% - 28,8% nello spettro forestale). Tra gli altri taxa i più abbondanti sono *Betula*, *Corylus*, *Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior* tipo, *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo, *Ulmus*.

Le erbacee, ancora prevalenti, se pure decisamente ridotte rispetto a tutte le zone precedenti (72%), presentano sempre come taxa maggiori le Cichorioideae (22,0%) e le Poaceae spontanee (18,9%); seguono le Caryophyllaceae (8,9%) e *Aster* tipo (3,0%). Notiamo la caduta definitiva di *Artemisia* (0,6%).

Anche le piante di ambienti umidi aumentano (4,4%). Per la prima volta le legnose (2,9%) rappresentate da *Alnus* indiff., *Alnus glutinosa* tipo, *Alnus* cf. *A. viridis* e *Salix*, prevalgono sulle erbacee (1,4%) rappresentate da Cyperaceae, *Thalictrum* e *Typha latifolia* tipo.

Gli NPPs sono nel complesso assai diversificati (72 forme) e abbondanti (205%), se pure con notevoli oscillazioni. Tra essi dominano i reperti fungini (159%) seguiti da

quelli animali e di origine sconosciuta (18% e 19% rispettivamente); le forme algali sono invece scarse (1,1%).

I microcarboni mostrano due picchi di concentrazione: uno più alto alla sommità della zona (camp. C38) e l'altro alla base (camp. C223) con concentrazioni di  $10^5$  m/g. Le particelle carboniose  $>250 \mu\text{m}$  sono presenti solo in C223, in tracce (0,3 m/g); in questo stesso campione e in C38 sono presenti microcarboni  $>125-250 \mu\text{m}$  con discrete concentrazioni (786 m/g e 176 m/g rispettivamente). La terza classe di particelle  $>50-125 \mu\text{m}$  è presente in 5 campioni su 6; le due classi inferiori sono presenti in tutti i campioni.

Questa zona è divisa in tre sottozone:

**sottozona PL2-7a; prof. cm 150-121** (3 camp.: C38-C37-C35); deposito del gruppo  $\gamma$ ; sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli idromorfi.

La concentrazione pollinica è alta (4302 p/g), ma eterogenea, con un crollo alla fine della sottozona (107 p/g). L'IRF ritorna a buoni livelli, con una media simile a quella generale della sequenza (26,8%).

La copertura arborea aumenta fortemente (30% contro 8% della zona precedente). Sono in aumento le conifere (da 3,8% a 9,6%), ma soprattutto le latifoglie decidue (da 3,7% a 18,4%) con un raddoppio del numero di taxa (da 10 a 20 taxa totali/zona). Tra le conifere aumentano *Pinus* cf. *P. mugo*, *Pinus* cf. *P. nigra*, e *Juniperus*; tra le latifoglie decidue l'aumento più vistoso è a carico di *Quercus* caducifoglie indiff. che da 1% passa a 7,0%. Il calo delle erbacee è dovuto sostanzialmente al forte calo delle Cichorioideae (da 49,1% a 17,5%), mentre le Cyophyllaceae e le Poaceae aumentano sensibilmente entrambe. Anche le Plantaginaceae sono in crescita (3,1%).

Gli NPPs mantengono le linee caratterizzanti della zona: scarse alghe e abbondanti funghi. I reperti algali sono rappresentati solo da 3 forme: *Pediastrum*, *Zygnema* e *Concentricystis*, che, insieme, suggeriscono pozze d'acqua temporanee. Le spore di *Concentricystis* (2,0%) anche conosciute con il nome di *Pseudoschizea* sono state rinvenute durante studi palinologici in diversi sedimenti e suoli del Quaternario. Esse sono state provvisoriamente collocate nelle Zygnemataceae, pur non essendo mai state raccolte in vita (Grenfell 1995). Nei sedimenti *Concentricystis* potrebbe essere indicatore di clima relativamente caldo con locale aridità stagionale (Scott 1992). Un'elevata presenza di *Concentricystis* è stata collegata a una fase di essiccamento di un

bacino lacustre causata dal clima che ha influenzato la contrazione temporanea del livello del lago (Bertacchini *et al.* 2008). I microresti fungini sono abbondanti (98,9%) e diversificati (45 forme). Tra essi, i funghi coprofilo sono ben rappresentati (19,2%) mentre le spore di funghi parassiti sono in quantità modesta (2,1%). Altre spore abbondanti sono *Glomus* (8,9%) e *Bactrodesmium* tipo (6,7%).

I microresti di animali sono ben rappresentati (14,6%) e tra essi è da segnalare il ritrovamento in tracce di uova di *Trichuris* (Phylum: Nematodi, Classe: Adenophorea, Ordine: Trichurida, Famiglia: Trichuridae), genere di parassiti intestinali che include parecchie specie in grado di infettare l'intestino crasso di molti mammiferi (maiale, cane, gatto, topo, uomo). Anche i resti di origine sconosciuta hanno una discreta presenza (19,8%).

Le particelle carboniose > 250 µm sono assenti. I microcarboni >125- 250 µm compaiono in un solo campione (C38) e quelli >50-125 µm in due (C37 e C38). Le particelle più piccole più piccole sono sempre presenti. Nel campione C38 le alte concentrazioni dei microcarboni < 125 µm ( $10^4$ - $10^5$  m/g) e la presenza di particelle >125 µm ( $10^2$  m/g) fanno pensare a fuochi non distanti da Piano Locce.

**sottozona PL2-7b; prof. cm 121-99** (2 camp.: C30-C32); deposito del gruppo γ; sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli idromorfi.

Questa sottozona è caratterizzata da valori di concentrazione pollinica molto bassi (122,5 p/g) e da una diminuzione della diversità floristica (l'IRF si abbassa a 19,7%). Le legnose si contraggono leggermente (da 30% passano a 25%). Il calo riguarda le latifoglie decidue: non le querce che anzi aumentano leggermente, ma gli altri taxa, che calano (ad es. *Ostrya carpinifolia*, *Ostrya carp./Carp. orientalis* tipo, *Fagus*) o spariscono (ad es. *Alnus* cf. *A. viridis*, *Betula*, *Salix*, *Tilia*). Le latifoglie passano da 25 a 15 taxa). Le conifere sono stazionarie, nel complesso, con qualche modifica a carico dei singoli taxa. È da segnalare l'assenza del pino cf. p. nero. Le erbacee aumentano soprattutto per l'aumento delle Cichorioideae che mostrano un picco in C32 (35%). Le Caryophyllaceae e Poaceae sono in calo.

Gli NPPs sono abbondanti, con un quadro analogo, nelle linee principali, a quelli delle sottozone precedenti, potenziato per vari aspetti. I reperti di alghe, scarsi (1,5%) sono presenti solo alla base, in C30, con *Pediastrum* in colonie (1,0%) e *Concentricystis* (*Pseudoschizaea*) (2,0%). I microresti fungini sono invece abbondanti, più che

raddoppiati rispetto alla zona precedente (268,2%), ma meno diversificati (21 forme). Tra essi prevalgono: *Bactrodesmium* tipo (18,3%), *Glomus* (19%), MO-3 (205,5%), M-20 (5,3%), i funghi coprofili (5,7%), e *Ustulina deusta* (2,2%), mentre sono assenti le altre spore di funghi parassiti. Aumentano anche i microresti di animali (25,1%) tra i quali compare di un pelo di larva di *Trogoderma* (Phylum Artropoda, Classe Insecta, Ordine Coleotteri, Famiglia Dermestidi), insetti dannosi per le derrate alimentari. L'insetto attacca le piante secche o sostanze animali; predilige i cereali, soprattutto, grano, orzo, avena, segale, mais riso, farina, malto e la pasta, ma può anche nutrirsi di prodotti animali come topi morti, sangue secco, e insetti essiccati.

Aumentano infine i microresti di origine sconosciuta che passano da 19,8% a 25,1%.

I microcarboni hanno concentrazioni totali in calo ( $10^3$ - $10^4$  m/g). Tra essi, le particelle > 250  $\mu$ m sono assenti, e solo nel camp. C32 sono presenti microcarboni della classe sottostante (>125- 250  $\mu$ m). I microcarboni delle taglie inferiori sono presenti in tutte e due i campioni.

**sottozona PL2-7c; prof. cm 99** (1 camp.: C223); deposito del gruppo  $\gamma$ ; suolo idromorfo

Questa sottozona è costituita da un unico campione, caratterizzato da concentrazione pollinica molto più alta (10746 p/g), stato di conservazione migliore e diversità floristica più alta (l' IRF = 31,1% è il più alto della zona).

La copertura arborea, dopo il calo della zona precedente ritorna al livello della sottozona basale, PL2-5a (30%). Sono in deciso aumento le latifoglie decidue sia come percentuali (da 14,5% a 23,2%) che come numero di taxa (da 15 a 18 taxa totali). Tra esse, *Quercus* caducifoglie indiff. mostra qui il valore più alto della sequenza (11%). Altri taxa con presenze discrete sono *Carpinus betulus*, *Castanea sativa*, *Corylus*, *Fagus sylvatica*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo, *Ulmus*. Le conifere invece diminuiscono (da 9,6 a 5,6%). Tra esse si può segnalare il riapparire di *Pinus* cf. *P. nigra* (l'1%) e il calo di *Juniperus*.

Le Erbacee, in calo, mostrano la riduzione delle Cichorioideae (18,5%), mentre le Poaceae hanno un picco (19 %) e le Caryophyllaceae sono in crescita. Mantengono una buona presenza le Plantaginaceae (2,2%).

Gli NPPs mostrano nelle linee di base i caratteri delle precedenti sottozone.

Le forme algali sono scarse e sono rappresentate solo da *Pediastrum* e *Pseudoschizaea*

(*Concentricystis*). I microresti fungini sono abbondanti sia come percentuale che come numero di forme (120,2%; 33 tipi fungini). Tra essi i funghi coprofili sono in netto aumento (36%), e le spore di funghi parassiti sono discretamente rappresentati (5,6%). Altre spore con buone-discrete percentuali sono: MO-20 (24,8%), MO-21 (14,9%), MO-1 (9,3%), *Glomus* (5,3%), MO-8 (5,3%). I microresti di animali sono in calo (8,4%) come quelli di origine sconosciuta (da 25,1 a 4,5%).

I microcarboni mostrano un piccolo picco di concentrazione con presenza di tutte le 5 classi di microcarboni: le particelle > 250 sono in tracce, mentre le altre classi hanno valori di  $10^2$  -  $10^5$ . E' da notare che qui sono state rinvenute spore di un fungo carbonicolo (*Neurospora*) con valore non trascurabile (2,1%). Questo quadro suggerisce episodi di fuoco non distanti da Piano Locce.

**Zona PL2-8; prof. cm 99-70** (4 camp. C26-C27-C28-C29); suolo idromorfo

I punti chiave della zona sono: 1) calo delle legnose 2) comparsa di segni di influenza antropica, 2) inizio della regressione finale delle alghe, 4) inizio della stabilità dei funghi coprofili.

La concentrazione pollinica diminuisce, ma rimane nello stesso ordine di grandezza della zona precedente (1'894 p/g). Lo stato di conservazione si mantiene buono/discreto, così come si mantiene praticamente costante l'indice IRF, su buoni livelli lungo tutta la zona. Come detto sopra si osserva qui un deciso calo delle legnose (da 28,1% a 17,7%). Tale calo tocca specialmente le conifere che si riducono a meno di un terzo (da 9,1% a 2,5%). Il calo è dovuto alla scomparsa di *Pinus* cf. *P. nigra* oltre che alla diminuzione di *Pinus* cf. *P. mugo*. Le latifoglie decidue calano in modo meno marcato (14,3% - 81,9% nello spettro forestale; 28 taxa). Tra le erbacee, ancora prevalenti (82%), sono dominanti le Cichorioideae (22,5%) e le Poaceae spontanee (19,1%), seguite da Caryophyllaceae (15,2%) e *Centaurea nigra* tipo (3,1%). E' da notare che le Cichorioidee hanno definitivamente perso la supremazia osservata nelle zone precedenti.

Le piante di ambienti umidi si riducono (3,0%) e tra esse continuano a prevalere gli alberi e arbusti (1,9% - *Alnus glutinosa* tipo, *Alnus* cf. *A. viridis*, *Alnus* indiff, *Populus*, *Salix*) sulle erbe (1,1%). Tra queste ultime mancano le idro-elofite.

Una novità è il comparire in questa zona di un complesso di reperti indicativi di attività antropiche (Coltivate/coltivabili). I reperti hanno valori bassi ma per l'essere presenti

insieme, suggeriscono azioni di coltivazione o di protezione di piante di utilità alimentare spontanee nell'area. Il complesso (2,1%) include piante legnose (1,6%) e erbacee (0,5%). Le legnose sono rappresentate da: *Castanea sativa*, *Olea europaea*, *Juglans regia*, *Vitis vinifera*. L'olivo è stato rinvenuto in un solo campione, mentre gli altri sono presenti, anche se in modo non continuo, lungo tutta la zona. Le erbacee sono rappresentate da presumibili cereali (*Hordeum* gruppo e *Panicum* cf. *miliaceum*). Nessuno dei suddetti reperti garantisce l'intervento antropico, o perché il reperto appartiene a piante presenti in Italia come specie spontanee (come castagno, noce, olivo e vite) e la loro basse percentuali non indicano chiare azioni antropiche o perché il reperto non è identificato a livello di specie per limiti morfologici. Tuttavia, come già accennato sopra, sia la maggior frequenza delle singole specie, sia il loro comparire insieme, sia la concomitanza con l'aumentare-stabilizzarsi di NPPs probabilmente influenzati dall'uomo, come i funghi coprofilo, porta a pensare che questi reperti segnalino l'inizio di evidenze polliniche di antropizzazione.

Ai suddetti reperti si affiancano gli indicatori antropici spontanei delle categorie LPPI = Indicatori pollinici di Pastorizia Locale e RHAPI = Indicatori pollinici di attività antropica regionale, descritte precedentemente nei materiali e metodi (Cap.3).

Gli RHAPI hanno un valore contenuto (4,7%, da 3,2% a 6,2%) mentre i LPPI hanno valori più alti (29,6%, da 24,2% a 32,7%).

Gli NPPs mantengono il quadro di abbondanza a prevalenza fungina. La concentrazione è discreta con una certa variabilità (3165 npp/g, da 637 a 6093 npp/g) e percentuale alta (156%). Le alghe sono assenti, mentre i reperti fungini sono abbondanti e diversificati (141,6% - 39 tipi). Tra essi inizia qui la stabilità dei funghi coprofilo che d'ora in poi sono sempre superiori a 30%. In questa zona essi hanno una percentuale di 42,6% con 9 tipi, tra cui dominano *Sporormiella* (31,5%) e *Sordiaria* (5,3%). Le spore di funghi parassiti hanno un deciso aumento verso la sommità della zona soprattutto con *Ustilina deusta* e *Tilletia*. Altre spore con buone/discrete percentuali sono: MO-3 (29,6%), *Glomus* (14,1%), MO-21 (11,9%), MO-20 (7,8%), MO-1 (5,9%), MO-8 (5,8%), MO-7 (2,6%), *Byssothecium circinans* (HdV -16 A - C; 2,6%). *Neurospora* manca all'inizio della zona, ma verso la fine raggiunge discrete percentuali (4,1% in C28).

I microreperti di origine animale invece sono in calo (7,5% - 7 forme) rispetto alla zona precedente. Tra essi i più abbondanti sono i peli di animali seguiti dai resti di Acari-

Oribatei. Si segnala la presenza di uova di *Dicrocoelium*. Sono pure in calo i microreperti di origine sconosciuta (7% con 8 forme) che tuttavia si riprendono alla sommità della zona dove i due reperti HdV – 702 e HdV – 989 sono ben rappresentati.

I microcarboni mostrano concentrazioni totali in ascesa ( $10^5$  m/g) con un leggero calo alla base della zona (camp.C26). Le particelle carboniose più grandi, >250  $\mu$ m, sono assenti. Quelle della classe immediatamente sottostante (>125-250  $\mu$ m) sono presenti in due camp. (C26- 42 m/g; C28- 46 m/g) mentre quelle della terza classe (>50-125-  $\mu$ m) sono sempre presenti. Le particelle della classe inferiore, <10  $\mu$ m compaiono in tutti i campioni. Sembra che aumentino i fuochi nelle aree circostanti, ma non ci sono evidenze di fuochi locali.

**Zona PL2-9; prof. cm 70-8** (23 camp. da C25 a C3); suolo idromorfo.

La concentrazione pollinica è alta e si mantiene tale lungo tutta la zona con un picco di 163:221 p/g nel camp. C4, il valore più elevato dell'intera sequenza.

Lo stato di conservazione è generalmente discreto. In C14, tuttavia, sono stati osservati granuli non ben conservati (accartocciati o con esina degradata). L'indice IRF diminuisce leggermente (29,3%; da 23,3% in C24 a 37,3% in C9).

Le legnose hanno consistenza simile a quella della zona precedente (16,7%), ma sono più oscillanti (con min. 11,5 % in C7 – e max. 22,1 in C18).

Le latifoglie decidue (13,7% - 82,3% nello spettro forestale) contribuiscono all'andamento altalenante delle legnose (max. 17,6% all'inizio della zona – e min. 8,5% verso la sommità). Esse mostrano una notevole varietà (36 taxa), e sono dominate da *Quercus* caducifoglie (6,0% - 36,0% nello spettro forestale). Tra i taxa di accompagnamento notiamo *Castanea sativa*, *Fraxinus excelsior* tipo, *Betula*, *Corylus*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis*, *Ulmus*. Le conifere, anch'esse oscillanti, hanno generalmente bassi valori (2,0%, da 0,2%; a 6,9%); esse includono *Pinus* cf. *P. mugo*, *Pinus nigra* e *Juniperus* tipo e, in C26 a 70 cm di profondità, l'ultima comparsa di *Pinus* cf. *P. sylvestris*. Tra le erbacee, sempre altamente prevalenti (83,3%), i taxa maggiori sono: Cichorioideae (18,9%), Caryophyllaceae (18,1%) e Poaceae spontanee (15%), accompagnate da: *Centaurea* cf. *C. nigra* (6,1%), *Aster* tipo (4,4%) e Chenopodiaceae (2,7%). Le piante di ambienti umidi sono più o meno stazionarie (2,8%; 0,9% - 4,4%) e anche qui presentano legnose (2,0%) superiori alle erbacee (0,8%), queste ultime anche qui prive di idro-efofite. La curva di *Alnus* cf. *A. viridis* ha

un picco (1,2%; 9,2 nello spettro forestale) a ca. 52 cm di profondità, poi continua con bassi valori fino a 34 cm di profondità e poi scompare.

Le Coltivate/coltivabili sono in aumento se pur lieve (2,7% contro 2,1% della zona precedente). Le legnose (2,0%) comprendono anche qui castagno, noce, olivo e vite (< 1% eccetto il castagno) più alcune comparse di *Prunus* cf. *P. dulcis* (0,2% nei camp. C4 e C6). Si può notare che la curva del castagno è continua e mostra tre picchi, uno al centro della zona, a 31,5 cm di profondità, a 14,5 cm e il terzo verso la sommità a 8 cm. I cereali (0,7%) sono in lieve aumento e assai più diversificati: *Avena/Triticum* gruppo, *Panicum* cf. *P. miliaceum*, *Hordeum* gruppo e *Secale cereale*. Gli indicatori pollinici di attività antropica regionale (RHAPI) mostrano i valori più bassi, tra 2% e 5% nella parte inferiore della zona (da 70 a 36 cm di profondità) e valori notevolmente più alti, tra 5% - e 13,5% nella metà superiore (da 36 a 8 cm). Gli Indicatori pollinici di Pastorizia Locale (LPPI) sono invece stabili (28,9%), valore analogo a quello della zona precedente. Per essi sono da notare i picchi (fino a 47%) fra 44,5 e 17,5 cm di profondità.

Per gli NPPs continua il quadro di abbondanti reperti a prevalenza fungina: la concentrazione è alta con una certa variabilità (17142 npp/g; da 1480 a 104171 npp/g). Troviamo qui una transitoria presenza di alghe (rappresentate dalla sola *Concentricystis* - 0,3%) che poi sparirà definitivamente. I reperti fungini, prevalenti come detto sopra, sono abbondanti 114,8% e diversificati (49 tipi). Tra essi continuano a essere abbondanti le spore dei funghi coprofili (30,6%; 11 tipi) con andamento oscillante e picco verso la fine della zona. Anche qui *Sporormiella* (10,3%) e *Sordiarina* (8,7%) dominano. Le spore di funghi parassiti calano leggermente rispetto alla zona precedente (da 4,0 a 2,3%) e hanno un andamento molto oscillante. *Glomus* (6,4%) è sempre presente e *Byssothecium circinans* (HdV -16 A - C; 2,4%), fungo che cresce bene su materiale organico morto e in decomposizione (van Geel 1978; van Geel & Aptroot 2006), presenta valori alti verso la sommità della zona. I microreperti di origine animale sono in leggero calo (5,9% - 12 resti di Acari-Oribatei, *Arcella* cf. *vulgaris*, uova di *Dicrocoelium*, uova di *Trichuris*, HdV - 178, HdV - 251, HdV - 742, MO-1 e peli di animali). Le uova di *Dicrocoelium* e di *Trichuris* compaiono in campioni nei quali i funghi coprofili hanno buone percentuali. I microreperti di origine sconosciuta aumentano (8,1% -10 forme).



Le concentrazioni dei microcarboni si mantengono alte in tutti i campioni ( $10^5$ -  $10^6$  m/g).

Esse mostrano un andamento in ascesa fino al camp. C22, poi calano sensibilmente (camp. C19), per poi riaumentare fino al picco del camp. C17. Da questo momento le concentrazioni hanno un andamento in calo con l'unica eccezione del camp. C4. Nella zona, le particelle carboniose  $>250 \mu\text{m}$  sono più frequenti: compaiono in 10 campioni, per lo più in tracce (8 campioni: C22-C18-C15-C13-C12-C11-C9-C7), ma abbondanti in due campioni (C6 e C4 con concentrazioni di 105 e 238 m/g rispettivamente). In questi campioni sono sempre presenti le spore di *Neurospora*, in alcuni campioni anche con percentuali alte  $> 5\%$ .

**Zona PL2-10;** prof. **cm 8-1,5** (3 camp. C0-C1-C2); suolo idromorfo

La concentrazione pollinica è alta (14'000 p/g) e variabile (da 8'465 p/g nel camp.C2 a 22'388 p/g nel camp.0). Lo stato di conservazione è generalmente discreto. L'indice IRF aumenta, con valore medio più alto della media generale (30,4%, da 26% in C2 a 35% in C1).

Questa zona pollinica è caratterizzata dalla risalita delle legnose (28,3% contro 16,7%), soprattutto delle conifere, ora molto più abbondanti (16,2% contro 2,0%): aumentano *Pinus* cf. *P. mugo* (3,6%; 12,9% nello spettro forestale), *Pinus* cf. *P. nigra* (11,4%; 38,7% nello spettro forestale) e *Juniperus* tipo (0,9%; 3,0% nello spettro forestale). Le latifoglie decidue sono più ridotte (10,9 %; 39,8% nello spettro forestale), specialmente per il calo di *Quercus* caducifoglie (3,2%; 11,5% nello spettro forestale). Sono tuttavia ancora assai diversificate (30 taxa). Tra i taxa di accompagnamento notiamo: *Castanea sativa*, *Fraxinus ornus* tipo, *Fraxinus excelsior* tipo, *Ostrya carpinifolia*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo.

Le Erbacee mantengono sempre il loro primato sulle legnose (72%) e mostrano per la prima volta il sorpasso delle Poaceae spontanee (22,8%) sulle Cichorioideae (20,1%). Seguono: Caryophyllaceae (10,2%), e *Hordeum* gruppo (4,4%). Le piante di ambienti umidi sono un po' diminuite rispetto alla zona precedente (2,0%). Le legnose (1,2%) (*Alnus* indiff., *Alnus glutinosa* tipo, *Alnus* cf. *A. cordata*, *Salix*) prevalgono sulle erbacee (0,8%), tra le quali continuano a mancare le idro-elfofite.

Le Coltivate/coltivabili mostrano un notevole aumento (8% contro il precedente 2,7%). L'aumento riguarda sostanzialmente i cereali che, presenti con gli stessi taxa

(*Avena/Triticum* gruppo, *Panicum* cf. *P. miliaceum*, *Hordeum* gruppo e *Secale cereale* sono molto più abbondanti e (5,7% contro 0,7%), con un picco (12,9%) alla fine della zona. Le legnose (2,3%) comprendono anche qui castagno, noce, olivo e vite, di nuovo con valori <1% ad eccezione del castagno.

Gli indicatori pollinici di attività antropica regionale (RHAPI) hanno un incremento importante (8,4%, da 4% al centro della zona a 14,1% alla sommità). Gli Indicatori pollinici di Pastorizia Locale (LPPI) hanno un comportamento opposto ai RHAPI: media in calo (23,7%) e andamento in discesa.

Gli NPPs sono caratterizzati dalla scomparsa, che d'ora in poi è definitiva dei reperti di alghe. Per il resto si mantiene il quadro di abbondanza a prevalenza fungina. La concentrazione è alta ( $10^4$  in tutta la zona), così come la percentuale (357,8%) e la diversità (43 tipi).

Tra i funghi continuano a essere abbondanti le spore dei funghi coprofilo (82,9%; 9 tipi) con un andamento a campana. Anche qui *Sporormiella* e *Sordiarina* dominano. Le spore di funghi parassiti sono in aumento rispetto alla zona precedente (5,4%). *Glomus* presenta valori alti (20,0%). E' da notare che fanno la loro comparsa in questa zona le spore di *Dictyosporium* (7,0%) un genere che comprende diverse specie che vivono sul legno o steli erbacei morti, e sulle stoppie. Le spore di *Byssothecium circinans*, ben rappresentate (HdV -16 A - C; 7,7%), calano verso la fine della zona. I microreperti di origine animale sono in calo (3,1% con 5 forme: resti di Acari-Oribatei, *Arcella* cf. *vulgaris*, uova di *Dicrocoelium*, HdV - 742, e peli di animali). Anche i microreperti di origine sconosciuta sono in calo (6,4%; 4 forme).

I microcarboni mostrano concentrazioni totali in calo ( $10^5$  m/g). Tra essi le particelle carboniose >250 µm sono assenti, mentre sono sempre presenti le particelle di tutte le classi inferiori a 250 µm. In questi campioni sono anche sempre presenti le spore di *Neurospora* con valori discreti all'inizio della zona.

### **Campione superficiale (M) piano campagna**

La concentrazione pollinica è abbastanza alta (21.950 p/g), considerando che si tratta di cotico erboso e non di un muschio. Anche lo stato di conservazione è generalmente buono. Questo materiale conferma quindi il suo valore di buona "trappola" per il polline testimone della vegetazione attuale. La lista floristica è simile a quella dei campioni

della carota. Essa include 60 taxa, di cui 28 legnose e 32 erbacee. L'indice IRF è 31,1%, simile a quelli delle zone più superficiali della sequenza.

La copertura forestale (36%) è più alta rispetto a quasi tutti i valori dei singoli campioni delle zone/sottozone precedenti e si avvicina al massimo osservato nella sequenza, nel campione C37 della sotto-zona PL2-7 (37%). Le conifere predominano (23%) sulle latifoglie decidue (11,9%) e sono costituite prevalentemente dal pino cf. p. nero (18,5%). Tra le latifoglie notiamo *Quercus* caducifoglie indiff., come taxon dominante, accompagnato da *Alnus* indiff., *Carpinus betulus*, *Corylus*, *Ostrya carpinifolia*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo, *Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*, *Juglans regia*, *Fraxinus excelsior* tipo, *Fraxinus ornus* tipo, *Olea europea*, *Rhamnus*, *Amelanchier ovalis*, *Prunus* cf. *P. spinosa*, *Populus*, *Salix*, *Ulmus* e *Vitis vinifera*.

Tra le erbacee (64%), con valore più ridotto rispetto ai valori medi del passato, ma analogo a valori di campioni singoli già riscontrati nella zona PL-7, prevalgono le Poaceae spontanee (24,9%) sulle Cichorioideae (16,5%), in modo ancor più accentuato rispetto alla zona precedente. Seguono Caryophyllaceae (4,1%), Chenopodiaceae e Brassicaceae con valori inferiori al 2% mentre le restanti famiglie, quali ad es. Fabaceae, Plantaginaceae, Ranunculaceae e Apiaceae, restano al sotto dell' 1%. Le piante di ambienti umidi sono stazionarie (2%). Tra le legnose troviamo ontani, pioppi e salici; tra le erbacee sono presenti solo le Cyperaceae come nelle zone precedenti, a partire dalla zona PL2-6.

Le piante Coltivate/coltivabili aumentano sensibilmente (11,7% contro 8% della zona precedente, ma ricordiamo che in un singolo campione esse sono state superiori = 12,9%). L'aumento è dovuto alle erbacee (9,8% contro 5,7%) e più precisamente ai cereali che aumentano anche se diminuisce la diversità (manca *Secale cereale*). Compare *Cannabis* in tracce (0,1%). Tra le legnose, in leggero calo (1,8% contro 2,3%) troviamo gli stessi taxa di prima: castagno, noce, olivo, vite, più *Cedrus*. Tutti sono <1%. Tra gli indicatori antropici spontanei continua il trend iniziato nella zona precedente: gli indicatori di attività antropica regionale (RHAPI) crescono (12,2% contro 5,3%), mentre gli Indicatori pollinici di Pastorizia Locale (LPPI) calano (18,1%). Gli NPPs mantengono il quadro di abbondanza a prevalenza fungina, con assenza di alghe, mostrando qui nel complesso una minore diversità. I reperti fungini, sempre presenti in alta concentrazione come prima, sono ancora più abbondanti (438%), ma

meno diversificati (27 tipi). Tra essi continuano a essere abbondanti le spore dei funghi coprofilici (41,1%; 6 tipi), anche qui dominati da *Sporormiella* (19,8%) e *Sordiarina* (17,8%). Le spore di funghi parassiti calano ulteriormente: rimangono ben rappresentati *Glomus* (9,1%) e *Dictyosporium* (8,1%).

I microreperti di origine animale sono in calo sia come abbondanza che come diversità (3,8% con solo 3 forme: *Arcella* cf. *vulgaris*, uova di *Dicrocoelium* e peli di animali) e così anche i microresti di origine sconosciuta che quasi spariscono: rimane un'unica forma (HdV – 702) in tracce.

Per quanto riguarda i microcarboni mancano le particelle carboniose delle due classi maggiori (>125 µm) e sono assenti anche le spore di *Neurospora*. Le particelle delle classi inferiori <125 µm sono presenti in concentrazioni più basse rispetto alle altre zone a partire da quella PL-7 e sono maggiormente confrontabili con le concentrazioni delle zone individuate alla base della carota.

## **4.2 CAROTA PL1**

### **4.2.1 Caratteri generali**

Come effettuato per la carota PL2, nell'esposizione dei risultati vengono riportate innanzitutto alcune osservazioni generali inerenti tutto il complesso dei campioni, poi vengono descritti i campioni, singolarmente essendo essi pochi e assai distanziati tra loro.

#### **4.2.1.1 Polline**

##### **4.2.1.1.1 *Concentrazioni, stato di conservazione e conte***

La concentrazione è in generale modesta, per lo più  $10^3$  p/g, da 10 a  $10^4$ , con valori che vanno da 86 p/g. (camp. PL47) a 27.653 p/g. (camp. PL00), con una media di 5.500 p/g. Lo stato di conservazione è in generale discreto/mediocre, talora buono. Ciò vale per tutti i taxa e, come nella carota PL2, non sono state osservate marcate degradazioni differenziali.

Poiché, come detto nel Cap. 3, i campioni in questione sono stati esaminati non solo per confronti del tratto comune con la Carota PL2, ma anche per cercare elementi di correlazione con le analisi pedologiche, è stata effettuata qui una osservazione più dettagliata sullo stato di conservazione, valutando i tipi di deterioramento. E' emerso che i pollini affetti da deterioramento sono presenti in basse percentuali (media 1,1%) e

i tipi di deterioramento osservati sono: 1) la “degradazione”, in cui l’esina è assottigliata e gli elementi della struttura della parete fusi, a causa dell’ossidazione chimica in ambienti aerei o sub-aerei, 2) “danno meccanico”, in cui i granuli sono rotti o accartocciati, a causa di un trasporto fisico o della compattazione post-deposizionale del sedimento che li ha inglobati (Berglund - Ralska-Jasiewiczowa 1986). Non sono stati osservati altri tipi di deterioramento come ad esempio la “corrosione”, in cui l’esina presenta delle perforazioni, a causa dell’ossidazione biochimica legata all’attività batterica o fungina o “occultamento”, per la presenza di minerali autigeni o di detriti che non rendono ben visibile il granulo pollinico.

Anche in questa carota sono stati osservati ammassi di granuli pollinici, indicati come “*pollen clumps*”.

Sono stati contati in totale 4869 granuli pollinici (media per campione = 442) e 10 spore di Pteridofite. Non sono stati osservati granuli rimaneggiati in deposizione secondaria.

#### **4.2.1.1.2 Flora pollinica**

La ricchezza floristica è buona. I taxa pollinici identificati sono 117, in numero minore rispetto alla sequenza PL2 (132 taxa), ma questo è certamente dovuto al basso numero di campioni esaminati; le piante legnose sono meno della metà (34 taxa) delle piante erbacee (81 taxa) con una media di 44 per campione (da 20 nel camp. PL47 a 66 nel camp. PL12). I suddetti taxa appartengono a 49 Famiglie (16 per le piante legnose e 33 per le erbacee).

I taxa più frequenti (presenti almeno nella metà dei campioni) sono 36, un numero contenuto, in rapporto alla ricchezza floristica complessiva, ma più alto rispetto alla carota PL2, anche questo un fatto dovuto con tutta probabilità al numero minore di campioni esaminati e di pollini identificati. Tra essi troviamo 16 legnose: *Alnus* indiff. – ontano indiff., *Betula* – betulla, *Carpinus betulus* – carpino bianco, *Castanea sativa* – castagno, *Corylus avellana* – nocciolo, *Ephedra fragilis* tipo – efedra fragile tipo, *Fraxinus excelsior* tipo – frassino maggiore tipo, *Helianthemum* – eliantemo, *Juniperus* tipo – ginepro tipo, *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo – carpino nero/carp.orientale tipo, *Picea excelsa* – abete rosso, *Pinus mugo* – pino mugo, *Pinus* cf. *P. sylvestris* – pino cf. p. silvestre, *Quercus caducifoglie* indiff. – querce caducifoglie indiff., *Salix* – salice, *Ulmus* – olmo e 20 erbacee: *Anthemis* tipo – camomilla tipo, Apiaceae indiff.,

*Aquilegia* –aquilegia, *Artemisia* – artemisia, *Aster* tipo – astro tipo, *Beta* tipo – bietola, *Carduus* – cardo, Caryophyllaceae indiff., *Centaurea nigra* tipo – fiordaliso scuro tipo, Chenopodiaceae indiff., *Cirsium* – cardo, Cichorioideae indiff., Cyperaceae indiff., Fabaceae indiff., *Galium* tipo – caglio tipo, *Hornungia* tipo – iberidella tipo, *Mentha* tipo – menta tipo, *Plantago* indiff. – piantaggine indiff., *Plantago lanceolata* tipo – plantago lanciuola tipo, Poaceae spontanee, Rosaceae indiff., *Saxifraga granulata* tipo – sassifraga granulosa tipo, *Saxifraga stellaris* tipo- sassifraga stellata tipo, *Sedum* – *Urtica dioica* tipo – ortica comune tipo.

#### **4.2.2 Descrizione dei singoli campioni**

**PL47 prof. cm 2860**; deposito  $\gamma$  (= sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli decisamente idromorfi).

La concentrazione è molto bassa (86 p/g). Lo stato di conservazione è discreto, ma il valore dei granuli deteriorati (3,4%) è il più alto della sequenza. Il tipo di deterioramento osservato è la “degradazione”. Questo campione è caratterizzato da una copertura forestale scarsa e poco varia (6,9%; 4 taxa) con una prevalenza delle latifoglie decidue. L'IRF (17,1%) è il più basso della sequenza PL1. Lo spettro è rappresentato quasi esclusivamente da erbacee (93,1%). Prevalgono le Cichorioideae (36,2%), seguite da: Poaceae spontanee (19%), Caryophyllaceae (10,3%) e *Aster* (5,2%). Tra le legnose, le latifoglie decidue hanno valore discreto (5,2%) e sono rappresentate da *Alnus* cf. *glutinosa*, *Carpinus betulus*, *Quercus* caducifoglie indiff., mentre le conifere sono presenti con il solo *Pinus* cf *P. sylvestris* tipo (1,7%). Le piante di ambienti umidi sono discretamente rappresentate (3,4%) con valori uguali per le erbacce e le legnose (1,7%).

**PL15 prof. cm 1600**; deposito  $\gamma$  (= sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli decisamente idromorfi).

La concentrazione è molto più alta (4939 p/g) rispetto al campione precedente. Lo stato di conservazione è buono con una bassa percentuale di pollini deteriorati (0,3%) per “ripiegamento”. Questo campione è ancora caratterizzato da una copertura forestale scarsa ma più varia rispetto al campione precedente (17 taxa). Il numero totale di taxa è più che raddoppiato (54 contro 20) e l'IRF è 46%. Lo spettro è ancora totalmente dominato dalle erbacce, se pure in lievissimo calo (92 %). Prevalgono le Poaceae (36,9%) sulle Cichorioideae (17,8%), seguite da *Aster* tipo (7,5%), *Artemisia* (6,6%) accompagnata dalle Plantaginaceae (3,2%) e dalle Chenopodiaceae (2,9%). Tra i taxa

minori notiamo *Anthemis* tipo, *Galium* tipo, *Hornungia*, Caryophyllaceae, *Carduus*, *Saxifraga stellaris* tipo, *Cirsium*, *Aquilegia*. Tra le legnose, le conifere (4,5%, con *Pinus* cf. *P. mugo*, *Pinus* cf. *P. sylvestris*, *Picea excelsa*, *Pinus* cf. *P. nigra*, *Abies alba*) prevalgono sulle latifoglie decidue che scendono a 2,3%. Le piante di ambienti umidi calano per la scomparsa delle legnose mentre quelle erbacee raddoppiano (3,8%).

**PL14 prof. cm 1460**; deposito  $\gamma$  (= sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli decisamente idromorfi).

La concentrazione è simile a quella del campione precedente (6632 p/g). Lo stato di conservazione è complessivamente discreto ma il deterioramento è più marcato (1,4%) e diverso, con presenza esclusiva di “degradazione”. La copertura forestale, ancora scarsa, è un po' in aumento (9,4%) e questo è dovuto a un calo dei taxa erbacei (27 contro 37 taxa). Lo spettro è ancora dominato dalle erbacee che però proseguono sul trend in leggera discesa (90,6 %). Le Poaceae prevalgono ancor più nettamente (42,7%) sulle Cichorioideae (16,9%), si dimezza *Artemisia* (3,7%) e sono in calo anche le Chenopodiaceae (1,4%). Tra le legnose, le latifoglie decidue e le conifere (sono quasi ugualmente rappresentate (4,8% e 4,3% rispettivamente). Tra le prime notiamo *Quercus* caducifoglie indiff., *Betula*, *Fraxinus excelsior* tipo, *Carpinus betulus*, tra le seconde *Pinus* cf. *P. mugo*, *Pinus* cf. *P. sylvestris*, *Picea excelsa*, *Abies*, *Juniperus*, *Pinus* cf. *P. nigra*. Le piante di ambienti umidi aumentano sensibilmente (6,2%); ricompaiono le legnose (*Alnus* indiff. e *Salix*), ma il valore relativamente elevato è dato dalle igrofite e elofite (Cyperaceae, *Phragmites australis*, *Thalictrum* e *Juncus*).

**PL12 prof. cm 1380**; deposito  $\gamma$  (= sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli decisamente idromorfi).

La concentrazione cala vistosamente (669 p/g). Lo stato di conservazione è buono e la percentuale di granuli deteriorati cala (0,5%) con presenza sia di granuli degradati che piegati. Le erbacee risalgono di nuovo (92,7%). La scarsa copertura forestale (7,3%) si diversifica ulteriormente soprattutto nella componente mesofila (con *Corylus*, *Tilia*, *Ulmus*). Aumenta l'IRF (55,6%) che è uno dei valori più alti di questa sequenza. Tra le erbacee raddoppiano le Cichorioideae (39%), mentre si dimezzano le Poaceae (15,9%). Alti valori sono raggiunti da *Aster* tipo (10,6%) e sono anche in aumento *Artemisia* (6,5%) e le Chenopodiaceae (2,8%).

Tra le legnose, le latifoglie decidue (3,3%) rappresentate da *Betula*, *Corylus*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo, *Castanea sativa*, *Quercus* caducifoglie indiff., *Fraxinus excelsior* tipo, *Fraxinus ornus* tipo, prevalgono sulle conifere (2,4%) che sono rappresentate da *Pinus* cf. *P. mugo*, *Pinus* cf. *P. sylvestris*.

Le Piante di ambienti umidi calano (1,4%), con le legnose (*Alnus* indiff., *Alnus glutinosa* tipo, *Salix*) in sottordine rispetto alle erbacee (Cyperaceae, *Myriophyllum spicatum* tipo).

**PL11 prof. cm 1300**; deposito  $\gamma$  (= sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli decisamente idromorfi).

La concentrazione raddoppia (1.164 p/g). Lo stato di conservazione è buono e non sono stati osservati granuli deteriorati. L'IRF è in forte calo (17,9%) molto vicino al valore più basso di questa sequenza. Il campione è caratterizzato da un valore relativamente alto di legnose (15,4%) con un aumento sia delle conifere che delle latifoglie decidue. Le erbacee, sempre largamente prevalenti, scendono sotto 90% (84,6%). Tra esse dominano le Cichorioideae (31,9%), mentre le Poaceae rimangono pressoché costanti (16,5%); aumenta ancora *Aster* tipo (17,6%) mentre *Artemisia* (3,3%) dimezza il suo valore. Tra le legnose, le conifere superano leggermente (7,7%) le latifoglie decidue (6,6% rappresentate da *Betula*, *Castanea sativa*, *Quercus* caducifoglie indiff., *Fraxinus excelsior* tipo, *Fraxinus ornus* tipo), e tra esse prevale *Pinus* cf. *P. mugo* (4,4%). Qui è ben rappresentata anche *Picea* (2,2%) con il valore più alto della sequenza. Le piante di ambienti umidi calano (1,1%), con le legnose assenti come pure le idrofite.

**PL05 prof. cm 840**; deposito  $\gamma$  (= sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli decisamente idromorfi).

La concentrazione raddoppia (2.666 p/g). Lo stato di conservazione si mantiene buono e i rari i granuli deteriorati (0,3%) sono "piegati". L'IRF, in aumento (56,4%) è il valore più alto della sequenza. Le erbacee dominano invariate (87,2%). Le legnose si caratterizzano per la varietà dei taxa legnosi che hanno qui il numero più elevato (25 taxa) e tra cui dominano *Quercus* caducifoglie indiff. e *Pinus* cf. *P. nigra*. Sono anche presenti elementi mediterranei (*Ephedra* cf. *E. fragilis*, *Ephedra* cf. *E. major*, *Quercus* cf. *Q. ilex*). Tra le erbacee prevalgono le Poaceae (35,4%), seguite dalle Cichorioideae (24,4%) in calo; si dimezza *Aster* tipo (8,2%) e continua il trend in discesa di *Artemisia* (2,2%), mentre stabili sono le Chenopodiaceae (2,9%). Tra le legnose (12,8%) le



latifoglie decidue dominate da *Quercus* caducifoglie e accompagnate da *Betula*, *Carpinus betulus*, *Corylus*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis*, *Castanea sativa*, *Juglans*, *Fraxinus excelsior* tipo, *Tilia*, *Ulmus*, prevalgono nettamente sulle conifere (8,3% contro 2,9%); queste ultime sono rappresentate da *Pinus cf. nigra*, *Pinus cf. mugo*, *Pinus cf. P. sylvestris*. Le piante di ambienti umidi, aumentano (2,9%), con legnose (*Salix*, *Alnus* indiff., *Alnus glutinosa*), in sottordine rispetto alle erbacee (*Cyperaceae*, *Thalictrum*, *Myriophyllum spicatum* tipo, *Sparganium erectum* tipo, *Alisma plantago-acquatica*).

**PL04 prof. cm 620;** deposito  $\gamma$  (= sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli decisamente idromorfi).

La concentrazione è alta (10250 p/g). Lo stato di conservazione è ancora buono con pochi granuli deteriorati (0,4%), "piegati". L'IRF è in calo 40,2% per il calo sia dei taxa erbacei che di quelli legnosi. La copertura forestale è in lieve calo come valore percentuale (11,9%) e in calo notevole come numero di taxa (16 contro 32). Le erbacee sempre largamente dominanti, sono un po' più alte che nel campione precedente (88,1%). Prevalgono ancora le Poaceae (38,7%) sulle Cichorioideae (28,9%), cala ancora *Artemisia* (1,7%) mentre aumentano le Chenopodiaceae (3,3%). Tra le legnose, le latifoglie decidue (7,4%) sono ancora prevalenti sulle conifere (3,1%). Tra le latifoglie sono ancora dominanti le *Quercus* caducifoglie indiff. e i taxa di accompagnamento più rilevanti sono *Fraxinus excelsior* tipo, *Ulmus*, *Fagus*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis*. Le piante di ambienti umidi hanno valori analoghi al campione precedente (2,3%), con un lieve calo delle igro-elofite (*Cyperaceae*, *Potamogeton*, *Sagittaria sagittifolia* tipo).

**PL03 prof. cm 450;** deposito  $\alpha$  (= materiale sedimentario non pedogenizzato di ambiente palustre).

La concentrazione si abbassa e torna su valori di  $10^3$  (1728 p/g). Anche qui lo stato di conservazione è buono e rari i granuli deteriorati (0,2%). L'IRF cala ulteriormente (34,5%), per un calo generalizzato dei taxa. La copertura forestale risale leggermente (12,7%) ma non come numero di taxa.

Tra le erbacee, sempre largamente dominanti, ma lievemente ridotte (87,3%), sono in calo sia le Cichorioideae (24,9%), che le Poaceae (20,3%). Mostra invece un forte aumento *Artemisia* (16,5%). Le Chenopodiaceae sono stazionarie (3,6%).

Tra le legnose, le latifoglie decidue pur in calo (6,6%), sono ancora prevalenti sulle conifere (4,2%) che continuano tuttavia il trend di risalita. Notiamo qualche comparsa *Betula*, *Salix* e qualche scomparsa temporanea *Corylus*, *Fagus*, *Tilia*, *Ulmus*.

Le piante di ambienti umidi sono in lieve aumento (2,8%), con un calo delle legnose (*Alnus* indiff., *Salix*) e aumento delle erbacee (*Myriophyllum spicatum* tipo, *Sparganium erectum* tipo, Cyperaceae, *Thalictrum*).

**PL02 prof. cm 310**; deposito  $\beta$  (= materiali variamente pedogenizzati).

La concentrazione raddoppia rispetto al campione precedente (3387 p/g). Lo stato di conservazione è complessivamente discreto con un lieve aumento del numero di granuli deteriorati, qui affetti da “degradazione” (0,9%). L’IRF aumenta lievemente (39,3%). Questo campione è caratterizzato da una sensibile contrazione della componente legnosa (6,4% contro 12,7% del campione precedente), per cui la dominanza delle erbacee supera di nuovo il 90% (93,6%). Tra le erbacee i taxa più significativi sono: Cichorioideae (40,1 %), seguite da Poaceae spontanee (20,0%), *Artemisia* (10,0%) e *Aster* tipo (5,7%). Le conifere (2,3%) si dimezzano rispetto al campione precedente e sono rappresentate per lo più da *Pinus* cf. *P. sylvestris* tipo e *Pinus* cf. *P. mugo* (2,0%). Anche le latifoglie decidue si dimezzano (3,4%) e sono ora rappresentate da, *Betula*, *Betula* cf. *B. nana*, *Carpinus betulus*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis*, *Quercus* caducifoglie indiff., *Fraxinus excelsior* tipo, *Ulmus*.

Le Piante di ambienti umidi continuano sul trend di lieve aumento (3,0%), con prevalenza delle erbacee. Tra i taxa legnosi notiamo *Alnus* indiff., *Alnus glutinosa* tipo e tra quelli erbacei *Myriophyllum spicatum* tipo, Cyperaceae e *Thalictrum*.

**PL01 cm 280**; deposito  $\gamma$  (= sedimenti palustri o tufiti pedogenizzate con suoli decisamente idromorfi).

La concentrazione cala pur mantenendo lo stesso ordine di grandezza (1328 p/g). Lo stato di conservazione complessivamente discreto mostra un ulteriore aumento dei granuli deteriorati, anche qui affetti da “degradazione” (1,5%). Questo campione è caratterizzato da una diminuzione di diversità. Infatti l’ IRF cala decisamente rispetto alla zona precedente (23,1%) per un netto calo del numero di taxa sia tra le legnose che tra le erbacee. La copertura forestale è molto scarsa, ancor più bassa che nel campione precedente (4,5%). Le erbacee sono ormai quasi esclusive (95,5 %). Le Cichorioideae

dominano largamente (60,5%); dopo di esse i taxa maggiori sono: Poaceae spontanee (11,7%), *Aster* tipo (8,3%) e *Artemisia* (2,3%).

Le conifere (2,6%), rappresentate per lo più da *Pinus* cf. *P. mugo* (1,9%) e *Pinus* cf. *P. sylvestris* tipo (0,9%), superano le latifoglie decidue, che hanno qui il valore più basso della sequenza PL1 (1,5%) e sono per lo più rappresentate da *Ostrya carp./Carpinus orientalis*, *Fraxinus excelsior*. Anche la loro varietà diminuisce (7 taxa).

Le piante di ambienti umidi con le erbacee prevalenti sulle arboree/arbustive calano sensibilmente (1,5%). Tra le arboree/arbustive è presente solo *Salix* e le erbacee sono rappresentate solo da Cyperaceae.

**PL00** suolo superficiale.

Questo campione presenta valori di concentrazione pollinica alta (27653 p/g). Lo stato di conservazione è discreto e la quantità di polline deteriorato è simile a quella del campione precedente (1,4%). Dominano le erbacee (70,4%), ma le legnose sono presenti con discrete percentuali (29,5%) con le conifere (20%) predominanti sulle latifoglie (8,9%). L' IRF è 49,6%.

Tra le erbacee prevalgono le Poaceae spontanee (29,1%) seguite dalle Cichorioideae (18,2%) e dalle Caryophyllaceae (8,2%). La copertura legnosa deve il suo valore relativamente alto a *Pinus* cf. *P. nigra* (17%) e *Quercus* caducifoglie (2,5%) e *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo (2,0%).

Le idro-igrofile risalgono ai valori intorno al 3% osservati nella maggioranza dei campioni (qui 2,7%), con le legnose in sottordine rispetto alle erbacee che sono prive delle idrofite. In questo campione compaiono reperti indicativi della presenza dell'uomo (Coltivate/coltivabili). Il complesso (3,9%) include piante legnose (0,7%) e erbacee (3,2%). Le legnose sono rappresentate da *Castanea sativa* e *Juglans regia*. Le erbacee sono rappresentate dai cereali: *Avena* /*Triticum* gruppo *Hordeum* gruppo, *Panicum* cf. *miliaceum*.

## **5 DISCUSSIONE - Evoluzione del paesaggio vegetale a Piano Locce a partire da 36000 anni fa**

In questo capitolo viene esaminata e discussa l'evoluzione della copertura vegetale a Piano Locce e aree limitrofe, in base ai dati emersi dall'analisi dei diversi indicatori biologici e cioè polline, palinomorfi non pollinici e microcarboni.

Per quanto riguarda il periodo di tempo coinvolto, si ricorda che il diagramma pollinico della carota PL2, in base alla datazione ottenuta dal campione inferiore, C121, a 5,00 metri di profondità, copre gli ultimi 36.000 anni. Il diagramma percorre quindi un periodo compreso tra l'Ultimo glaciale e il Presente, spaziando così da tempi durante i quali la pressione antropica nell'area era inesistente/minima e le fluttuazioni climatiche e le dinamiche ecologiche erano le principali cause dell'evoluzione vegetale, ad altri in cui l'attività umana gioca un ruolo sempre più importante.

Nella presente discussione si cercherà di distinguere la risposta delle formazioni vegetali ai condizionamenti climatico-ambientali dalle risposte ai condizionamenti antropici.

Tenendo conto dei caratteri floristico-vegetazionali e della cronologia, il diagramma è stato suddiviso in 4 periodi.

### **5.1 Periodo 1 - Pleniglaciale, fino alle soglie dell' Ultimo Massimo Glaciale**

**Da 36.000 (datazione sui materiali vulcanici) a 30.000 anni BP (datazione pollinica relativa)**

**Zona PL-1 – da 514 a 300 cm di profondità**

Ambiente, paesaggio vegetale, clima

In questo tratto del diagramma PL2, tra 514 cm e 400 cm di profondità, la stratigrafia mostra la presenza di un sedimento fine che si è formato in ambiente lacustre/palustre, mentre tra 400 a 300 cm mostra sia sedimenti formati in ambiente palustre sia suoli decisamente idromorfi nei quali l'azione pedogenetica ha preso il sopravvento e si è svolta in condizioni idromorfe con periodici disseccamento. Il polline e i reperti non pollinici sono coerenti con i dati stratigrafici. Infatti, le idro-elifite e gli NPPs, sempre presenti in questo tratto e rappresentati soprattutto da alghe, suggeriscono l'esistenza di un corpo d'acqua dolce di limitata estensione che ha subito nel corso del tempo delle fluttuazioni del livello dell'acqua con momenti di prosciugamento. Nella prima parte del diagramma la buona presenza di idro-elifite insieme a un picco di percentuale e di concentrazione di colonie di *Pediastrum*, accompagnato da altri reperti di alghe (*Botryococcus*, *Spirogyra*, *Zignema*) fa pensare a un momento di maggiore espansione

del corpo d'acqua. Da questo momento in poi la tendenza è alla riduzione con tre momenti di oscillazione. L'ultima è registrata a 309 cm di profondità, dopo di che la presenza di alghe e di idro-elofite è bassa e suggerisce la presenza di specchi d'acqua temporanei di modeste dimensioni o temporanei allagamenti. Il ritrovamento, in diversi campioni, di *Zygnema*, *Spirogyra*, HdV -128 e di *Micodalyellia armigera* fa pensare a variazioni nel livello di eutrofizzazione delle acque. Per quanto riguarda la vegetazione francamente terrestre, in questo lasso di tempo i dati pollinici di Piano Locce evidenziano il predominio di una vegetazione aperta dominata da taxa steppici (Cichorioideae, Poaceae, *Artemisia*, Chenopodiaceae). Questa vegetazione suggerisce condizioni climatiche fredde aride, in armonia con la collocazione cronologica nell'ambito di un periodo glaciale. La parte basale del diagramma, quella correlata a un ambiente palustre, è sempre caratterizzata dalla dominanza delle erbe con prevalenza di *Artemisia*. E' da notare, per *Artemisia*, una variabilità morfologica che fa pensare alla presenza di più specie. È molto difficile dare qualche identificazione specifica dato che relativamente poche specie di *Artemisia* sono state descritte a livello pollinico dettagliato (vedi ad es. da Caramiello *et al.* 1990, Bandini & Forlani 1986); nei presenti campioni si osserva la presenza di un tipo di *Artemisia* di piccole dimensioni, minori di quelle descritte in letteratura, anche intorno a 12-14 µm.

Questo paesaggio di estese praterie è caratterizzato da una notevole diversità floristica, con molte famiglie e generi che punteggiano il manto erboso in mezzo ai 4 taxa dominanti sopra citati: vari generi di apiacee, asteracee, brassicacee, cariofillaceae, fabacee, lamiacee, polygonacee, ranunculacee, rosacee, scrofulariacee, e poi *Allium* tipo, *Armeria*, *Campanula*, *Plantago*, *Saxifraga*, e altri ancora.

In questo Periodo, la componente legnosa non è trascurabile ed è rappresentata da pino mugo e *Quercus* caducifoglie, accompagnati da altri alberi e arbusti mesofili, quali *Acer campestre* tipo, *Alnus* cf. *A. glutinosa*, *Alnus* cf. *A. viridis*, *Betula*, *Betula* cf. *B. nana*, *Carpinus betulus*, *Castanea sativa*, *Cytisus*, *Corylus avellana*, *Fraxinus excelsior*, *Hippophae*, *Ostrya carpinifolia*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis*, *Salix*, *Tilia*, *Ulmus*. La presenza di varie legnose decidue e anche di sclerofille mediterranee (*Quercus* cf. *illex*) suggerisce l'esistenza di rifugi nelle vicinanze e una loro leggera espansione durante pulsazioni climatiche relativamente più miti. Segue un periodo in cui la copertura legnosa inizia a calare e la composizione della componente erbacea a

modificarsi con diminuzione di *Artemisia* e aumento di Cichorioideae e Poaceae; tale cambiamento è probabilmente legato all'instaurarsi di condizioni meno aride, come sottolineato anche da un aumento delle Cyperaceae in percentuale e concentrazione. Il trend di discesa delle legnose continua fino a 342 cm di profondità dove la riduzione è drastica sia nel valore percentuale che nella concentrazione (2%; 27 p/g). A questa discesa segue una ripresa delle legnose che si accompagna alla comparsa di spore di funghi coprofilo, soprattutto *Sporormiella* tipo e *Sordiarina* tipo, che rappresentano i migliori indicatori di pascolo. La loro presenza è molto probabilmente legata alla presenza di erbivori selvatici, che nei momenti di minor rigidità del clima pascolavano nella conca.

### Correlazioni

In questo Periodo, il diagramma offre elementi di correlazione con le sequenze polliniche dei laghi craterici laziali, considerando specialmente le 2 pulsazioni di ripresa delle legnose.

Nei diagrammi pollinici dei laghi craterici del Lazio durante il Pleniglaciale sono state osservate sette oscillazioni (I-VII) delle piante arboree/arbustive (Follieri *et al.* 1998). La sequenza pollinica a Lago di Vico è quella che meglio contribuisce a definire gli episodi più o meno contemporanei con il presente periodo, cioè gli episodi da V a VII. In tale sequenza un picco di alberi di angiosperme (episodio V) è datato a circa 35.000 anni (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata) ed è stato osservato anche a Valle di Castiglione; l'episodio VI è datato a ca 33.000 (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata), mentre l'episodio VII è datato a ca 30.000 (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata) ed è visibile anche a Lagaccione. La fine dell'episodio VII rappresenta un utile marker per correlazioni in quanto conclude la successione di oscillazioni del "Lazio Complex" e delimita un successivo periodo povero in taxa arborei. Nei diagrammi pollinici dell'Italia centrale l'ultima lieve fluttuazione di piante arboree è registrata a ca 30 ka  $^{14}\text{C}$  anni BP, tra questa data e l'inizio della riforestazione che prelude il pieno sviluppo della vegetazione arborea del Postglaciale, vi è un periodo caratterizzato da bassi valori di piante arboree (Follieri *et al.* 1998). Gli episodi di ripresa delle legnose, seguiti da una fase di caduta osservabili in questo tratto del diagramma di Piano Locce sembrano correlabili con gli episodi di ripresa VI-VII del "Lazio Complex", anch'essi seguiti da una fase di scarsa componente legnosa.

### Cronologia

In base ai caratteri floristico-vegetazionali e alla datazione di 36.000 anni BP che segna la base della zona PL-1, questo tratto del diagramma è collocabile nel Pleniglaciale medio, riconosciuto in diverse sequenze palinologiche europee (Guitier *et al.* 2003). Inoltre in base alle correlazioni con i diagrammi dei laghi craterici del Lazio, l'ultima oscillazione di ripresa delle arboree può essere correlata con l'episodio VII del "Lazio Complex" datato a ca. 30.000 anni.

### Antropizzazione

Interrogandoci infine su possibili evidenze di presenza antropica, notiamo che in questo tratto del diagramma non vi sono segni evidenti di influenza degli umani sul paesaggio, quali ad esempio segni di raccolta di piante spontanee utili per qualche uso, ma sembra di poter trarre qualche informazione dai microcarboni. Questa zona è infatti caratterizzata dalla presenza quasi continua di particelle carboniose < 125 µm con concentrazioni variabili da 10<sup>3</sup> a 10<sup>5</sup>. Queste particelle non sono strettamente locali, ma sono legate a un trasporto da aree a distanza più o meno lunga. Esse possono essere in parte connesse a fuochi che si verificavano in luoghi lontani dal sito, molto probabilmente a quote inferiori, caratterizzati da un maggior sviluppo della vegetazione. E' anche possibile che essi si colleghino in parte alla presenza dell'uomo che li utilizzava per riscaldarsi in grotte o ripari. Esistono infatti evidenze della presenza dell'uomo in Abruzzo a partire dal Paleolitico inferiore. Tali evidenze si moltiplicano poi dall'Epigravettiano evoluto e finale, indicando una occupazione estesa e capillare del territorio (Tozzi 2003). Anche le particelle > 125 e > 250 µm osservate in tre campioni e indicanti una maggiore vicinanza dei fuochi, sembrano da collegare a episodiche frequentazioni del sito più che a incendi naturali.

## **5.2 Periodo 2 - Ultimo Massimo Glaciale (UGM)**

**Da 30.000 a 14.700 BP (datazioni polliniche relative)**

**Zone polliniche PL-2 ; PL-3; PL-4 ; da 300 a 198 cm di profondità**

### Ambiente, paesaggio vegetale, clima

In questo tratto, la stratigrafia mostra sedimenti o suoli formati in condizioni riducenti (Udifluents -Magaldi *et al.* 2009). Anche qui il polline e i reperti non pollinici sono coerenti con i dati stratigrafici. Infatti le variazioni di presenza delle idro-elofite e dei reperti algali suggeriscono che la sedimentazione sia avvenuta in un ambiente soggetto a variazione nella presenza di acqua con alterna presenza - assenza di un corpo d'acqua.

Il diagramma pollinico delinea un paesaggio molto aperto, ancora più aperto che nel periodo precedente, caratterizzato sempre da taxa steppici, ma ora con Cichorioideae dominanti accompagnate da Poaceae e *Artemisia*. La diversità floristica si riduce notevolmente sia tra le erbe che tra gli alberi/arbusti e questi ultimi sono rappresentati soprattutto da pini. Similmente a quanto accade al polline, anche gli altri reperti biologici sono scarsi in quantità e varietà. Il quadro suggerisce quindi che nel periodo in questione si siano verificate condizioni di vita poco favorevoli, dovute al clima freddo e in generale più umido che in precedenza con qualche oscillazione, inerente sia la temperatura che l'aridità. Infatti durante questo Periodo vi sono segni di due oscillazioni climatiche e più precisamente un miglioramento seguito da un peggioramento. Il miglioramento (zona pollinica PL-3) è segnato da un lieve incremento delle legnose registrato a partire da 232 cm di profondità e terminante a 213 cm. Aumentano qui le conifere, ma soprattutto aumenta *Quercus* caducifoglie accompagnato dalla sporadica presenza di altre latifoglie decidue mesofile (*Castanea*, *Fraxinus excelsior* tipo, *Betula*, *Ostrya*, *Ulmus* e *Corylus*). I taxa dominanti sono ancora le Cichorioideae e le Poaceae spontanee, ma qui il taxon di accompagnamento maggiore è dato dalle Caryophyllaceae che assumono importanza per la prima volta. Le condizioni climatiche appaiono relativamente più miti e umide come testimoniato da un lieve aumento delle Cyperaceae. Le idro-elo-igrofiti e i reperti algali indicano inoltre la presenza di un corpo d'acqua di limitata estensione. Una ripresa della vita vegetale e animale è testimoniata dai funghi, presenti per la prima volta in buona quantità. Troviamo sia funghi parassiti di vegetali, funghi decompositori della sostanza organica e anche funghi coprofili che testimoniano il pascolamento di ruminanti selvatici nella conca. Ciò è confermato anche dai reperti di uova di *Dicrocoelium* (Phylum Plathelminthes, Classe Trematoda, Famiglia Dicrocoeliidae), un parassita che ha come ospiti definitivi vari mammiferi quali ruminanti selvatici e domestici, leporidi, e occasionalmente equini, suini e altri animali compreso l'uomo.

Al miglioramento della Zona PL-3, segue il peggioramento climatico suggerito dalla zona PL-4. Qui si verifica un calo delle arboree e dei palinomorfi non pollinici e una risalita di *Artemisia* e delle Cichorioideae che raggiungono i valori più elevati dell'intera sequenza. Le latifoglie decidue calano drasticamente e alcuni taxa spariscono mentre le conifere, soprattutto con il pino cf. p. mugo, aumentano. La scomparsa delle



Cyperaceae e l'aumento di *Artemisia* fanno pensare a un clima più arido rispetto alla fase precedente.

### Correlazioni

Anche in questo tratto il diagramma PL2 trova accordi con diagrammi coevi, per vari caratteri, soprattutto inerenti le piante legnose. Come già ricordato, il periodo in questione è caratterizzato a Piano Locce da una scarsissima presenza di alberi/arbusti rappresentati specialmente da pini (*Pinus* cf. *P. mugo* e *Pinus* cf. *P. sylvestris*) e *Juniperus* con rare latifoglie decidue, specialmente *Quercus*. Quadri vegetazionali analoghi sono stati osservati in vari diagrammi del centro-sud Italia: Lago di Vico (Magri & Sadori 1999) Lagaccione (Magri 1999), Valle di Castiglione (Follieri *et al.* 1986), Lago Grande di Monticchio (Watts *et al.* 1996) e Lago Albano (Lowe *et al.* 1996). Le legnose sono rappresentate da *Pinus* e *Juniperus*, con sparse registrazioni di piante decidue, soprattutto *Quercus*. Altre concordanze riguardano le concentrazioni polliniche: alle basse concentrazioni di Piano Locce con valori centrati intorno a  $10^2$  fanno riscontro i minimi osservati nelle lunghe sequenze del centro Italia ( $10^3$ ), con i più bassi valori a ca 21-22 ka (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata).

Un aspetto di discordanza con la letteratura è la curva delle Cichorioideae. Nelle sequenze dei laghi craterici sopra menzionati (es. Lago di Vico, Lagaccione, Valle di Castiglione) le Cichorioideae mostrano un picco nel periodo in questione, picco che viene interpretato come una caratteristica di significato regionale. Anche a Piano Locce, in questo tratto del diagramma, la vegetazione è caratterizzata da una forte presenza di Cichorioideae. Però tali reperti sembrano essere qui un fatto locale. Infatti essi sono abbondanti e spesso contraddistinti anche da polline in *clumps*, non solo in questo periodo, ma anche in periodi precedenti e successivi, sostanzialmente lungo tutta la sequenza.

### Cronologia

Il tratto del diagramma in questione, con praterie sopra il limite degli alberi nella loro massima espansione e con la minore diversità floristica della sequenza, nell'insieme suggerenti condizioni di clima freddo e più umido che nella zona precedente, è collocabile nell' Ultimo Massimo Glaciale (UMG), cioè l'intervallo di minimo livello marino e massimo volume glaciale centrato intorno a 21.000 anni cal. (Clark & Mix 2002). L'UGM inizia a 30.000 cal. BP, allorché il livello del mare si avvicina ai minimi

(Lambeck et al. 2002) e termina, secondo la definizione qui scelta tra quelle offerte dalla letteratura (vedi Cap. 1) con il “brusco evento di miglioramento climatico” verificatosi a 14,7 mila anni cal. BP che segna l’inizio del Tardoglaciale. Per il periodo in oggetto, studi condotti da Giraudi & Frezzotti 1997 su evidenze glaciali a Campo Imperatore (Massiccio del Gran Sasso) hanno evidenziato che in questa area i ghiacciai raggiunsero probabilmente la loro massima espansione (Stadio di Campo Imperatore) circa  $22.680 \pm 630$   $^{14}\text{C}$  anni BP (ca 25.800 anni cal. BP da Ramrath *et al.* 1999) e iniziarono a ritirarsi a circa 21.000  $^{14}\text{C}$  anni BP (ca 24.000 anni cal. BP da Ramrath *et al.* 1999). È emerso che gli avanzamenti e i ritiri dei ghiacciai furono in fase con le oscillazioni del livello del lago del Fucino (40 km a sud di Campo Imperatore): quando i ghiacci avanzavano, il livello dell’acqua aumentava, e quando si ritiravano il livello diminuiva. Analoghi comportamenti sono stati registrati anche in altri laghi dell’Italia centro-meridionale tra i 30 e 24 ka cal BP (Ramrath *et al.* 1999; Chondrogianni *et al.* 2004). Dalla suddetta concordanza è stato dedotto che l’inizio della avanzata del ghiaccio nello Stadio di Campo Imperatore ha coinciso con la risalita del livello dell’acqua nel lago del Fucino avvenuta a ca 27.000  $^{14}\text{C}$  anni BP (ca 31.200 anni cal BP da Ramrath *et al.* 1999. Secondo Giraudi & Frezzotti (1997), sul Gran Sasso i ghiacci iniziano poi a ritirarsi intorno a 21.000 -  $17.840 \pm 200$   $^{14}\text{C}$  anni BP (24.000-20.600 anni cal BP, Ramrath *et al.* 1999).

Nell’ambito di questo inquadramento generale, le due oscillazioni climatiche osservate a Piano Locce in questo periodo, cioè il miglioramento e il successivo peggioramento, offrono alcuni elementi di correlazione cronologica considerando quanto segue:

a) un miglioramento seguito da un peggioramento è suggerito anche da dati archeozoologici in grotta/riparo presenti nell’area del Fucino. Si tratta dei resti archeozoologici rinvenuti nei livelli con frequentazione umane in Grotta Tronci e Riparo Maurizio, databili prima di 14.000 anni PB. I reperti indicano un periodo di clima prevalentemente freddo-secco (presenza di cavallo ed *Equus Hydruntinus* caratteristici di ambienti aperti e pianeggianti, uro e stambecchi tipici delle zone aperte di media e alta montagna); tra i reperti sono presenti anche i cervidi, più legati alla presenza di foresta, i quali potrebbero testimoniare fasi più temperate del clima verificatesi in precedenza, verso i 16.000 anni BP prima del ritorno di un picco di freddo secco (Agostini *et al.* 2008).

b) un miglioramento seguito da un peggioramento è indicato anche da dati glaciologici locali. Come detto sopra, sul Gran Sasso i ghiacci iniziano a ritirarsi intorno a 21.000 - 17.840  $\pm$  200  $^{14}\text{C}$  anni BP (Giraudi & Frezzotti 1997). La fase di massimo ritiro coincide con l'Interstadio di Fornaca, con clima mite, che termina a ca. 16 000  $^{14}\text{C}$  anni BP (18.600 cal BP, Ramrath *et al.* 1999). Questa fase è seguita da una nuova espansione dei ghiacci (Stadio di Fontanari) con clima freddo e umido.

In base a questi dati, il miglioramento suggerito dalla zona PL-3 che testimonia nel complesso un clima più mite potrebbe coincidere con l'Interstadio di Fornaca e la fase successiva PL-4 con clima di nuovo freddo potrebbe coincidere con lo stadio Fontanari. Con tali attribuzioni, rimane qualche dubbio per la correlazione "Zona PL-4 stadio Fontanari" perché essa appare fredda ma, relativamente, un po' più arida (aumento di *Artemisia*), rispetto alla fase precedente "Zona PL-3" Interstadio di Fornaca" mentre secondo Giraudi e Frezzotti (1997) durante lo stadio Fontanari le condizioni climatiche furono fredde e umide.

#### Antropizzazione

Come già nel periodo precedente, non vi sono neppure ora segni pollinici evidenti di influenza degli umani sul paesaggio. Piuttosto sembrano collegabili in gran parte alla presenza umana le particelle carboniose rinvenute in questo tratto del diagramma. La presenza ora sostanzialmente continua di tutte le classi di particelle piccole-medie, < 125  $\mu\text{m}$ , con concentrazioni di  $10^3$  -  $10^5$  testimonia anche qui fuochi diffusi nell'area ma lontani dal sito, e inoltre ad esse si aggiungono anche maggiori evidenze di fuochi vicini o locali. Soprattutto nella zona PL-3, durante il miglioramento del clima, si osserva un picco relativamente alto di microcarboni con presenza di particelle > di 250  $\mu\text{m}$  in concentrazione non trascurabile. In questo livello sono presenti anche spore di *Neurospora*, funghi che vivono non solo su humus e tronchi in decomposizione, ma anche su tronchi carbonizzati (López Sáez *et al.* 1998) e che sono rinvenuti molto frequentemente nei diagrammi pollinici in livelli ricchi di carboni (van Geel 1972; López Sáez *et al.* 1998). I microcarboni di grossa taglia fanno pensare a fuochi strettamente locali forse legati a una frequentazione della conca a scopo venatorio, dati i segni, forniti dagli NPPs, di circolazione di animali sopra riportati.

La conca di Piano Locce, infatti, essendo uno spazio aperto con disponibilità di acqua e foraggio doveva essere attrattiva per gli animali selvatici e di conseguenza per i gruppi

di cacciatori-raccoglitori che iniziarono a popolare l'ambiente montano. Dal Paleolitico superiore gli insediamenti in Abruzzo si moltiplicano e si osserva una loro più marcata concentrazione nella fascia collinare rispetto alla fascia costiera, e nelle aree montane interne, anche a quote molto elevate tra i 1600 e i 2000 metri (Tozzi 2003). Nel territorio del Fucino le più antiche attestazioni di una presenza umana diffusa riguardano Paleolitico superiore. Iniziano dall' Epigravettiano evoluto e si intensificano nell' Epigravettiano finale (Agostini *et al.* 2008). In base allo stato attuale delle conoscenze sulle culture del Paleolitico superiore del Fucino si ipotizza che proprio dopo i 18.000 anni fa ebbe inizio la frequentazione da parte dell'uomo di alcune grotte e ripari sul versante orientale del lago (Grotta Tronci e Riparo Maurizio) (Agostini *et al.* 2008). Secondo Bietti 2003 la frequentazione umana in Abruzzo dopo il Pleniglaciale inizia solo con il primo interstadio climaticamente riconoscibile e comunque posteriormente alla data approssimativa di circa 18 ka BP già indicata da A.M. Radmilli come l'inizio del "Ripopolamento" dell'Abruzzo. Questo coinciderebbe con la maggior presenza di microcarboni durante il miglioramento della zona PL-3 –Interstadio di Fornaca. Invece nella Zona PL-4 – stadio Fontanari le concentrazioni dei microcarboni diminuiscono e solo nella fase iniziale della zona si ha l'evidenza di fuochi relativamente vicini. In generale in questa fase di peggioramento climatico sembra che l'uomo torni ad allontanarsi dalla conca.

### **5.3 Periodo 3 - Tardoglaciale**

**Da 14.700 anni BP (datazione pollinica relativa) a 11.700 anni BP (datazione pollinica relativa)**

**Zone polliniche PL-5 ; PL-6; – da 198 a 150 cm di profondità**

Il Tardoglaciale, come già riportato nel Cap. 1 è variamente definito e suddiviso in letteratura. Nel presente lavoro è stato scelto come limite inferiore del Tardoglaciale, il brusco evento di miglioramento climatico posto a 14,7 mila anni cal. BP nel record isotopico della carota GRIP che segna l'inizio del GI-1 = Greenland Interstadial 1 (GI-1) - Bölling-Alleröd (Johnsen *et al.* 1992), e posticipa di quasi 4 millenni il termine dell'UMG (Ravazzi *et al.* 2007). Dopo l'intersatdio GI-1 la temperatura diminuisce irregolarmente attraverso l'Alleröd e rapidamente scende all'inizio dello Younger Dryas (GS-1) a 12.9 ka BP (Orobelli 2010).

Per il Gran Sasso Giraudi e Frezzotti (1997) riportano che dopo lo stadio Fontanari il ghiacciaio iniziò di nuovo a ritirarsi e il clima divenne mite e più umido (Intersatadio di Venaquaro); tale interstadio è messo in relazione con l'Interstadio Bölling-Alleröd.

Nelle carote laziali e nella sequenza di Lago Grande di Monticchio viene usato il termine di Tardoglaciale per indicare il periodo che va dal primo segnale di cambiamento climatico dopo il periodo glaciale fino all' inizio dell'Olocene. In tali carote, l'inizio del Tardoglaciale non è sincrono e oscilla nell'ambito dell'intervallo 14.300 – 13.000 anni BP: a Lagaccione è collocato intorno a 13.000 anni BP (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata), a Valle di Castiglione è collocato intorno a 14.000-13.500 anni BP (datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata), a Lago di Grande di Monticchio è collocato a 14.300 anni BP (Allen *et al.* 2000).

Nel diagramma PL2 il tratto riferito al Tardoglaciale comprende due episodi ben distinti e caratterizzati: un tratto che viene riferito all'interstadio del Tardoglaciale indicato qui come Interstadiale di Bölling-Alleröd e un tratto che viene riferito al raffreddamento dello Younger Dryas. I due episodi vengono discussi separatamente.

### **5.3.1. Intersadiale di Bölling-Alleröd**

#### Ambiente, paesaggio vegetale, clima

La stratigrafia mostra per questa zona la presenza di suoli idromorfi o materiali colluviali formati in condizioni riducenti. Anche qui vale quanto già detto per il periodo precedente e cioè la sostanziale coerenza dei dati pollinici e dei reperti non pollinici con quelli stratigrafici. La presenza di piante legate agli ambienti acquatici in piccole quantità e anche i reperti algali, scarsi, fanno pensare alla presenza di acque temporanee data la presenza di *Pediastrum* e soprattutto di cisti di *Pseudoschizea*, legate quest'ultime a cambiamenti del regime idrico collegati a variazioni di umidità.

Le legnose aumentano in modo evidente. Aumentano le conifere ma soprattutto aumenta *Quercus* caducifoglie accompagnato da una maggiore presenza di altre latifoglie decidue (*Alnus*, *Castanea*, *Fraxinus excelsior* tipo, *Betula*, *Ostrya*, *Ulmus* e *Corylus*).

Questo sviluppo della componente arborea-arbustiva con espansione di *Quercus*, chiara risposta a un cambiamento climatico, non comporta localmente, a Piano Locce, la sostituzione delle formazioni erbacee che rimangono qui ben rappresentate e quindi da interpretare come fenomeno locale. Il permanere delle praterie sembra legato sia alle condizioni ecologiche locali che al pascolamento naturale. Infatti in questo tratto sono presenti abbondanti spore di funghi saprofiti, parassiti e anche di funghi coprofilici che

unitamente al ritrovamento di uova di *Dicrocoelium* fanno pensare che la conca di Piano Locce sia stata utilizzata anche intensamente come pascolo da animali selvatici.

### Correlazioni

Le evidenze del miglioramento climatico fanno collegare questo tratto del diagramma all'Interstadio del Tardoglaciale noto con varie denominazioni (Intersatadio di Venaquaro, l'Intersatadio Bölling-Alleröd, LGI = Late – glacial Interstadial)

Nella sequenza di Lago dell'Accesa – Toscana (157 m slm) la vegetazione forestale è dominata dalle querce caducifoglie con *Fraxinus excelsior* tipo, *Ulmus*, *Acer*, *Corylus* e *Tilia*, con percentuali delle legnose in generale al di sotto del 60% (Drescher-Schneider 2007).

Anche a Lago di Vico la percentuale delle legnose è simile (52%), mentre a Lagaccione e a Lago Grande di Monticchio le legnose raggiungono l'80% suggerendo un ambiente densamente forestato.

A Piano Locce l'incremento delle legnose è chiaro, ma esse tuttavia non raggiungono percentuali elevate. Questo può essere spiegato con il fatto che l'area dove è avvenuto il campionamento, in certi momenti è stata sede di un laghetto di dimensioni modeste (registrazioni di piante di ambienti umidi) e in altri ha ospitato una vegetazione prativa, anche saltuariamente inondata, che è rimasta ben rappresentata nel diagramma pollinico dalla continua dominanza delle erbe. In base ai pollini e agli altri reperti biologici, la conca non ha mai ospitato formazioni forestali. Questo risulta anche dall'analisi dei paleosuoli, che evidenziano la mancanza di suoli evoluti. Però anche a Piano Locce, nella nostra carota PL2, così come in quelle del Lago dell'Accesa, dei laghi craterici del Lazio e di Lago Grande di Monticchio, le querce decidue sono il taxon legnoso più importante. È stata registrata anche la presenza di *Tilia*, un taxon importante durante il Tardoglaciale in Italia centrale e meridionale essendo ben rappresentato a Lago Grande di Monticchio e Lagaccione e presente anche a Lago di Vico e Lago dell'Accesa.

### Cronologia

Sul Gran Sasso, dopo lo Stadio di Fontanari, ca. 14000 <sup>14</sup>C anni BP (ca 15.700 anni BP, Ramrath *et al.* 1999), già considerato nel precedente Periodo 2, il ghiacciaio iniziò di nuovo a ritirarsi e il clima divenne mite e più umido. Questo miglioramento è denominato Intersatadio di Venaquaro ed è messo in relazione con l'Intersatadio Bölling-Alleröd (Giraudi e Frezzotti 1997)

A Lago Grande di Monticchio (656 m slm) la transizione da una vegetazione steppica alla foresta di querce del Tardoglaciale coincide con la deposizione del tefra denominato Tufi Biancastri datato a 14.560 cal BP (Wulf *et al.* 2004). Questa data è in accordo con l'inizio dell' Interstadio Tardoglaciale (LGI = Late – glacial Interstadial; 14.580 cal B.P.) al Lago di Mezzano (Ramrath *et al.* 1999). Le date concordano infine con l'inizio del LGI, in Europa Centrale, datato a 14.450 cal B.P (Litt & Stebich 1999). In altre sequenze polliniche italiane questa transizione è datata (con date non calibrate) a 12.015 anni B.P. (Lagaccione), 11.295 anni B.P. (Lago di Vico) e tra 12.500 e 11.000 yr B.P. (Lago di Martignano). La principale ragione della differenza tra queste date risiede nel basso tasso di sedimentazione e conseguentemente basso tempo di risoluzione (Drescher-Schneider 2007).

#### Antropizzazione

Come già nel periodo precedente, non vi sono neppure ora segni pollinici evidenti di influenza degli umani sul paesaggio. Tuttavia la presenza, documentata dall'abbondanza di spore di funghi coprofili, di animali selvatici al pascolo ha molto probabilmente determinato la frequentazione di questo luogo da parte di umani dediti alla caccia. Come nel periodo precedente, oltre alla presenza di particelle carboniose < 125 µm collegate a fuochi distanti, si verifica qui un episodio di produzione elevata di microcarboni che fa pensare a un incendio di dimensioni maggiori rispetto ai precedenti, incendio non strettamente locale (mancano le particelle > di 250 µm), ma nemmeno troppo distante. Può trattarsi di incendio naturale, ma non si può escludere che sia legato alla frequentazioni dell'uomo a scopo venatorio. Anche in questo caso l'episodio si verifica in un momento di miglioramento climatico legato a una maggiore disponibilità di biomassa e anche in questo caso sono presenti spore di *Neurospora*, confermando un legame di questo fungo con l'elevata presenza di microcarboni.

#### **5.3.2 - Younger Dryas**

##### Ambiente, paesaggio vegetale, clima

Continuano a essere presenti suoli idromorfi o materiali colluviali formati in condizioni riducenti e anche qui i dati degli indicatori biologici sono in accordo con la stratigrafia. I valori molto bassi delle idro-elo-igrofiti e la presenza della sola *Concentricystis*, fanno pensare a presenze di piccoli specchi d'acqua con carattere di temporaneità.

In questo periodo aumentano di nuovo *Artemisia* e tutte le erbe in generale, che diventano quasi esclusive (92%). Cala decisamente *Quercus*; calano le concentrazioni polliniche e quelle degli altri indicatori biologici. Rimangono soprattutto funghi, tra i quali spiccano *Glomus*, forse collegato a fenomeni erosivi sui versanti adiacenti alla conca, legati a una diminuzione della copertura vegetale e *Bactrodesmium*, funghi saprofiti che vivono sul legno marcio o sulla parte interna della corteccia di rami e tronchi caduti a terra (Holubová-Jechova 1972), indicando quindi una maggiore disponibilità di tale tipo di substrato.

Il paesaggio è ora caratterizzato da una vegetazione molto aperta, contraddistinta dalle Cichorioideae, Poaceae spontanee, *Caryophyllaceae* e dalla risalita di *Artemisia* uno degli elementi chiave di questa zona, come detto sopra. La componente legnosa è ugualmente rappresentata da conifere (soprattutto pino mugo) e latifoglie decidue (*Quercus* caducifoglie, *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Fagus*). Questi ultimi taxa sono presenti in quantità molto basse e fanno pensare a zone di rifugio in un contesto vegetazionale indicatore di condizioni climatiche fredde e aride.

La situazione è sostanzialmente tornata simile a quella dello stadio Fontanari: i valori medi delle arboree e quelli di *Artemisia* sono molto simili. Rispetto all'Ultimo Massimo Glaciale i valori di *Artemisia* concordano mentre quelli delle arboree sono qui un poco più alti (ca 7,5% contro 5 %).

### Correlazioni

I caratteri chiave riscontrati a Piano Locce in questo periodo trovano conferma in varie sequenze di aree più o meno limitrofe.

A Lago di Accesa – Toscana (Dresher-Schneider *et al.* 2007) la transizione dall'Interstadio del Tardoglaciale allo Younger Dryas è caratterizzato dal collasso del bosco di querce decidue, confermato dalla diminuzione della concentrazione pollinica. A Valle di Castiglione, Lagaccione e Fucino, Magri *et al.* (1989) hanno riscontrato una dominanza di steppe ad *Artemisia*, Poaceae e Chenopodiaceae e tra le arboree/arbustive *Pinus* è rappresentativo, accompagnato da *Juniperus*.

Al Lago di Albano e nelle carote del Mare Adriatico, Accorsi *et al.* 1996 hanno osservato nel tratto riferibile allo Younger Dryas una diminuzione della piante legnose, soprattutto di *Quercus*, e un aumento delle erbacee dominate da *Artemisia* (20%), Poaceae e Chenopodiaceae.



### Cronologia

Per i caratteri suddetti questo Periodo è riferibile allo Younger Dryas che rappresenta l'ultimo severo e veloce deterioramento climatico del Tardoglaciale.

Sul Gran Sasso, a Campo Imperatore, l'ultima avanzata del ghiaccio è datata a ca. 11.000 <sup>14</sup>C anni BP (Stadio di Monte Aquila) ed è correlata con lo *Younger Dryas* (Giraudi e Frezzotti 1997).

In Italia centrale (Valle di Castiglione, Lagaccione e Fucino, Magri *et al.* 1989) lo Younger Dryas è datato tra 11.200 e i 10.800 anni non cal. <sup>14</sup>C BP.

Al Lago di Albano e in carote del Mare Adriatico Accorsi *et al.* (1996) indicano un intervallo tra 13.000 e 11.500 anni cal. <sup>14</sup>C BP.

Si può fare un'ultima osservazione sulla durata di questo periodo di freddo, l'ultimo prima dell'Olocene. In base alla velocità di sedimentazione stimata in modo generico per tutta la sequenza di Piano Locce questo peggioramento climatico risulta essere stato di breve durata (ca 500-600 anni). Questo valore rientra in quelli presenti in letteratura e in particolare si avvicina ai 400 anni stimati per l'Italia centrale da Magri *et al.* (1989), mentre Accorsi *et al.* (1996) indicano una durata più lunga intorno a 1500 anni.

### Antropizzazione

In questo periodo né il polline né gli NPPs danno segni di frequentazione antropica. E anche i microcarboni non forniscono chiare evidenze essendo presenti solo particelle indicanti fuochi distanti. L'uomo non sembra essere presente nelle vicinanze della conca.

### **5.4 Periodo 4 – Olocene**

I 140 cm superiori della carota PL2 corrispondono chiaramente all'Olocene per una serie di aspetti:

- 1) espansione delle arboree/arbustive
- 2) aumento delle querce caducifoglie,
- 3) aumento del numero di taxa
- 4) incremento di taxa spontanei legati alla presenza dell'uomo (*Castanea*, *Olea*)
- 5) comparsa di taxa coltivati dall'uomo (cereali, *Prunus* cf. *P. dulcis*)
- 6) abbondanza e varietà di spore fungine e reperti di origine animale

Secondo Jalut *et al.* (2009), nell'ambito del bacino del Mediterraneo, nell'Olocene si può distinguere una prima fase (11.500- 7.000 anni cal BP) umida e favorevole allo

sviluppo di una copertura vegetale dominata dalle caducifoglie; una fase di transizione (7.000-5.500 anni cal BP) BP marcata da un progressivo decremento nell'insolazione alle alte latitudini dell'emisfero nord e dall'instaurazione della presente circolazione atmosferica; una terza fase (5.500 cal BP- Presente) contrassegnata da un aumento più marcato rispetto al periodo precedente dell'aridificazione dimostrata su basi interdisciplinari (palinologiche, idrologiche e marine) e considerata di origine climatica. Seguendo questi autori nel presente lavoro l'olocene è suddiviso in 3 fasi: inferiore, medio, superiore

#### **5.4.1 - Olocene inferiore**

**Da 11.500 anni BP (datazione pollinica relativa) a 7.000 anni BP (datazione pollinica relativa)**

**Zona PL-7 da 140 a 99 cm di profondità**

*Ambiente, paesaggio vegetale, clima*

In questo tratto la stratigrafia mostra un sedimento di suolo con frammenti grossolani di dimensioni variabili tra il millimetro e il centimetro costituiti da poche selci e abbondanti calcari. In questa parte della sequenza gli unici reperti algali presenti sono *Pediastrum* e *Concentrycistis* quest'ultimi correlati alla presenza di pozze d'acqua soggetta a periodici disseccamenti. Tali reperti unitamente alla minore presenza di polline di piante acquatiche fa supporre che la sedimentazione sia avvenuta prevalentemente in ambiente terrestre.

All'inizio del periodo si verifica un aumento forte e brusco delle legnose. Esse, infatti da 7,8% dello YD passano a 28%, un valore decisamente più alto dei massimi fino ad ora osservati nelle fasi di miglioramento. Aumentano soprattutto i valori percentuali e di concentrazione di alberi caducifogli (*Quercus* caducifoglie, *Betula*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo, *Castanea*, *Fraxinus excelsior* tipo, compaiono o si fanno più frequenti o abbondanti gli arbusti, quali *Corylus Prunus*, *Rosa*, *Sambucus*). Aumenta anche *Pinus* che molto probabilmente era presente con nuclei sparsi non troppo estesi, si fanno più abbondanti i reperti di ginepro, e sono presenti anche abete bianco e abete rosso come pure elementi sempreverdi mediterranei quali *Quercus ilex* e *Olea*. Ma è soprattutto il bosco misto caducifoglio che si espande nei dintorni di Piano Locce. Anche le piante di ambienti umidi con ontani e salici, e igro-elo-idrofite erbacee sono presenti. Le erbacee sono ancora dominanti e indicano chiaramente in questa fase un paesaggio aperto formato soprattutto da Poaceae, Cichorioideae, Caryophyllaceae, Asteroideae. Come già detto in precedenza la componente erbacea a Piano Locce è

sempre prevalente, ora più ora meno espansa, e ciò testimonia che la conca, anche durante l'Olocene iniziale, come nei periodi precedenti, ha ospitato una vegetazione di tipo prativo, mentre le pendici circostanti venivano occupate dalla vegetazione forestale. Infatti le legnose non superano mai il 37 %. Nel diagramma si osserva chiaramente l'instaurarsi di condizioni interglaciali con aumento della temperatura e dell'umidità che portano una subitanea diffusione delle latifoglie decidue, e in minor misura, delle conifere. Anche l'abbondante presenza e varietà dei microresti fungini conferma la veloce ripresa della vita vegetale e animale. Sono presenti funghi saprofiti, legati a un aumento di disponibilità di sostanza organica, funghi parassiti, legati alla presenza di diversi vegetali e funghi coprofilo, legati alla presenza di sterco di erbivori.

La fase di sviluppo delle arboree/arbustive è seguita da una loro lieve contrazione sia come valori percentuali che di concentrazione: cala il pino cf. p. mugo, scompare il pino cf. p. nero e spariscono alcuni taxa di latifoglie. Aumentano come valori percentuali le erbacee, soprattutto le Cichorioideae. Anche qui come durante lo Younger Dryas sono stati osservati alti valori di *Bactrodesmium*, che suggeriscono la presenza di tronchi e rami caduti a terra, e di *Glomus*, che testimonia fenomeni erosivi forse legati a una calo della copertura vegetale. Altri microreperti non pollinici (MO-3, HdV- 702 e MO-17) sono stati ritrovati in quantità, ma purtroppo di questi non si conoscono le caratteristiche ecologiche. In questa fase i microreperti fungini presentano alte percentuali, ma sono presenti con meno della metà dei tipi rispetto alla fase precedente.

I caratteri di questo tratto fanno pensare a un leggero peggioramento climatico, determinato dalla diminuzione della temperatura, mentre le condizioni di umidità sembrano rimanere invariate.

La suddetta fase di raffreddamento è transitoria e ad essa segue una ripresa del querceto misto che mantiene le caratteristiche mesofile mentre in leggero calo è il bosco a conifere.

### Correlazioni

Il confronto con altre sequenze del centro - sud Italia mostra una generale concordanza (pur con differenze, più oltre discusse) con la maggior parte di esse (es. Fucino, Lagaccione, Lago di Vico, Lago Grande di Monticchio).

Il miglioramento iniziale osservato a Piano Locce è molto evidente nelle suddette sequenze. La ripresa della vegetazione forestale è abbastanza rapida con aumento

importante delle legnose (70-90%). Solo a Valle di Castiglione la vegetazione all'inizio dell'Olocene è ancora piuttosto aperta (AP=40-60%). La vegetazione forestale è costituita dal querceto misto con nocciolo più o meno abbondante (<10% nei siti a bassa quota, es. Lago dell'Accesa e Valle di Castiglione; 10-30 % nei siti a quota maggiore es. Lagaccione e Lago di Vico). Anche a Piano Locce, come visto sopra, l'inizio dell'Olocene è segnato dalla diffusione del querceto misto nel quale è presente anche il nocciolo con valori modesti.

La fase successiva, transitoria, di contrazione delle legnose potrebbe essere collegata a un improvviso raffreddamento del clima. Anche altre sequenze polliniche italiane indicano una riduzione della copertura forestale e della concentrazione pollinica totale: a Lagaccione attorno a 7.900 cal BP, e a lago di Pergusa-Enna, tra 8.100 e 7.600 cal BP. (Julat *et al.* 2009). Record paleoclimatici indicano a 8.200 anni cal. BP un evento caratterizzato da un raffreddamento improvviso, fino a ca. 6 ° C in Groenlandia, insieme a una maggiore siccità e ventosità in parti considerevoli dell'emisfero settentrionale (Mercuri *et al.* 2011).

Un aspetto che merita di essere discusso in particolare sono due discordanze osservabili in questo periodo tra Piano Locce e le sequenze del centro-sud Italia sopra citate.

1) a Piano Locce lo sviluppo della vegetazione forestale è limitato; il querceto non supera il valore di 37 %. Questo valore contenuto di legnose ha forse varie spiegazioni: a) effettivamente Piano Locce e aree immediatamente circostanti non sono mai state occupate da estese formazioni forestali sia per cause climatiche, essendo questo versante più arido (vedi anche sotto a proposito del Faggio) sia a causa del pascolamento di erbivori che ha conservato le formazioni erbacee, forse anche favorite da incendi antropici limitanti la diffusione di arbusti indesiderati b) all'inizio dell'Olocene si è verificato un episodio di incendio che può avere causato un calo di rappresentazione pollinica del bosco, nel momento del suo massimo sviluppo; c) per fenomeni di limitazione del trasporto pollinico il polline della copertura erbacea della conca può essersi concentrato all'interno della conca stessa per cui le erbacee risultano sovra rappresentate rispetto alla loro reale consistenza; d) forse non si può escludere, benché quest'ultima possibilità sembri meno plausibile, anche la presenza di uno hiatus di sedimentazione. con conseguente assenza di una parte dell'Olocene, nel suo tratto iniziale più forestato.

2) A Piano Locce il faggio è poco rappresentato. Dalla letteratura è noto che il faggio durante l'ultimo glaciale è sopravvissuto in diverse regioni d'Europa, compresa l'Italia, e che una popolazione nel sud e centro Italia ha colonizzato l'Appennino settentrionale (Magri 2008). L'espansione del faggio nell'Italia meridionale e centrale dopo l'ultimo glaciale a partire dai nuclei di persistenza è rapida e si osserva a Lagaccione e al Lago di Vico tra 8.000 e 7.000 BP. Da 6.800-5.700 cal BP anni il faggio si diffonde lungo la catena alpina interna e negli Appennini settentrionali (Magri *et al.* 2006; Magri 2008). Attualmente il faggio è presente in tutto il territorio nazionale ad eccezione della Sardegna e delle piccole isole, con una distribuzione che segue la cerchia alpina e prealpina, discende lungo tutto il crinale appenninico e varca lo stretto di Messina, spingendosi fin sulle cime più elevate delle catene montuose siciliane settentrionali (Peloritani, Nebrodi, Madonie). Si costituisce prevalentemente in comunità forestali pure, caratterizzando la vegetazione dell'orizzonte montano che, per la penisola italiana, si attesta nell'intervallo altimetrico tra i 900-1000 m e i 1800-1900 m circa di quota, segnando il limite della vegetazione arborea (Cutini & Di Pietro 2006).

Condizioni diverse di suolo e di esposizione determinano una grande diversità nell'ambito delle faggete appenniniche, e questa si traduce nella diversità delle specie vegetali che vi si accompagnano. Come riportato nel capitolo della vegetazione (ved. Cap. 2.4.3.), Piano Locce rientra in un ambito territoriale caratterizzato dalla serie appenninica meridionale neutrobasifila del faggio (*Anemone-apenninae-Fago sylvaticae sigmetum*). La faggeta rappresenta quindi la vegetazione naturale potenziale della fascia montana nella quale ricade Piano Locce. La vegetazione prativa attualmente presente viene interpretata come vegetazione di sostituzione della serie sopraindicata, quindi come una prateria formatasi in seguito alla distruzione del bosco operata dall'uomo.

Ciò che invece emerge dal diagramma della carota PL2 è che il faggio è sempre scarsamente rappresentato. Esso compare, in tracce, nella prima parte della carota a partire da 36.000 anni e scompare durante l'UGM, per poi ricomparire nel primo miglioramento climatico (interstadio Fornaca sensu Giraudi & Frezzotti 1997) e nell'Interstadio Bölling-Alleröd. Durante l'Olocene è quasi sempre presente con valori percentuali inferiori all'1% ad eccezione del campione C223-99 cm (1,2%). Questi dati suggeriscono che il faggio era presente probabilmente in aree di rifugio non distanti, ma

che durante la fase di miglioramento climatico olocenico non si è espanso a Piano Locce e che quindi i granuli pollinici rinvenuti riflettono una sua presenza in aree extralocali. Attualmente estese foreste a *Fagus sylvatica* sono presenti sul versante occidentale e su quello orientale del Massiccio del Gran Sasso, in situazioni di maggiore piovosità.

Il faggio è una specie legata a climi oceanici e suboceanici, che difficilmente tollera il clima mediterraneo caldo o il clima continentale (Magnani 2007). Rispetto a precipitazioni e temperatura si può considerare una specie mesoigrofila e mesotermica. L'umidità atmosferica sembra essere un fattore determinante per la crescita e lo sviluppo della specie, soprattutto durante la fogliazione e il primo sviluppo dell'apparato fogliare. Per questo motivo il faggio è estremamente sensibile alle gelate tardive (germogli e semenzali restano distrutti a  $-2^{\circ}\text{C}$ ) e alle correnti secche e calde tardo primaverili. Le precipitazioni corrispondenti a condizioni climatiche ottimali superano i 1500 mm annui (Magnani 2007).

Secondo Silvani & Osella (2005) il versante meridionale, dove si trova Piano Locce, è caratterizzato da una elevata aridità, con scarso sviluppo dei boschi e grande estensione di praterie xeriche. Per effetto della scarsità di piogge estive e delle ampie escursioni termiche stagionali, sul versante meridionale si affermano quindi le praterie dominate da *Stipa capillata* e da altre entità steppiche. Inoltre, la natura calcarea del suolo, idrovoro, accentua l'aspetto xerofilo della vegetazione, caratterizzata da numerose camefite, soprattutto labiate (*Satureja*, *Teucrium*, *Sideritis*,...), e da altre componenti tipiche degli ambienti xerici (*Helianthemum*, *Helichrysum*,...) (Silvani & Osella 2005). Alcuni di questi generi come ad esempio *Helianthemum* si rinvencono abbastanza costantemente anche lungo la sequenza PL2.

Come già detto nel Cap. 2 questa situazione di maggiore aridità, che come abbiamo visto è causata dall'orientamento prevalente da O ad E della catena montuosa principale del Gran Sasso (Baldoni 1999), può aver rappresentato anche nel passato un fattore limitante lo sviluppo della faggeta su questo versante.

### Cronologia

Il tratto del diagramma in questione, caratterizzato dall'espansione del querceto misto legato a un aumento di temperatura e umidità, è collegabile alla parte iniziale dell'Olocene come emerso anche dal confronto con altre sequenze del centro Italia.

Anche Jalut *et al.* (2009) riportano che, nell'ambito del bacino del Mediterraneo, durante l'Olocene si può distinguere una prima fase (11.500- 7.000 anni cal BP) umida e favorevole allo sviluppo di una copertura vegetale dominata dalle caducifoglie.

#### Antropizzazione

In questa prima parte dell'Olocene continua l'assenza di evidenze polliniche della presenza dell'uomo. Possiamo ricercare possibili segni negli NPPs e nei microcarboni.

Gli episodi ricorrenti di fuoco segnalati dal comparire di particelle di maggiori dimensioni, l'aumento complessivo della concentrazione delle particelle medio-piccole e la comparsa del fungo carbonicolo *Neurospora* possono far pensare a una frequentazione dell'area a scopo venatorio così come nel passato, forse anche più assidua, data la probabile ricca disponibilità di animali in questo periodo di miglioramento e sviluppo della vegetazione, come suggerito anche dall'abbondanza e diversità dei microresti fungini sopra descritta. Si può pensare che le praterie montane e di altitudine fossero luoghi frequentati dai cacciatori-raccoglitori del Mesolitico la cui presenza a minori altitudini è documentata archeologicamente a Capodacqua, Ripoli, Ortucchio strada 29, Grotta Continenza (Grifoni Cremonesi 2003). L'episodio più marcato di incendio all'inizio del periodo, che deve essersi verificato non molto lontano da Piano e che accompagna l'incremento delle arboree non porta con se elementi che possano suggerire una causa antropica.

#### **5.4.2 - Olocene medio**

**Da 7.000 anni BP a 5.500 anni BP (datazioni polliniche relative)**

**Zona PL-8; da 99 a 72 cm di profondità**

#### Ambiente, paesaggio vegetale, clima

La stratigrafia mostra un sedimento di suolo a grana fine dovuto a materiali colluviali arrossati e impregnati sia di idrossidi di ferro che di sostanza organica. Sono in accordo il polline e gli NPPs che suggeriscono un ambiente terrestre dove saltuariamente si formano ristagni d'acqua.

In questo Periodo si assiste a un graduale ma continuo calo della copertura forestale e a un aumento della componente erbacea sia come valori percentuali e di concentrazione sia come diversità. Il paesaggio forestale è anche qui, come in precedenza, caratterizzato da *Quercus* caducifoglie accompagnate da vari alberi/arbusti: *Alnus glutinosa*, *Alnus* cf. *A. viridis*, *Betula*, *Carpinus betulus*, *Corylus*, *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo, *Ulmus*, e altri arbusti quali *Sambucus* cf. *S. nigra*, *Hippophae*, *Prunus* cf. *P. spinosa*,

*Rosa* e *Rubus*. Il calo della componente legnosa non comporta cambiamenti nella composizione del bosco che appare piuttosto stabile. Le piante di ambiente umido mostrano oscillazioni che fanno pensare a variazioni di umidità, con momenti più umidi alternati a momenti più secchi (presenza di *Concentrcystis*). E' difficile dire se il calo delle legnose sia legato a un peggioramento climatico, in particolare a una fase più fredda o all'attività antropica; probabilmente hanno agito entrambi i fattori.

Tra le erbacee dominano le Cichorioideae, le Poaceae spontanee e le Caryophyllaceae accompagnate da *Centaurea nigra* tipo, *Anthemis* tipo, *Aster* tipo, Chenopodiaceae. Le Cichorioidee e *Plantago* mostrano un aumento soprattutto alla fine della zona dove sono più alti i valori dei funghi coprofili. Questo quadro potrebbe essere in relazione con un incremento di pratiche pastorali. L'abbondanza di spore di funghi coprofili, ma soprattutto il loro forte incremento suggerisce l'inizio di un utilizzo della conca non solo da parte di animali selvatici, ma anche di animali allevati dall'uomo. Questa zona è anche caratterizzata da un andamento in crescita delle concentrazioni delle particelle carboniose, sia delle taglie minori ( $10^5$  per le particelle  $< 125 \mu\text{m}$ ). sia dalla presenza anche di particelle  $>125 \mu\text{m}$  (ca 40 m/g), che nell'insieme fanno pensare alla presenza di fuochi nelle zone circostanti, anche a breve distanza, se non strettamente in loco. Ciò sarebbe confermato anche dai valori crescenti lungo la zona di funghi carbonicoli, come *Neurospora* e dalla comparsa nel diagramma di polline di *Erica* alla fine della zona.

In questo periodo si fa evidente per la prima volta un complesso di reperti (Coltivate/coltivabili) indicativi di attività antropiche. Si tratta di piante legnose da frutto (*Castanea sativa*, *Olea europaea*, *Juglans regia*, *Vitis vinifera*) e di probabili cereali *Hordeum* gruppo e *Panicum* cf. *P. miliaceum*. Il complesso ha valore modesto (media = 2,1%), i reperti sono più o meno frequenti e in alcuni casi il loro segnale non è inequivocabile (vedi risultati Cap. 4), tuttavia la presenza di questo complesso, che nel Periodo successivo diventerà inequivocabile giustifica la interpretazione di esso come segno di influenza antropica sul paesaggio vegetale. In molti diagrammi pollinici l'andamento di queste piante è stato utilizzato per tracciare l'evoluzione del paesaggio culturale (Mercuri *et al.* 2006; Mercuri *et al.* in stampa).

#### Correlazioni

Per questo Periodo non abbiamo elementi di correlazione evidenti con le carote laziali (già citate nei Periodi precedenti) nelle quali non si osserva un calo delle arboree. A



Lagaccione come pure a Lago di Vico da 6500 a 3800 anni BP (data non calibrata) è presente una foresta mista con latifoglie decidue con presenza di elementi mediterranei. Nelle carote di Lago Albano è registrata la presenza contemporanea di *Castanea*, *Olea*, *Juglans* e *Hordeum* prima di 6.500 anni cal BP; tuttavia questi reperti vengono interpretati come chiare evidenze di attività umana solo dopo i 4.260 anni cal BP. Dopo tale data *Olea* e *Juglans* aumentano mentre *Castanea* e cereali rimangono costanti fino a 3000 anni cal BP, dopodiché aumentano (Mercuri *et al.* 2002). A Lago di Nemi, tra 9.040 – 5.200 anni cal BP, *Castanea*, *Juglans*, *Olea*, cereali e indicatori antropici spontanei diventano più continui, ma è solo dopo i 5.200 cal BP che tali reperti diventano più frequenti e dopo i 3.000 cal BP mostrano percentuali significative (Mercuri *et al.* 2002).

#### Cronologia, Antropizzazione.

La cronologia di questa fase è basata sulle rispettive date di inizio e fine della Fase olocenica di transizione di Jalut *et al.* 2009, come detto in precedenza. Tuttavia elementi di cronologia vengono anche dalle evidenze di antropizzazione che fanno collegare questo periodo alle testimonianze archeologiche note per l'Abruzzo, in particolare per il Neolitico.

Il calo delle legnose, la presenza di fuochi e l'aumento percentuale dei coprofilo, portano a supporre una azione dell'uomo che sia direttamente, attraverso l'uso del fuoco, sia indirettamente con il pascolo del bestiame, provoca un calo della copertura forestale. Allo Stesso modo la prima evidenza significativa delle Coltivate/coltivabili, tra cui i primi ritrovamenti di *Hordeum* e *Panicum* cf. *P. miliaceum*, suggerisce pratiche di cura/protezione di piante spontanee e pratiche agri-colturali correlabili con il Neolitico abruzzese.

Il ricorso al fuoco per diradare la copertura boschiva è attestato a partire dal Mesolitico recente nelle Alpi francesi e nel bacino del Rhöne, sul versante piemontese nel V millennio a.C. e in Liguria successivamente al 4.300 a.C, insieme ai primi utilizzi come stalle di grotte poste in altura lungo percorsi che portavano a potenziali zone pascolive montane (Marzatico 2007).

Nella regione abruzzese il Neolitico è conosciuto per un discreto numero di insediamenti all'aperto e di grotte. Gli abitati sono in prevalenza su terrazzi fluviali, in zone pianeggianti o di leggero pendio o su terreni alluvionali in prossimità di corsi

d'acqua o sorgenti e sono presenti su tutto il territorio, dalla costa verso l'interno a quote diverse. I dati sull'economia confermano l'esistenza di una agricoltura ben sviluppata con *Triticum dicoccum* e orzo, la raccolta è testimoniata da pere e mele selvatiche. L'allevamento mostra una dominanza degli ovicapri seguita da bovini e suini e la caccia era assai praticata (Grifoni Cremonesi 2003).

L'uso delle grotte per riparo di umani e animali, un uso documentato in tutto il bacino del Mediterraneo, dove a partire dal Neolitico cave e ripari sono stati ampiamente utilizzati come stalla per le greggi (Boschian & Miracle 2007) è documentato anche in Abruzzo.

Infatti in due grotte abruzzesi, Grotta Sant'Angelo e Grotta dei Piccioni, studi di micromorfologia dei suoli hanno dimostrato che queste erano intensamente frequentate da pastori con le loro greggi. Probabilmente l'uso della grotta si è evoluto nel tempo da abitazione e stalla (neolitico) a stalla specializzata per ovicapri (Età del Rame e del Bronzo) (Iaconis & Boschian 2007). Secondo tale autore, siti open-air e grotte erano integrati in un sistema complesso di sfruttamento agricolo e pastorale del territorio. I gruppi Neolitici di pastori non specializzati e parzialmente nomadi divennero via via maggiormente specializzati fino a diventare pastori transumanti, che durante l'Età del Bronzo si muovevano attraverso il territorio con andamento stagionale (Boschian [http://www.sassa.org.uk/images/8/84/Case\\_study\\_21.pdf](http://www.sassa.org.uk/images/8/84/Case_study_21.pdf)).

Secondo Barker (1990) sembra probabile che la "transumanza a piccolo raggio" fosse molto comune in tutto il bacino del Mediterraneo fin dai primi tempi della pratica agricola. Se ne ipotizza l'esistenza sia in Italia, che in Francia e Spagna. In Abruzzo l'incidenza della pastorizia-transumante sembra essere stata assai scarsa durante il neolitico (V-IV millennio a.C.) (D'Ercole 1990).

Tuttavia la presenza delle grotte sopracitate, Grotta Sant'Angelo e Grotta dei Piccioni, poste al "confine" tra fascia costiera e la zona montana e utilizzate durante tutte le "fasi" del neolitico, portano a ipotizzare che accanto ad un allevamento invernale nei fondovalle prossimali ai villaggi, ci fosse un utilizzo dei pascoli estivi sugli altopiani montani avendo come basi stagionali tali grotte. Il neolitico dell'Abruzzo interno infatti è maggiormente caratterizzato da ritrovamenti in grotte rispetto ai villaggi all'aperto e la "vocazione" pastorale di quest'area può essere suffragata anche dall'incidenza di pecore e capre nei complessi faunistici (80% a Grotta La Punta secondo Barker) e 25

frammenti di *Ovis* contro 10 di *Bos* ed 1 di *Sus* a Paterno (Radmilli 1977) (D'Ercole 1990).

### **5.4.3 - Olocene superiore**

**Da 5.500 anni BP (datazione pollinica relativa) al subattuale**

**Zona PL-9 e Zona PL2-10 da 71 a 1,5 cm di profondità**

Ambiente, paesaggio vegetale, clima

Non ci sono variazioni nella stratigrafia che anche qui mostra un sedimento di suolo a grana fine dovuto a materiali colluviali arrossati e impregnati sia di idrossidi di ferro che di sostanza organica. Sono in accordo il polline e gli NPPs che suggeriscono un ambiente terrestre con momenti di ristagno di acqua e momenti di disseccamento testimoniati dalla presenza di *Concentricystis*.

In questa zona le arboree oscillano, ma si mantengono sostanzialmente sui livelli dell'Olocene medio. Le conifere sono scarse e continua il predominio di *Quercus* caducifoglie accompagnate da vari alberi/arbusti decidui. E' da notare la scomparsa dapprima di *Pinus* cf. *sylvestris* poi di *Alnus* cf. *viridis*.

Il pino silvestre attualmente in Italia ha una distribuzione che va dalla Liguria al Friuli Venezia Giulia attraverso l'intero arco alpino, risulta presente anche nell'Appennino settentrionale, mentre risulta attualmente assente nella catena appenninica centro-meridionale (Conti *et al.* 2005). Lungo la carota PL2 esso compare sostanzialmente con regolarità a partire dal Pleniglaciale medio. Resti di legni fossili di pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) sono stati rinvenuti in un colle morenico di origine glaciale nei pressi di L'Aquila (Tammaro *et al.* 1980). I reperti pollinici della carota PL2, confermati dal ritrovamento dei legni fossili, porta a pensare che l'areale di distribuzione di *P. sylvestris* comprendesse anche l'Appennino abruzzese.

Considerazione analoga deve essere fatta per *Alnus viridis* specie schiettamente montana presente in Italia con la subsp. *viridis*. Essa ha una distribuzione che va dalla Liguria al Friuli Venezia Giulia attraverso l'intero arco alpino e risulta assente nella catena appenninica (Pignatti 1982; Conti *et al.* 2005). *Alnus* cf. *A. viridis* è stato ripetutamente registrato nella carota PL2 a partire dal Pleniglaciale medio. Recentemente il polline di tale specie è stato rinvenuto da Giardini *et al.* 2010 in un sedimento rilevato tra i depositi morenici del ghiacciaio Calderone (2700-2800 m slm) datato 3895±65 anni dal presente (4520-4290 anni in età calibrata), che si è deposto prima che il ghiacciaio, scomparso all'inizio dell'Olocene, si ricostituisse negli ultimi

4000 anni (Giardini *et al.* 2010). In base a questo rinvenimento gli autori suddetti ritengono che l'areale di distribuzione di *A. viridis* fosse più ampio dell'attuale e che comprendesse almeno le vette più elevate dell'Appennino centrale.

Nell'ambito di questo periodo si verificano oscillazioni delle piante igrofile sia erbacee che legnose che fanno pensare a variazioni di umidità. Nel complesso, le piante di ambiente umido tendono a diminuire mentre quelle che indicano aridità (*Artemisia*, *Helianthemum*) tendono ad aumentare. Questo è in accordo con Jalut *et al.* 2009 che, in base a diagrammi pollinici del bacino del Mediterraneo riconosce nell'Olocene superiore (5.500 cal BP - Presente) un processo di aridificazione.

#### Correlazioni, Cronologia e Antropizzazione

L'incremento delle piante Coltivate/coltivabili è l'aspetto caratterizzante per questo Periodo.

Ciò trova riscontro in varie carote del centro – sud Italia.

In Toscana, al Lago dell'Accesa gli indicatori antropogenici sono continui e più alti a partire da 4300 cal BP, e durante il Bronzo Recente la coltivazione dei cereali e l'attività di pascolo hanno le maggiori evidenze (Drescher-Schneider *et al.* 2007).

In Lazio, nei diagrammi pollinici di Lagaccione e Lago di Vico, intorno a ca 4000 anni BP, è registrato un calo della concentrazione delle legnose in concomitanza con la registrazione di piante coltivate come *Castanea*, *Olea* e cereali. Percentuali significative di queste piante insieme con *Juglans* e *Vitis* sono registrate a Lago di Vico dopo 2630 ± 95 BP (Magri & Sadori 1999). In questo quadro i taxa più interessanti per effettuare correlazioni e per trarre elementi di inquadramento cronologico sono *Castanea sativa*, *Juglans regia*, *Olea europaea*, *Vitis vinifera*, *Prunus dulcis*. Perciò per essi è riportata una breve discussione centrata sul loro possibile indigenato e/o sugli aspetti connessi alla coltivazione di esse in Abruzzo.

#### ***Castanea sativa***

A Piano Locce, il polline di *Castanea sativa* compare durante l'Ultimo Glaciale, assai prima di 36000 anni BP (carota lunga PL1), poi compare nel campione più profondo datato 36000 anni della carota corta PL2, dopo di che è presente saltuariamente diventando infine praticamente continuo (salta solo un campione) a partire dall'Olocene inferiore (dal C. 32 a prof. 111 cm). Tale andamento è una ulteriore conferma dell'indigenato del Castagno in Italia (Paganelli e Miola 1991) e fa a pensare che esistessero aree di rifugio anche in Abruzzo non molto distanti da Piano Locce, oltre che nell'area intorno al Lago Grande di Monticchio, un'area che compare tra quelle ritenute di rifugio per il castagno (Krebs *et al.*

2004). Certamente il castagno non è mai stato molto vicino a Piano Locce, anche nei momenti di maggior sviluppo di castagneti antropici. Infatti i valori non sono mai alti, al massimo 5,2 % nell'Olocene superiore, come vedremo più oltre e si deve inoltre notare che nel campione attuale di superficie il valore è molto basso (0,6%) in accordo alla assenza di castagneti nelle immediate vicinanze di Piano Locce: tali aree sono infatti caratterizzate da terreni calcarei mentre il castagno predilige suoli acidi o sub-acidi. In Abruzzo i castagneti sono oggi presenti sui Monti della Laga in aree con litotipi flyschoidi (Pirone *et al.* 2010), dove formano una fascia di vegetazione discontinua, che si spinge sino a 1.100-1.150 m di altitudine, interponendosi, generalmente, tra il querceto e la faggeta (Tammaro 1998b). Questi luoghi sono a non grande distanza in linea d'aria da Piano Locce e il polline di castagno, ben diffusibile, proviene oggi probabilmente da essi, per cui sembra lecito pensare che anche in passato i Monti della Laga siano stati una possibile area di rifugio per il castagno.

Se è plausibile ritenere che il castagno sia autoctono in Abruzzo, come componente di boschi misti di latifoglie, diversa è la questione delle sua coltivazione, che non è garantita dalla presenza o anche dall'aumento della percentuale pollinica. Ricordiamo a questo proposito che Yasuda *et al.* 2000, nel nord-est della Siria, interpretano la presenza precoce del polline di castagno, a partire da circa 8600 BP, come conseguenza non della sua coltivazione, ma della riduzione del bosco per far spazio alla coltivazione dell'olivo, del grano e dell'orzo. In Anatolia, nel nord-est della Grecia e nel sud-est della Bulgaria i primi dati pollinici di coltivazione risalgono a circa 3700 BP (Conedera *et al.* 2004).

Nell'Italia centro – meridionale, l'inizio dell'aumento del polline o della continuità della curva, indici di probabile incremento antropico anche perché concomitanti con l'aumento di noce, olivo e dei cereali, oscillano tra ca. 3900 anni BP e ca. 3400 anni BP (Lago di Nemi e Lago Albano -Mercuri *et al.* 2002; Valle di Castiglione - Alessio *et al.* 1986), Lagaccione - Magri 1999; Lago di Vico - Magri & Sadori 1999; Laghi di Monticchio - Allen *et al.* 2002). Resti di castagne datate nell'Età del Bronzo sono stati rinvenuti in centro-sud Italia. In età classica la coltivazione del castagno è documentata presso i Greci sia per il legno che per il frutto (Conedera *et al.* 2004) ed ha avuto poi grande impulso ad opera dei Romani, per il frutto e per il ceduo (la *silva palaris*) complementare alla viticoltura (Bernetti 1995). Columella ne riporta l'uso per “fornire appoggi le vigne” (NH, Liber XVI, 92), Plinio ricorda che le castagne “sono giunte per la prima volta da Sardi” (= antica capitale della Lidia), “che ne esistono diverse varietà”, che “quelle più pregiate vengono da Taranto e da Napoli” e che “tutte le altre specie sono cibo per maiali, perché la buccia si riproduce anche all'interno dei frutti” (NH, Liber XVI, 92). La diffusione del castagno proseguì nel Medioevo ad opera degli ordini monastici, poi andò in crisi dal Rinascimento, presumibilmente con il crescente sviluppo della cerealicoltura, così il castagno fino all'Ottocento subì un progressivo abbandono, nonostante espansioni di portata locale fecero variare la distribuzione della castanicoltura in Italia (Bernetti 1995).

Tenendo presente quanto sopra riportato, i tre picchi che *Castanea sativa* mostra nella carota PL2, nel Periodo qui in oggetto, Olocene superiore (il più profondo a 31,5 cm - 5,2%, l'intermedio a 14,5 cm - 4,7% e il superiore a 8 cm di profondità - 2,4%) potrebbero essere correlati, l'inferiore con la diffusione di questa pianta nell'età del Bronzo, l'intermedio durante il periodo romano e il superiore con la sua diffusione ad opera degli ordini monastici avvenuta durante il Medioevo.

### ***Juglans regia***

A Piano Locce, il polline di *Juglans* ha una storia che appare sostanzialmente simile a quella del castagno: compare durante l'Ultimo Glaciale, prima di 36000 anni BP (carota lunga PL1), poi nella Carota corta PL2 scompare nel Massimo Glaciale, ma ricompare nel Tardoglaciale nell'Interstadio di Bölling-Alleröd e in seguito è presente saltuariamente con bassi valori <1%, ma comunque fino alla sommità, con due massimi: 0,5% nell'Olocene medio e 0,7% nel campione attuale. Tenendo presente la diversa, molto minore, diffusibilità del polline, le vicende di *Juglans regia*, sembrano andare abbastanza in parallelo con quelle del castagno e ipotizziamo anche per esso luoghi di rifugio in Abruzzo, così come detto sopra per il castagno. Nell'Italia centro – meridionale, l'inizio dell'aumento del polline o della continuità della curva del noce è intorno a ca. 3000 anni cal BP (Lago di Nemi e Lago Albano - Mercuri *et al.* 2002). Nel bacino del Fucino le analisi polliniche effettuate nel (Magri & Follieri 1991) provano la comparsa del noce nell'area, di poco posteriore a quella del castagno e dell'olivo, ma non sono disponibili datazioni.

Dai dati di Piano Locce e delle carote del centro Sud Italia e da opinioni espresse da altri Autori (vedi ad es. Paganelli & Miola 1991; Accorsi *et al.* 2000; Bosi *et al.* 2007) si può dire che: a) *Juglans regia* era presente in Italia durante l'Ultimo Glaciale; b) è sopravvissuto al massimo freddo glaciale; c) si è diffuso nell'Olocene con deciso aumento dei reperti a partire dall'età del Bronzo; d) nel suo aumentare sono coinvolte importazioni dai luoghi dove esso è stato domesticato e cioè Iran settentrionale, Caucaso e Turchia nord-orientale, ove ancora oggi il noce è spontaneo; e) i reperti diventano abbondanti per opera dei Romani.

Guardando in particolare all' Abruzzo, la diffusione del noce in epoca romana è testimoniata da residui di noci in sepolture localizzate lungo l'antica via Sacra di Teramo e nelle tombe della necropoli di Bazzano vicino all'Aquila (Manzi 2006) e probabilmente fin dal periodo romano, le noci sono state impiegate nei territori montani per produrre oli alimentari (oltre che per l'illuminazione), pratica ancora diffusa nel corso dell'Ottocento intorno al lago del Fucino, nel circondario di L'Aquila, nel Teramano e nei paesi montani alle pendici del Gran Sasso, e perdurata fino alla seconda guerra mondiale (Manzi 2006). Nel corso del Cinquecento la coltivazione del noce era diffusa ed erano presenti veri e propri noceti nelle campagne circostanti L'Aquila dove i noci accompagnano regolarmente gli insediamenti umani stagionali sul Gran Sasso (Manzi 2006).

### ***Olea europea***

A Piano Locce, l'olivo è assente nella carota lunga PL1 ed è presente in modo saltuario, più saltuario rispetto al noce, lungo la carota PL2: compare nel pleniglaciale prima del noce e continua sporadico durante il Tardoglaciale, all'inizio e durante l'Olocene, infittendosi, un poco dal periodo Romano. Essendo un polline ben diffusibile, la bassa presenza fa pensare che sia le aree, forse anche abruzzesi, in cui l'olivastro può essersi mantenuto durante il Glaciale, che quelle in cui è stato coltivato erano abbastanza lontane da Piano Locce. In ogni caso, i record si accordano con la ricostruzione della distribuzione naturale dell'olivastro nel bacino del mediterraneo settentrionale fatta da Carrion *et al.* 2010 attraverso lo studio di legni e carboni da siti preistorici. Secondo tali autori durante il medio e tardo

pleniglaciale (ca 59 –11.5 ka cal BP) *Olea* è persistito in rifugi termofili situati nelle zone meridionali della parte settentrionale del bacino del Mediterraneo, l'Oriente meridionale e il Nord Africa. L'Ultimo Massimo Glaciale, tra ca 22.000 e 18.000 cal BP ha probabilmente ridotto la sua distribuzione. Durante il Preboreale e il Boreale (circa 11.500-8.800 cal BP) la specie ha iniziato ad espandersi nella fascia termomediterranea. Nel Mediterraneo centrale i primi legni-carboni di olivastro sono stati ritrovati in livelli Mesolitici a Grotta dell'Uzzo, e la sua presenza è confermata da diverse sequenze polliniche ( Gorgo Basso, Lago di Pergusa, Biviere di Gela) in Sicilia.

Per l'Italia centrale le sequenze polliniche di Lagaccione (Magri 1999), Lago di Vico (Magri & Sadori 1999) in Lazio e Lago dell'Accesa (Drescher-Schneider *et al.* 2007) in Toscana mostrano una precoce presenza di *Olea* (ca 9.000 anni BP a Lagaccione) anche se rara e discontinua in un paesaggio dominato dalle querce decidue. Sempre secondo Carrion *et al.* 2010 la specie è diventata molto abbondante nelle formazioni vegetali termofile durante il periodo Atlantico (circa 8.800-5.600 cal. BP), e questo per due possibili fattori complementari: l'ottimo climatico dell'Atlantico che consente la sua diffusione nella fascia termomediterranea, e il fattore umano con l'inizio della coltivazione che gioca un ruolo fondamentale nel processo di espansione di *Olea*. Evidenze in supporto di questa ipotesi provengono dai macroresti di *Olea* che ne dimostrano un uso intensivo (Carrion *et al.* 2010).

L'olivo nel bacino del Mediterraneo attualmente costituisce un complesso di forme selvatiche, varietà coltivate e forme inselvaticite (Carrion *et al.* 2010). Botanicamente esso include 2 varietà: l'oleastro (*Olea europaea* ssp. *europaea* var. *sylvestris*) e l'olivo coltivato (*Olea europaea* ssp. *europaea* var. *europaea*) (Green & Wickens 1989).

La coltivazione dell'olivo, per il suo frutto ricco in olii, è tra le più antiche del bacino del Mediterraneo (Zohary & Spiegel-Roy 1975). Nei record archeologici, legni di olivi coltivati dalla Spagna orientale e dal sud della Francia sono stati datati al Neolitico (Terral 2000). Nel Vicino Oriente in base a ritrovamenti di presse per l'olio, polline, noccioli e legno risulta che la domesticazione avvenne nella antica età del Bronzo (seconda metà del V millennio a.C.) mentre nell'area mediterranea nord-occidentale l'analisi di legno archeologico e noccioli di olive è posteriore, alla fine dell'età del Bronzo. Dal VI sec a.C. l'olivo coltivato si diffonde in tutto il Mediterraneo raggiungendo Tunisia e Sicilia e poi il nord Italia (Doveri & Baldoni 2007).

In Abruzzo, la coltivazione dell'olivo è testimoniata in vari siti dell'Età del Bronzo e prima Età del ferro (Celano-Le Paludi, Fonte Tasca, Fortellezza di Tortoreto, Lago del Fucino - Manzi 2006). Nel periodo romano la coltivazione dell'olivo è testimoniata sia dai reperti archeologici che letterari (Manzi 2006). I siti suddetti sono situati più in basso rispetto a Piano Locce e ciò forse può spiegare la scarsità di reperti rinvenuti nelle carote di Piano Locce.

### **Cereali**

A Piano Locce un contesto pollinico riferibile con notevole sicurezza a cereali (*Avena-Triticum* gruppo, *Hordeum* gruppo, *Panicum* cf. *P. miliaceum*, *Secale cereale*) compare nell'Olocene superiore, nella zona pollinica PL2-9 diventando più consistente nella zona pollinica PL2-10. I primi reperti di *Avena/Triticum* gruppo, uno dei reperti che dà maggiore sicurezza come testimone di cereali compaiono a 44,5 cm di

profondità e la curva si fa continua a partire da 14,5 cm. A tale profondità (C5) è stata rinvenuta anche *Secale cereale*. Reperti di cereali sono stati rinvenuti in grotte e in diversi siti abruzzesi ad es. Le coste, Celano le Paludi, Grotta B. Cenci (Castiglioni & Rottoli 2003), dell'età del Bronzo e del Ferro e i contesti ne documentano il consumo e il trattamento. Fra essi è attestato soprattutto il farro (*Triticum turgidum* subsp. *dicoccum*), il faricello (*Triticum monococcum*), oltre al grano (*Triticum aestivum/durum*), l'orzo (*Hordeum vulgare*), al miglio (*Panicum miliaceum*) e al panico (*Setaria italica*) (Bietti Sestrieri 2003). In Abruzzo la prima testimonianza della coltivazione della segale risale al periodo romano, nell'insediamento di *Juvanum*, nei pressi di Montenerodomo e a una quota di circa 1000 m slm (Manzi 2006)

Tenendo presente i dati suddetti si può dire che dati i bassi valori, i cereali nell'area di Piano Locce siano stati una coltivazione marginale rispetto all'attività di pastorizia, e che gli aumenti e la maggior frequenza dei reperti includenti anche *Secale* siano da considerare iniziati nel periodo romano.

### ***Vitis vinifera***

Il polline di *Vitis vinifera* compare lungo tutto la sequenza PL2 in basse concentrazioni, a partire dall'Olocene medio (camp. C27 a prof. 77 cm); dapprima è intermittente poi la curva diventa continua dal campione C7 a 20,5 cm di profondità fino alla sommità A tali reperti si aggiungono alcuni granuli per la cui identificazione rimane qualche dubbio, che richiedono conferme da ulteriori analisi, tra cui granuli rinvenuti nel campione datato a 36000 anni. I valori della vite sono sempre bassi, <1%, ma tenendo presente la sua bassa rappresentatività pollinica, la sua costante presenza nella parte finale dell'Olocene fa pensare che sia stata coltivata con una certa intensità, non lontano da Piano Locce.

La vite, conosciuta come vite europea, anche se dovrebbe essere chiamata più propriamente euro-caucasica, poiché si trova come selvatica anche nei territori compresi tra il nord-est dell'Afganistan fino ai bordi meridionali del Mar Caspio (Olmo 1995), è ritenuta spontanea in Italia ma in Abruzzo non risulta presente (Conti *et al.* 1998; Manzi 2006). La sua coltivazione sembra risalire al IV millennio a.C. almeno nell'area compresa tra la regione del Caucaso e la cosiddetta Mezzaluna Fertile; dal Levante vengono i primi vinaccioli attribuiti alla vite coltivata, datati al 3200 a.C. (Zohary & Hopf 1994). Dall'Asia Minore la coltura della vite e la produzione di vino si sono diffuse verso l'Occidente, fino al bacino del Mediterraneo. Nel corso del periodo classico, greco e romano, la coltura della vite si affermò in tutto il bacino del Mediterraneo e durante l'Impero Romano era molto importante in Italia.

In Abruzzo le prime testimonianze archeo-botaniche della coltivazione della vite risalgono alla tarda Età del Bronzo e Età del ferro e si riferiscono a un insediamento portato alla luce a Teramo (Agostini *et al.* 1999). Resti di vinaccioli carbonizzati sono stati ritrovati nell'insediamento di origine romana imperiale di Tortoreto dove sono state ritrovate anche le strutture per la lavorazione dell'uva (Cosentino & Pellegrini 2003). La coltivazione della vite ebbe un ulteriore incremento durante il Medioevo grazie soprattutto ai Benedettini che ne diffusero la coltura (Manzi 2006).



### ***Prunus dulcis***

Nell'Olocene superiore compaiono anche granuli attribuiti al mandorlo. La coltivazione del mandorlo è molto probabilmente iniziata nel settore orientale del bacino del Mediterraneo (Zohary & Hopf 1994). Il mandorlo è stato coltivato da almeno tremila anni nel Vicino Oriente, Nord Africa, e Europa del sud (van Wyk 2005).

Plinio annovera diverse varietà di mandorli e tra le più famose cita quella coltivata ad *Alba Fucens*, colonia romana ai margini dell'antico lago del Fucino. Nel periodo medioevale e rinascimentale la diffusa coltivazione del mandorlo in Abruzzo è testimoniata da diversi statuti (Manzi 2006). Nel corso del Cinquecento nei dintorni di L'Aquila si ha un incremento delle superfici agrarie coltivate a mandorlo (Manzi 2006). La coltura del mandorlo interessa essenzialmente i terreni calcarei e si estende dal livello del mare fino a superare i 1400 m di quota a Rocca Calascio e in altre aree limitrofe. Vasti mandorleti si collocano sulle pendici del Gran Sasso. Sul versante aquilano del Gran Sasso, il mandorlo sale in quota con gli insediamenti stagionali legati alla pratica dell'agricoltura (Manzi 2006).

I reperti di mandorlo compaiono nel tratto che sembra correlabile con il periodo romano e potrebbero suggerire l'inizio della sua coltivazione in tali tempi.

Per quanto riguarda gli Indicatori pollinici antropogenici spontanei, occorre fare una considerazione. Osservando globalmente l'andamento di queste curve lungo tutta la sequenza sembra che essi non diano informazioni utili per comprendere l'utilizzo della conca da parte dell'uomo e per le attività di pascolo. Questo è dovuto al fatto che i pollini delle piante incluse in tali categorie (ad es. *Artemisia*, Cichorioideae, Chenopodiaceae, *Cirsium*, *Galium*, *Plantago lanceolata*, *Plantago media/major*, *Potentilla* tipo, *Rumex*, *Urtica dioica*) sono sempre presenti in buone percentuali lungo il diagramma PL2, essendo piante proprie di comunità aperte e di praterie steppiche che erano presenti anche durante le fasi glaciali, ma che caratterizzano anche la vegetazione attuale di spazi antropizzati. Sicuramente le specie presenti durante l'Ultimo glaciale non sono le stesse che poi ritroviamo nell'Olocene. Ciò è stato evidente durante l'analisi osservando variazioni nella morfologia dei taxa. Si è già detto a proposito di granuli di *Artemisia* molto piccoli durante il glaciale, ma differenze morfologiche sono state osservate anche per Cichorioideae, *Helianthemum*, *Aster* tipo, *Plantago*. Queste differenze richiedono per essere palesi, un ulteriore lavoro morfologico fine e quantitativo, lungo l'intera sequenza. Fatta questa considerazione, si può comunque dire che se si valutano questi indicatori solo nell'ambito dell'Olocene il loro andamento si accorda con quello di altri indicatori di antropizzazione ed essi stessi diventano segni di influenza antropica sul paesaggio.

In questo Periodo, Olocene superiore, gli indicatori suddetti aumentano in concomitanza con l'aumento di altri segni indipendenti, cioè delle piante coltivate e dei funghi coprofilo suggerenti la presenza di erbivori. Il dato degli indicatori Pollinici di Pastorizia Locale (LPPI) combinato con la presenza di funghi coprofilo suggeriscono l'utilizzo di questa area come pascolo, in un primo momento da parte di erbivori selvatici poi anche di animali domestici come suggerito da un incremento percentuale di funghi coprofilo. Le loro percentuali si mantengono sempre molto alte e spesso sono accompagnate anche dalla presenza di uova di parassiti intestinali.

Questo quadro è in accordo con le notizie archeologiche e storiche disponibili per questa regione nella quale sin dai tempi preistorici si è fortemente sviluppata la pastorizia. Alcune informazioni, soprattutto riguardanti il Neolitico sono già state riportate e si prosegue considerando l'Età del Bronzo e periodi successivi.

Secondo Mattiocco (1990) è soprattutto per l'Età del Bronzo che si può supporre una maggior consistenza di "transumanza a piccolo raggio" cioè di spostamenti in senso verticale o a breve raggio, che portavano le greggi da un pascolo all'altro, attraverso valli e altipiani contigui, lungo tracciati che, con il passare del tempo, per necessità e tradizione finirono per diventare consueti. Una indicazione di frequentazioni stagionali, verosimilmente legate alla transumanza è fornita dai dati faunistici in relazione all'abbondanza all'interno delle grotte di ovicapriini macellati prevalentemente in età giovanile (De Grossi Mazzorin & Minniti 2003). Per l' Età del Bronzo in Abruzzo i dati relativi alle faune indicano una situazione di affermazione estensiva dell'allevamento, e un ruolo della caccia più marginale rispetto ad altre regioni della penisola; nel Bronzo medio gli ovicapriini sono prevalenti e scarsi i maiali, nel Bronzo recente si verifica un aumento complessivo dei ovicapriini. Nel Bronzo finale-prima età del Ferro i dati faunistici mostrano che i bovini sono allevati soprattutto per la carne e il latte; mentre lo scopo principale della pastorizia è soprattutto quello della produzione di carne affiancata a quella della lana (De Grossi Mazzorin & Minniti 2003).

Se il sistema della pastorizia transumante esisteva in epoca preistorica, fu solo durante il periodo romano e medioevale che si connotò come vera e propria transumanza a lunga distanza (Peroni 1996). Gabba (1990) ritiene che il massimo fiorire della transumanza , sotto il potere di Roma, si collochi tra il II sec. a.C. e il I sec. d.C. e che essa debba essere intesa come trasformazione in senso "industrializzato" di un fenomeno già

preesistente su scala molto più ridotta. Non sono più le greggi di piccoli proprietari di allevamenti che, spesso consorziati si spostano sui tratturi; sono oramai masse di bestiame precisamente organizzate da personale libero o schiavile che si muovono stagionalmente. In questa industria i grandi proprietari (e fra di essi Catone) hanno investito ingenti capitali: da questo impiego derivano molte attività redditizie, in primo luogo quella della lana. (Gabba 1990). Con la decadenza del potere romano si ebbe anche una regressione dell'attività transumante che riprese durante il periodo normanno; ma è durante l'Età Aragonese che la transumanza conobbe uno dei periodi di maggiore splendore e attività (Capezzali 2008). Uno studio della metà del Novecento (Capezzali 2008) calcola in circa 2 milioni e mezzo i capi transumanti nel 1440, cifra che avrebbe superato i 3 milioni e settecentomila capi nel 1592, raggiungendo le punte massime tra il 1602 e il 1604, anno per il quale viene segnalato il quasi incredibile dato di cinquemilioni e mezzo di capi transumanti; durante il Settecento e soprattutto durante l'Ottocento si assiste a un decremento dell'attività pastorale accompagnata da un incremento di quella agricola (Capezzali 2008).

Nella zona pollinica PL-9, dopo un primo momento di calo nella frequentazione della conca da parte degli animali erbivori, sempre comunque presente, a partire da circa 50 cm, seppure con oscillazioni, c'è una tendenza all'aumento e comunque i valori si mantengono sempre piuttosto elevati. La curva dei coprofilo presenta 2 picchi: uno a 17,5 cm (C6) che potrebbe essere collegato all'organizzazione del fenomeno della transumanza avvenuto durante il periodo romano e l'altro a 2,5 cm (C1) collegato alla ripresa dell'attività durante il periodo Aragonese.

Per quanto riguarda gli Indicatori di Attività Umana Regionale (RHAI) è interessante notare che essi aumentano man mano che ci avviciniamo all'attuale con un andamento opposto rispetto agli Indicatori di Pastorizia Locale che calano insieme al calo delle spore dei coprofilo. Questo sembra essere legato a un cambiamento nell'utilizzo della conca verso attività di tipo agricolo (coltivazione dei cereali). Questo in accordo con il calo della attività pastorale che si verifica in Abruzzo dopo il Settecento.

In questo periodo le concentrazioni dei microcarboni < 125 µm sono molto elevate (10<sup>5</sup> m/g) e sono sempre presenti le particelle >125 e > 250 µm a indicare la presenza di fuochi non a grande distanza.

Questi fuochi non sembra siano collegati a sostanziali variazioni della componente arborea ma molto probabilmente sono correlati a un uso del fuoco per scopi domestici, riscaldamento, cottura cibo, o anche per la produzione metallurgica. In alcuni campioni la presenza di particelle > 250 µm che indicano fuochi locali possono essere legate alla pratica del debbio o addebbiatura. Essa consiste in una pratica di fertilizzazione del terreno tramite l'incendio dei residui colturali o della vegetazione. Il debbio veniva praticato anche nei pascoli con lo scopo di variare la composizione floristica e migliorarli.

#### **Periodo 4) Attuale - campione superficiale**

Il materiale sottoposto ad analisi pollinica è un cotico erboso che conferma il suo valore di buona “trappola” rappresentando abbastanza fedelmente la vegetazione attuale (più o meno degli ultimi 5-10 anni)(Accorsi *et al.* 1986; Guido *et al.* 1988). Lo spettro pollinico del campione fornisce elementi per interpretare la vegetazione del passato. La copertura forestale (36%) è più alta rispetto a quasi tutti i valori dei singoli campioni delle zone/sottozone precedenti e si avvicina al massimo osservato nella sequenza, nel campione C37 della sotto-zona PL2-7 (37%). Le conifere predominano sulle latifoglie decidue e sono costituite prevalentemente dal pino cf. p. nero. Il valore relativamente alto della copertura più che rispecchiare una reale ripresa del bosco naturale, è legata ai rimboschimenti che sono stati fatti a partire dall'inizio del Novecento e durante gli anni cinquanta con l'utilizzo soprattutto di *Pinus nigra* (Tammaro 1995; Pirone *et al.* 2010). Tra le latifoglie decidue le piante più rappresentate sono *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo e *Quercus* caducifoglie indiff.. La presenza di *Ostrya carp./Carpinus orientalis* tipo nello spettro pollinico riflette la presenza sulle Pendici del Monte Carpesco che chiude il lato sud-ovest della conca di una boscaglia a *Ostrya carpinifolia*. Attualmente il paesaggio vegetale nei dintorni di Piano Locce è piuttosto aperto con poche pendici ricoperte da bosco tra cui, come già accennato, i rimboschimenti a *Pinus*. I valori di legnose che riscontriamo in questo campione concordano con quanto ipotizzato per il passato che il paesaggio sia stato sempre assai aperto, caratterizzato da una buona estensione delle praterie anche nei periodi di miglioramento del clima. I boschi più vicini erano probabilmente presenti a ricoprire le pendici sottoforma di boscaglie alternate a spazi aperti. In questo campione le buone percentuali di cereali attestano la coltivazione attuale dei cereali di alcune aree della conca. E qui testimoniata

anche la coltivazione di lupinella in atto proprio nella conca, mentre non c'è traccia della coltivazione della lenticchia, forse perché coltivata a maggior distanza rispetto al punto di prelievo. La lenticchia (*Lens culinaris* Medicus) è coltivata a Santo Stefano di Sessanio e zone limitrofe, e appartiene ad una qualità rara e antica che viene coltivata soltanto nei terreni aridi di alta montagna tra i 1'150 e i 1'450 metri. La zona di produzione della "Lenticchia di Santo Stefano di Sessanio" è costituita dal versante meridionale aquilano del Gran Sasso nei territori dei Comuni di Barisciano (località Le Locce, La Villa e Filetto), Calascio, Castel del Monte, Castelvecchio Calvisio (località Viano e Buto) e Santo Stefano di Sessanio ([www.parks.it](http://www.parks.it)). Questo dato è coerente anche con il valore degli Indicatori antropici spontanei che crescono mentre gli Indicatori pollinici di Pastorizia Locale (LPPI) calano rispecchiando quanto visto precedentemente a proposito del fenomeno della transumanza con l'attività pastorale che subisce un decremento a partire dall'Ottocento in concomitanza con un aumento dell'attività agricola (Capezzali 2008).

## **DISCUSSIONE**

### **CAROTA PL1**

Come detto precedentemente, per la carota lunga PL1 è stata analizzata solo una limitata scelta di campioni, analisi giudicata fattibile e utile per i seguenti scopi: 1) avere qualche informazione sui caratteri del paesaggio vegetale in tempi precedenti la parte inferiore della carota PL2 studiata in dettaglio, per un migliore inquadramento della stessa; 2) effettuare controlli tra i campioni delle due carote che riguardano lo stesso tratto di profondità; 3) verificare se vi sono elementi pollinici correlabili con il livello di pedogenesi. L'analisi è stata limitata alla parte pollinica. Non sono stati considerati gli NPPs e i microcarboni.

Per la discussione i campioni esaminati (11) vengono divisi in due gruppi:

1) 7 campioni (PL1-47, PL1-15, PL1-14, PL1-12, PL1-11, PL1-5, PL1-04) che si sono formati in tempi precedenti la sequenza PL2; 2) quattro campioni (PL1-03, PL1-02, PL1-01, PL1-00), di sovrapposizione con la sequenza PL2.

Prima di discutere i due periodi, si può fare una osservazione generale: gli spettri pollinici di tutti i campioni, pur appartenendo essi a periodi diversi, descrivono un paesaggio vegetale aperto in cui le aree forestate pur assumendo consistenza diversa nel corso del tempo sono sempre in secondo piano rispetto alla prateria. Il polline di piante erbacee è infatti mediamente circa 89% e la copertura boschiva resta sempre al di sotto del 29,5%.

### **Il paesaggio vegetale prima di 36000 anni fa (da 28,6 m a 6,2 m di profondità - campioni PL1-47, PL1-15, PL1-14, PL1-12, PL1-11, PL1-5, PL1-04)**

Tra 28,6 m e 13,8 m di profondità la stratigrafia mostra sedimenti palustri o tufiti pedogenizzati (sedimenti di suolo con caratteri di idromorfia) che rientrano nei depositi di tipo  $\gamma$ . I dati pollinici sono coerenti con i dati stratigrafici indicando la presenza di un corpo d'acqua che va incontro a periodi di riduzione e di disseccamento.

#### *Ambiente, paesaggio vegetale, clima*

Gli spettri pollinici delineano un paesaggio vegetale di spazi largamente aperti, coperti da praterie caratterizzate dalle dominanza delle Poaceae accompagnate da Cichorioideae, *Aster*, *Artemisia*, Caryophyllaceae e *Plantago* come taxa maggiori.

Questa vegetazione suggerisce condizioni climatiche fredde e aride e quindi si può supporre per questo periodo una collocazione nell'ambito di un periodo glaciale,

presumibilmente l'ultimo glaciale.

Nell'ambito dei campioni in questione si notano differenze evidenziate specialmente da variazioni nella consistenza e composizione delle legnose.

Inizialmente (camp. PL1-47, PL1-15, PL1-14, PL1-12 da 28,6 m a 13,8 m) gli spettri pollinici delineano un paesaggio molto aperto con una copertura forestale molto scarsa, sempre < 10% in (media = 7,9%; da 6,9% a 9,4%) e poco varia (15 taxa). Tra le legnose prevalgono *Pinus* cf. *P. mugo* *Pinus* cf. *P. sylvestris* tipo, e *Quercus* caducifoglie.

Segue un periodo (camp. PL11, PL5, PL4 da 13,8 m a 6,2 m di profondità ) in cui la copertura forestale diventa un po' più consistente, >10 in tutti i campioni (media = 13,3%, da 11,9% a 15,4% ) ed è caratterizzata dai pini e da *Quercus* caducifoglie, tra le latifoglie, accompagnati da un certo numero di alberi e arbusti mesofili e da accenni di mediterranee (*Quercus* cf. *Q. ilex*). Questa lieve espansione del bosco mesofilo fa pensare ad un clima più mite rispetto al periodo precedente.

#### Correlazioni e Cronologia

Come visto per il Periodo 1 della sequenza PL2, anche qui guardando specialmente alle oscillazioni di ripresa del bosco, può essere trovata qualche correlazione con episodi di miglioramento appartenenti al "Lazio Complex" (Follieri *et al.* 1989), all'intervallo di tempo rappresentato nella carota PL2, avvenuti prima di 36.000 anni dal presente quindi con episodi precedenti più antichi dell'episodio VII.

Avendo qui a disposizione solo pochi campioni e assai distanziati tra loro, è rischioso e prematuro impegnarsi in correlazioni più precise, che potranno forse emergere quando questa carota lunga PL1 sarà stata esaminata.

#### Antropizzazione

Nei campioni di questo tratto, i dati pollinici non mostrano evidenze di frequentazione antropica. I taxa di piante utili che rientrano nella categoria Coltivate/coltivabili (*Castanea*, *Juglans*) rinvenuti hanno qui presenze singole saltuarie coerenti con la loro appartenenza alla vegetazione spontanea, senza evidenze di correlazioni con l'uomo, ad es. per pratiche di raccolta. Possiamo inoltre notare che *Olea* e *Vitis* sono assenti in questo tratto. Non essendo stati analizzati gli NPPs e i microcarboni non possiamo aggiungere altro, se non che per i periodi pre-olocenici, l'integrazione di polline, non-polline e micro carboni è assai più informativa rispetto al solo polline in merito alla

frequentazione antropica, e che quindi nell'analisi completa della carota lunga PL1 sarebbe opportuno considerare tutti tre i tipi di reperti.

### **Ricerca di correlazioni tra pedogenesi e parametri pollinici**

Per alcuni campioni di questo tratto, e cioè PL1-47, PL1-15, PL1-14 e PL1-11 è valutato in dettaglio il livello di evoluzione pedogenetica. La valutazione è stata fatta in base al rapporto Fe ossalato/Fe ditionito. Il valore di questo rapporto, come è già stato riportato nel cap.3 è inversamente proporzionale al livello di processi pedogenetici avvenuti: se il suolo è meno evoluto il valore del rapporto è alto, se il suolo è più evoluto il valore del rapporto è basso. Nei nostri campioni, il rapporto è in genere alto, tuttavia nei campioni PL15 ( $Fe_{os}/Fe_{di} = 14,6$ ) e PL11 ( $Fe_{os}/Fe_{di} = 20,9$ ) è più alto rispetto ai campioni PL47 ( $Fe_{os}/Fe_{di} = 3,7$ ) e PL14 ( $Fe_{os}/Fe_{di} = 3,6$ ). In questi ultimi due campioni quindi i processi pedogenetici sono stati più evoluti.

Si è cercato allora di vedere se esiste una relazione tra tale rapporto ( $Fe_{os}/Fe_{di}$ ) e qualche parametro pollinico. I parametri considerati, parametri che in questo contesto sono sembrati i più utili a evidenziare correlazioni, sono: 1) concentrazione polliniche, 2) stato di conservazione; 3) numero di taxa, 4) rapporto legnose/erbacee; 5) piante di ambiente umido, 6) condizioni climatiche dedotte dagli spettri pollinici. Dall'esame dei dati non sono emerse differenze significative per quasi tutti i parametri. L'unico parametro per il quale ci sono possibilità di correlazione è lo stato di conservazione. Nei campioni in cui la pedogenesi è stata più evoluta si ha una maggiore quantità di granuli degradati rispetto ai campioni in cui la pedogenesi è meno evoluta, un fatto che sembra in accordo con la dinamica del polline nel suolo in cui i granuli vanno incontro a complessi fenomeni di deterioramento, attraverso un susseguirsi di inglobamento in aggregati umici, dissoluzione di questi e percolazione verso il basso (Accorsi 1986).

### **Il paesaggio vegetale dopo 36000 anni fa (da 4,5 m a 0 m di profondità - campioni**

PL1-03, PL1-02, PL1-01, PL1-00

Il gruppo di campioni in questione rientra, in base alla profondità, nel tratto coperto dalla carota corta PL2.

I campioni di questo gruppo, nel complesso si accordano con quanto è emerso dalla carota PL2 e sono confrontabili con campioni di tale carota. Di seguito viene perciò



esaminato ogni singolo campione mettendo in evidenza somiglianze e differenze con i campioni dalla carota corta PL2 che risulta corrispondente per caratteri floristico-vegetazionali e presumibilmente coevo. Tali confronti sono utili sia per collocare i campioni della carota lunga in oggetto, sia per confermare quanto emerso dal diagramma della carota corta PL2

### **Camp. PL1-03 - 4,50 m di profondità**

#### **Correlabile con il Periodo 1 (da 36000 anni alle soglie dell' UMG) della carota PL2**

La stratigrafia indica che il campione PL1-03 si è formato in ambiente palustre e questo concorda con la presenza delle piante di ambienti umidi e soprattutto delle idrofite.

Facendo un confronto con la sequenza PL2 emerge che il presente campione può essere correlato con la sottozona PL2-1b e quindi può rientrare nel Periodo 1 della sequenza PL2. Infatti il presente campione PL1-03 a 4,50 m di profondità mostra alcune strette somiglianze con il campione C111 a 453 cm di profondità. Le somiglianze riguardano:

- le concentrazioni polliniche, molto simili (1438 p/g in C111 e 1728 p/g in PL03)
- la copertura forestale, (14,8% in C111 e 12,7% in PL1-03)
- la prevalenza delle latifoglie sulle conifere
- la dominanza delle Cichorioideae sulle Poaceae

Sono tuttavia presenti alcune discordanze: l' IRF è più alto in PL03 (35% contro 25,9%), *Artemisia* ha un valore più alto (16,5% contro 6,3) come pure più alto è il valore delle piante di ambienti umidi (2,8% in PL03 contro 1,5%). Tali discordanze rientrano comunque negli intervalli che i suddetti parametri mostrano nell'abito della la sottozona PL2-1b della sequenza PL2.

### **camp. PL1-02 – 3,10 m di profondità**

#### **Correlabile con il Periodo 1 (da 36000 anni alle soglie dell' UMG) della carota PL2**

La stratigrafia indica che il campione PL1-02 è formato da sedimenti palustri o materiali variamente pedogenizzati. Data la buona presenza di piante idrofite si può supporre che sia prevalsa una sedimentazione in ambiente palustre. Il presente campione può essere correlato con la sottozona PL2-1d della sequenza PL2. Infatti mostra somiglianze con il campione C79 a 309 cm di profondità della sequenza PL2. Queste somiglianze riguardano:

- le concentrazioni polliniche, 3063 p/g in C79 e 3387 p/g in PL1-02
- la prevalenza delle latifoglie sulle conifere

- la dominanza delle Cichorioideae sulle Poaceae
- alti valori da *Artemisia* (16,2% - C79; 10,0% - PL02)
- le piante di ambienti umidi (4,1% - C79; 3,0% - PL02)

Le discordanze riguardano: la copertura forestale, più alta in C79 (10,5% contro 6,4% in PL1-02); l'IRF è più alto in PL1-02 (39,3% contro 26,4%). Anche in questo caso, le discordanze rientrano comunque negli intervalli che i suddetti parametri mostrano nell'abito della sottozona PL2-1d della sequenza PL2.

#### **camp. PL1-01 - 2,80 m di profondità**

**Correlabile con il Periodo 2 della Carota PL2 (Ultimo Massimo Glaciale)**

La stratigrafia indica che questo campione è formato da sedimenti palustri o materiali variamente pedogenizzati. Data presenza di elofite e igrofite senza idrofite, al contrario di quanto visto nel campione precedente, si può supporre che la sedimentazione sia avvenuta prevalentemente in ambiente palustre con bassa disponibilità di acqua.

Questo campione può essere correlato con la zona PL2-2 della sequenza PL2. Infatti il presente campione mostra somiglianze con il campione C73 a 287 cm di profondità della sequenza PL2. Queste somiglianze riguardano:

- la bassa copertura forestale (6,0% in C79; 4,5 in PL1-01)
- la prevalenza delle conifere sulle latifoglie
- la dominanza delle Cichorioideae sulle Poaceae
- valori simili di *Artemisia*
- il basso IRF
- l'assenza delle idrofite

Una lieve discordanza riguarda la concentrazione pollinica più bassa in C73 (435 p/g contro 1328 p/g in PL1-01). Il presente valore, tuttavia rientra nell'intervallo che la concentrazione mostra nell'abito della zona PL2-2 della sequenza PL2.

#### **camp. PL1-00 – 1,5 cm di profondità**

**Correlabile con il Periodo 4 della Carota PL2 (Olocene)**

La stratigrafia indica che questo campione è un campione di suolo e questo concorda con l'assenza di piante idrofite e la sola presenza di piante elofite e igrofite.

Questo campione può essere correlato con la zona PL2-10 della sequenza PL2. Infatti il presente campione mostra somiglianze con il campione C0 a 1,5 cm di profondità della sequenza PL2. Queste somiglianze riguardano:

- alti valori di concentrazione pollinica ( $10^4$ )

- la buona copertura forestale (33,3% in C0; 29,5 in PL1-00)
- conifere prevalenti sulle latifoglie
- alte percentuali di *Pinus* cf. *P. nigra*
- dominanza delle Poaceae sulle Cichorioideae
- presenza dei cereali *Avena/Triticum*, *Hordeum* tipo, *Panicum* cf. *miliaceum*
- l'assenza delle idrofite

Le discordanze riguardano: l'IRF (30,1%) in C0 e (45,7%) in PL1-00,

l'assenza di *Vitis vinifera* e *Olea europea*.

Anche in questo caso, i valori discordanti rientrano negli intervalli che i suddetti parametri mostrano nell'abito della zona PL2-10 della sequenza PL2, in particolare notiamo che le assenze di vite e olivo non sono significative, data la loro discontinuità nella carota PL2.

## **6 CONCLUSIONI**

Lo studio di polline, microreperti non pollinici (=NPPs), e microcarboni condotto su una novantina di campioni provenienti da due carote (PL1 e PL2, datate al fondo) prelevate con due sondaggi in località Piano Locce (m 1225 s.l.m.), depressione tettono-carsica che si apre sul versante meridionale del Massiccio del Gran Sasso d'Italia, in provincia dell'Aquila, ha dato risultati soddisfacenti, fornendo evidenze dei cambiamenti vegetazionali/climatici e dell'influenza antropica sul paesaggio avvenuti durante il periodo coinvolto.

La sequenza PL2 copre complessivamente un arco cronologico che dalla fine del Pleniglaciale medio (da 36.000 anni dal presente datazione in base all'analisi di materiali vulcanici) arriva all'età moderna, concludendosi con un'immagine del paesaggio attuale fornita da un campione di cotico erboso. Della sequenza PL1 che si spinge assai più indietro nel tempo, essendo datata alla base 170.000 anni dal presente (anch'essa in base all'analisi di materiali vulcanici) è stato studiato il tratto terminale che partendo dal Pleniglaciale si raccorda nei campioni più superficiali con la sequenza PL2.

In tutti i campioni sono stati rinvenuti polline, NPPs e microcarboni, con concentrazioni non alte, ma accettabili per il polline ( $10^3$  per lo più, da 10 p/g a  $10^5$  p/g), simili per gli NPPs ( $10^2$  per lo più, da 10 npp<sub>s</sub>/g a  $10^5$  npp<sub>s</sub>/g) e buone per i micro carboni (da 10 m/g a  $10^5$  m/g). Lo stato dei reperti è risultato discreto nel complesso, spesso buono e molto buono. Sono stati contati 46.150 granuli pollinici e 1.797 NPPs. NPPs e micro carboni sono stati analizzati solo per la carota PL2.

Dagli spettri ottenuti è emerso un quadro in cui il paesaggio vegetale evolve nel tempo, modificandosi in relazione ai cambiamenti del clima e alle modificazioni operate dall'uomo che sembra abbia sfruttato l'ambiente e le sue risorse assecondandone la vocazione.

La storia inizia in alcuni spettri pollinici della carota lunga PL1 che mostrano qualche flash di momenti precedenti 36.000 anni fa, e prosegue poi con il diagramma della carota PL2, che termina nel presente con lo spettro pollinico di superficie.

In base alle ricostruzioni floristico-vegetazionali e alle deduzioni inerenti l'ambiente locale, il clima e la cronologia sono stati individuati 4 periodi:

**1) Pleniglaciale - Da 36.000 (datazione sui materiali vulcanici) a 30.000 anni BP (datazione pollinica relativa)**

Prima di 36.000 anni dal presente, gli spettri della carota PL1 testimoniano un paesaggio sempre assai aperto con oscillazioni di ripresa del bosco, correlabili con gli episodi di miglioramento appartenenti al "Lazio Complex" (Follieri *et al.* 1989), avvenuti prima di 36.000 anni dal presente, data in cui inizia il diagramma dalla carota corta PL2 . Dopo 36.000 BP continua l'oscillazione di ripresa delle arboree fino all'episodio VII del "Lazio Complex" datato a ca. 30.000 anni BP. Il diagramma pollinico delinea un paesaggio dominato da una vegetazione aperta con taxa steppici (Cichorioideae, Poaceae, *Artemisia*, Chenopodiaceae). Il clima doveva essere freddo in armonia con la collocazione cronologica nell'ambito di un periodo glaciale. Non troppo lontani erano presenti lembi di arbusteti a pino mugo e nuclei di latifoglie con prevalenti querce decidue e anche qualche leccio, suggerenti aree di rifugio che permettevano una loro espansione durante pulsazioni climatiche relativamente più miti. Il polline di idrolofite e le spore di alghe si accordano con la stratigrafia, indicando che Piano Locce ospitava localmente un laghetto di modeste dimensioni che ha subito nel corso del tempo fluttuazioni del livello dell'acqua con momenti di prosciugamento. I microcarboni, di piccola taglia forse provenivano da fuochi accesi, per riscaldarsi in grotte o ripari degli umani., la cui presenza a minori altitudini, è documentata archeologicamente in Abruzzo a partire dal Paleolitico (Tozzi 2003), senza tuttavia escludere fuochi naturali a distanza dal sito, molto probabilmente a quote inferiori, caratterizzate da un maggior sviluppo della vegetazione.

**2) Ultimo Massimo Glaciale - Da 30.000 BP a 14.700 BP (datazioni polliniche relative)**

Qui il paesaggio è ancora più aperto, caratterizzato sempre da taxa steppici, ma con Cichorioideae dominanti accompagnate da Poaceae, Asteroideae e *Artemisia*.

Le condizioni di vita erano poco favorevoli, per il clima freddo e in generale più umido, testimoniate da scarsa concentrazione e povertà floristica sia tra le erbe che tra gli alberi/arbusti, rappresentati soprattutto da pini. Come il polline, anche gli NPPs sono scarsi in quantità e diversità. Alla fine di questo periodo si verifica una fase di miglioramento con aumento della temperatura testimoniata dalla ripresa della componente legnosa accompagnata da spore di funghi in buona quantità, legate verosimilmente al pascolamento di erbivori selvatici nella conca. Questo momento di

riscaldamento, che viene poi seguito da un raffreddamento è in accordo con i dati di Giraudi e Frezzotti (1997) per l'area esaminata.

### **3) Tardoglaciale - Da 14.700 anni BP a 11.500 anni BP (datazioni polliniche relative)**

Nel diagramma, questo periodo inizia con una fase di sviluppo della componente legnosa, chiara risposta a un miglioramento climatico, per aumento della temperatura, correlata con l'interstadio di Bölling - Alleröd. L'espansione di alberi e arbusti e soprattutto delle querce caducifoglie avviene sulle pendici circostanti, ma non porta a Piano Locce la sostituzione della prateria, che rimane ben rappresentata, forse favorita e mantenuta dal pascolo naturale. Infatti la presenza sempre abbondante di spore di funghi coprofilo, unitamente al ritrovamento di uova di *Dicrocoelium* fanno pensare che la conca di Piano Locce sia stata utilizzata anche intensamente come pascolo da parte di animali selvatici, data anche la disponibilità di acqua, offerta ora da specchi d'acqua intermittenti, come suggeriscono i reperti di piante legate agli ambienti umidi e le alghe, insieme alla tipologia del deposito. Questa presenza può avere determinato anche la frequentazione dell'area da parte dell'uomo a scopo venatorio. Infatti oltre a evidenze di fuochi lontani compaiono episodi di fuochi piuttosto vicini suggeriti anche dal fungo *Neurospora*, connesso a presenza elevata di microcarbone, che potrebbero essere dovuti ai cacciatori-raccoglitori dediti alla caccia.

L'ultima fase del Tardoglaciale, lo Younger Dryas, è un brusco e veloce periodo di peggioramento climatico, qui rappresentato da un aumento di *Artemisia* e di tutte le erbe in generale, dal calo deciso di *Quercus*, delle concentrazioni del polline e dei palinomorfi non pollinici. In questo periodo l'uomo sembra allontanarsi dalla conca.

### **5) Olocene**

#### **Olocene inferiore - Da 11.500 a 7.000 anni BP (datazione pollinica relativa)**

L'inizio dell'Olocene è caratterizzato da un cambiamento del paesaggio vegetale. Il bosco, rappresentato soprattutto dal querceto misto con nuclei sparsi e non molto estesi di pini inizia a ricoprire le pendici dei monti circostanti. Anche l'abbondante presenza e varietà dei microresti fungini conferma la veloce ripresa della vita vegetale e animale. Ma a Piano Locce, la componente legnosa rimane sempre in sottordine rispetto a quella erbacea e localmente troviamo qui sempre una prateria, anche se un po' meno estesa e con una composizione un po' diversa, dovuta anche a una maggiore aridità dell'ambiente locale, che ora è non è più lacustre/palustre ma chiaramente terrestre, con

pozze d'acqua temporanee. Per il costante permanere della prateria a Piano Locce possono essere considerate varie cause, tra cui le più probabili sembrano essere forse cause ecologiche locali, forse una certa sovra rappresentazione del polline di piante erbacee poco asportato dalla conca, ma soprattutto il pascolo sempre fortemente testimoniato a Piano Locce. In questo periodo si tratta ancora di animali selvatici. Nell'Olocene iniziale non abbiamo infatti segni pollinici della presenza stabile dell'uomo, ma l'aumento dei microcarboni, con presenza di particelle delle classi maggiori e la comparsa di funghi carbonicoli, fa pensare a una frequentazione dell'area a scopo venatorio ancor più intensa che nel passato data la probabile ricca disponibilità di animali, in questo periodo di miglioramento e di sviluppo della vegetazione, suggerito anche dall'abbondanza e diversità dei microresti fungini.

**Olocene medio - Da 7.000 anni BP a 5.500 anni BP (datazioni polliniche relative)**

Solo ora compaiono i primi segni dell'attività umana. Il calo del bosco, al quale possono aver concorso sia fattori di peggioramento climatico ma certamente anche l'attività umana, l'aumento delle Cichorioideae e di *Plantago*, il forte incremento di spore di funghi coprofili portano a pensare che ora la conca non sia solo utilizzata da animali selvatici al pascolo, ma anche da animali allevati dall'uomo. A partire dal Neolitico anche in Abruzzo è documentato l'uso delle grotte per riparo di umani e animali (Boschian & Miracle 2007), con una evoluzione nel tempo dell'uso della grotta da abitazione e stalla (neolitico) a stalla specializzata per ovicaprini (Età del Rame e del Bronzo) (Iaconis & Boschian 2007). Ed è interessante notare come la "vocazione" pastorale dell' Abruzzo interno emerga nel prevalere dei ritrovamenti in grotte rispetto ai villaggi all'aperto e nell'incidenza di pecore e capre nei complessi faunistici (D'Ercole 1990).

Accanto a queste prime evidenze di attività pastorale compaiono i primi segni significativi del complesso delle piante Coltivate/coltivabili (*Castanea sativa*, *Juglans regia*, *Olea europaea*, *Vitis vinifera*, insieme a *Hordeum* – Gruppo e *Panicum* cf. *P. miliaceum* che suggeriscono pratiche di cura/protezione di piante spontanee e pratiche agricoli correlabili con il Neolitico abruzzese.

### **Olocene superiore - Da 5.500 anni oggi BP (datazione pollinica relativa) al presente**

In questo periodo, pur con oscillazioni, si ha una tendenza all'aumento di aridità, in accordo a Jalut *et al.* 2009 il bosco alterna momenti di maggiore e minore consistenza senza modificazioni sostanziali nella sua composizione. Si deve notare la scarsa presenza del faggio, scarsità che caratterizza tutto il diagramma. Oggi la faggeta rappresenta la vegetazione potenziale della fascia montana nella quale ricade Piano Locce. La vegetazione prativa attualmente presente sembrerebbe da interpretarsi come vegetazione di sostituzione, quindi come una prateria secondaria, formatasi in seguito alla distruzione del bosco operata dall'uomo. La scarsità del Faggio, specie legata ai climi oceanici e suboceanici, si collega alla dissimmetria del massiccio del Gran Sasso, che determina un forte contrasto nelle condizioni termiche e pluviometriche dei due opposti versanti, che a sua volta si riflette sulla distribuzione delle tipologie vegetazionali (Baldoni *et al.* 1999). La maggiore piovosità consente infatti lo sviluppo di vaste faggete sul versante occidentale e su quello orientale, mentre il versante meridionale caratterizzato da una elevata aridità, mostra scarso sviluppo dei boschi e grande estensione di praterie xeriche (Silvani & Osella, 2004). Questa diversità emerge anche dal diagramma pollinico, nel quale le aree forestate sono state sempre caratterizzate dal querceto con dominanza di querce e dal quale risulta che la prateria presente a Piano Locce non è una prateria secondaria derivante dalla distruzione del bosco, ma una prateria qui esistente dal Pleistocene superiore, trasformatasi via via in pascolo.

L'Olocene superiore porta le evidenze maggiori dell'azione antropica sul paesaggio. Le piante Coltivate/coltivabili rappresentate dal castagno, noce, olivo, vite e cereali, con comparsa nel tratto più recente del mandorlo e della segale, mostrano le testimonianze più intense. Le loro curve suggeriscono qualche correlazione temporale, imputando al periodo romano il primo momento di intenso sfruttamento del territorio, con l'affermarsi della pastorizia transumante, la coltivazione del mandorlo, della segale e della vite.

La combinazione degli indicatori Pollinici di Pastorizia Locale (LPPI) con la presenza di funghi coprofilo, sempre piuttosto elevata, spesso accompagnati da uova di parassiti intestinali, è altamente informativa sull'utilizzo della conca per pratiche pastorali, che appare intenso, in accordo con le notizie archeologiche e storiche disponibili per questa



regione. Solo in tempi ancor più recenti si osserva un utilizzo della conca non solo per l'attività pastorale ma anche per attività di tipo agricolo (coltivazione principalmente di cereali) che si mantengono fino all'Oggi.

Concludendo si può dire che:

- 1) l'analisi del polline, grazie ai reperti sempre presenti e in buono stato, ha permesso di dare un contributo alla ricostruzione paleovegetazionale e paleoclimatica dell'area, per il Pleistocene superiore e l'Olocene
- 2) i palinomorfi non pollinici e i microcarboni affiancati all'analisi pollinica, potenziano l'informatività di essa per identificare le cause naturali e/o antropiche dei cambiamenti vegetazionali e per comprendere fenomeni a scala locale (presenza del fuoco, pascolo, etc.).
- 3) per i microcarboni il metodo utilizzato è risultato di agevole applicazione e le classi di particelle adottate sono sembrate idonee per correlazioni con polline e NPPs.

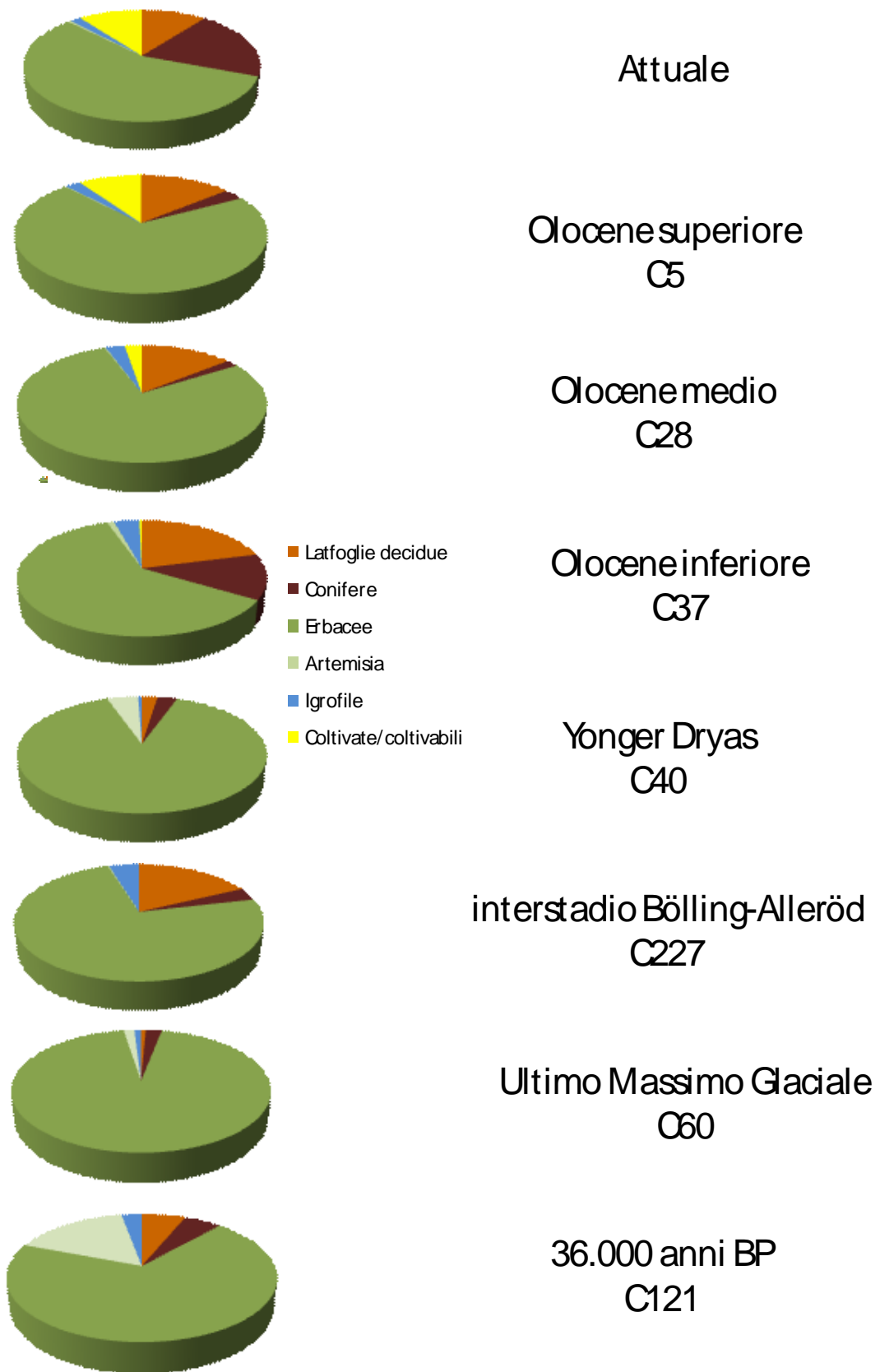


Fig. 18 - Spettri pollinici esemplificativi

*Storia del paesaggio vegetale e dell'impatto antropico nell'area del Gran Sasso (Abruzzo) in base a polline, palinomorfi non pollinici e microcarboni (sondaggi di Piano Locce, 1225 m slm)*

## BIBLIOGRAFIA

### ACCORSI 1986

Accorsi C.A. 1986 – *La Palinologia dei suoli: aspetti e interesse*. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., 19, 329, pp. 477-509.

### ACCORSI *et al.* 1997

Accorsi C.A., Bandini Mazzanti M., Mercuri A.M., Rivalenti C., Trevisan Grandi G., *Holocene forest pollen vegetation of the Po Plain – Northern Italy (Emilia Romagna Data)*, Allionia, 34, 1996, pp. 233-275.

ACCORSI *et al.*, 1986 – *Trappole polliniche naturali: interessanti alternative ai cuscinetti muscinali*. Atti 2 Cong.Naz. A.I.A. Isola di Capri 25-26, Aprile 1986, pp. 417-433.

### ACCORSI *et al.* 1990

Accorsi C.A., Bandini Mazzanti M., Forlani L., Randazzo G., 1990 - *Flora Palinologica Italiana, Sezione Aeropalinologica: S 205 -Pinus pinea L. (Pinaceae)*. Aerobiologia, vol. 10, 1, pp. 97-102.

### ACCORSI *et al.* 2000

Accorsi C.A., Bandini Mazzanti M., Forlani L., Mercuri A.M., Trevisan Grandi G., 2000 - *An overview of Holocene Forest Pollen Flora/Vegetation of the Emilia Romagna Region – Northern Italy* Archivio Geobotanico,(1999), 5, pp. 3–37.

### ACCORSI *et al.* 2005

Accorsi C.A., Bandini Mazzanti M., Forlani L., Mercuri A.M., Trevisan Grandi G., 2005 - *Il polline e l'Archeopalinologia*. In: G. Caneva (a cura di) “La Biologia Vegetale per i Beni Culturali”, II, Nardini Editore, Firenze, pp. 30-46.

### ACCORSI *et al.* 2007

Accorsi C.A., Bosi G., Montecchi M.C., Terranova F., 2007 - *Indagini archeobotaniche al teatro greco-romano di Taormina – i macrocarboni del sondaggio esterno nel porticus post scaenam*. In: Atti del II° Convegno Internazionale di Studi “La materia e i segni della storia - Teatri antichi nell'area del Mediterraneo – Conservazione programmata e fruizione sostenibile. Contributi analitici alla carta del rischio (Siracusa 13-17 ottobre 2004)”, I Quaderni di Palazzo Montalbo, n. 9, Reg. Siciliana, Ass. Regionale Beni Cult. Amb. e Pub. Istruz., Centro Regionale per la Progettazione ed il Restauro e per le Scienze Naturali ed Applicate ai Beni Culturali, Palermo, pp. 361-365.

### AGOSTINI *et al.* 1999

Agostini S., Coubray S., De Grossi Mazzorin J., Savini V., Sestrieri A.M., Torrieri V., 1999 - *Il più antico abitato di Teramo*. Museo Civico Archeologico, Teramo.

AGOSTINI *et al.* 2008

Agostani S., Iacopini A., Passerotti M.V., Barocchi S., Porsia C.D., 2008 – *Applicazione della tecnologia GIS per la ricostruzione della presenza umana nella Preistoria del Fucino (Abruzzo)*. *Preistoria Alpina*, 43, pp. 101-115.

ALLEN *et al.* 1999

Allen JR., Brandt U., Brauer A., Hubberten H.W., Huntley B., Keller J., Kraml M., Mackensen A., Mingram J., Negendank J.F.W., Nowaczyk N.R., Oberhänsli H., Watts WA., Wulf S., Zolitschka B., 1999 - *Rapid changes in southern Europe during the last glacial period*, *Nature*, 400, pp. 740-743.

ALLEN *et al.* 2000

Allen JR., Huntley B., Watts WA., 2000 - *Weichselian palynostratigraphy, palaeovegetation, and palaeoenvironment: the record from Lago Grande di Monticchio, southern Italy*. *Quaternary International*, 73/74, pp. 91-110.

ALLEN *et al.* 2002

Allen JRM, Watts WA, McGee E, Huntley B., - 2002. *Holocene environmental variability - The record from Lago Grande di Monticchio, Italy*. *Quaternary International*, 88, pp. 69-80.

ALESSIO *et al.* 1986

Alessio A., Allegri L., Calderoni G., Cortesi C., DaiPra G., De Rita D., Follieri M., Impronta S., Magri D., Narcisi B., Petrone V., Sadori L., 1986 -  $^{14}\text{C}$  dating, *geochemical features, faunistic and pollen analyses of the uppermost 10 m core from Valle di Castiglione (Rome, Italy)*. *Geologica Romana*, 25, pp. 287-308.

AMBERT 2002

Ambert P., 2002 - *Utilisation préhistorique de la technique minière d'abattage au feu dans le district cuprifère de Cabrières (Hérault)*, C.R. Palevol, vol. 1, pp. 711-716.

ANDERSEN 1978

Andersen S.T., 1978 - *Identification of wild grass and cereal pollen*. In: *Danmarks Geologiske Undersøgelse, Årbog*, pp. 66-92.

ANDRIČ M. & WILLIS K.J. 2003

Andrič M., Willis K.J., 2003 - *The phytogeographical regions of Slovenia: a consequence of natural environmental variation or prehistoric human activity?*. *Journal of Ecology* vol. 91, pp. 807-821.

APAT 2006

APAT, 2006 - *Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000: L'Aquila*. S.EL.CA., Firenze.

APG Angiosperm Phylogeny Website [www.mobot.org/mobot/research/apweb/](http://www.mobot.org/mobot/research/apweb/)

ARGANT *et al.* 2006

Argant J., López-Saéz J.A., Bintz P., 2006 - *Exploring the ancient occupation of high altitude sites (Lake Lauzon, France): comparison between pollen and non-pollen palynomorphs*. Review of Palaeobotany & Palynology, vol.141 (1-2), pp.151-163.

ARAÚJO & FERRIERA 2000

Araújo, A., & Ferriera, L.F., 2000 - *Paleoparasitology and the Antiquity of Human Host-parasite Relationships*. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, vol.95(1), pp. 89-93.

ASIOLI *et al.* 1999

Asioli A., Trincardi F., Lowe J.J., Oldfield F., 1999 - *Short-term climate change during the Last Glacial-Holocene transition: comparison between Mediterranean records and the GRIP event stratigraphy*. Journal of the Quaternary Science 14, pp. 373-381.

ASIOLI *et al.* 2001

Asioli A., Trincardi F., Lowe J.J., Ariztegui D., Langone L., Oldfield F., 2001 - *Sub-millennial scale climatic oscillations in the central Adriatic during the Lateglacial: palaeoceanographic implications*. Quaternary Science Reviews, 20, pp. 1201-1221.

BALDONI *et al.* 1999

Baldoni M., Biondi E., Frattaroli A.R., 1999 - *Caratterizzazione bioclimatica del Gran Sasso d'Italia*. In: Biondi E. (a cura di) *Ricerche di Geobotanica ed Ecologia Vegetale di Campo Imperatore (Gran Sasso d'Italia)*. Braun-Blanquetia, Camerino, 16, pp.7-20.

DOVERI & BALDONI 2007

Doveri S, Baldoni L. 2007. Olive. In: Kole C ed. *Genome mapping and molecular breeding in plants*. 4. Fruits and nuts. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2007. p. 253-264.

BALTER 2004

Balter M., 2004 - *Earliest signs of human-controlled fire uncovered in Israel*, Science vol. 304, pp. 663-665.

BARKER 1990

Barker G., 1990 - *Possiamo riconoscere la transumanza nelle testimonianze archeologiche?*. In: Giornate Internazionali di studio sulla Transumanza. Atti del convegno. L'Aquila-Sulmona-Campobasso-Foggia 4-5-6-7- novembre 1984, pp. 39-47.

BEAUFORT *et al.* 2003

Beaufort L., de Garidel-Thoron T., Linsley B., Oppo D., Buchet N., 2003 - *Biomass burning and oceanic primary production estimates in the Sulu Sea area over the last 380 kyr and East Asian monsoon dynamics*, Marine Geology, vol. 201, pp. 53-65.

BEHRE 1981

Behre K.E., 1981 - *The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams*, Pollen et Spores, 1981, 23, 225-245.

BEHRE 1986

Behre K.E., 1986 - *Anthropogenic indicators in pollen diagrams*, A.A.Balkema, Rotterdam.

BEHRE 1988

Behre K.E., 1988 - *The role of man in european vegetation history*. In Huntley B., Webb T., (eds.), *Vegetation history*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 633-672.

BERGLUND 1986

Berglund B.E. 1986 - "*Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*", John Wiley e Sons Ltd., Chichester.

BERGLUND & RALSKA - JASIEWICZOWA 1986

Berglund B.E., Ralska Jasiewiczowa M., 1986 - *Pollen analysis and pollen diagrams*. In: Berglund B.E. "*Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*", John Wiley e Sons Ltd., Chichester, pp. 455-484.

BERNETTI 1995

Bernetti G., 1995 – *Atlante di Selvicoltura speciale*. UTET, Torino.

BERTACCHINI *et al.* 2008

Bertacchini M., Marchesini M., Martelli S., 2008 - *Environmental implications of new stratigraphical and palinological data in the Terni basin (Central Italy) during the Middle Holocene*. 33<sup>rd</sup> IGC International Geological Congress, Oslo 2008, August 6-14<sup>th</sup>.

BEUG 1961

Beug H.J., 1961 - *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*, Lieferung 1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

BIETTI 2003

Bietti A., 2003 – Considerazioni sulla natura e sulla funzione dei siti del Tardiglaciale in Abruzzo. In Atti della XXXVI Riunione Scientifica I.I.P.P., Chieti-Celano 27-30 Settembre 2001, Firenze, pp. 117-124.

BIETTI SESTRIERI 2003

Bietti Sestrieri A.M., 2003 - *L'Età del Bronzo in Abruzzo*. In Atti della XXXVI Riunione Scientifica I.I.P.P., Chieti-Celano 27-30 Settembre 2001, Firenze, pp. 293-315.

BERTINI *et al.* 1989

Bertini T., Bosi C., Galandini, 1989 – *La conca di Fossa – S. Demetrio nei Vestini*. In Società Geologica Italiana: Elementi di tettonica pliocenico-quadernaria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino Laziale-Abruzzese. Guida all'escursione.

BIONDI *et al.* 1999

Biondi E., Ballelli S., Allegrezza M., Taffetani F., Frattaroli A.R., Guitian J., Zuccarello V., 1999 - *La vegetazione di Campo Imperatore (Gran Sasso d'Italia)*. In: Biondi E. (a cura di), *Ricerche geobotaniche ed Ecologia Vegetale di Campo Imperatore (Gran Sasso d'Italia)*. Braun-Blanquetia, Camerino, vol. 16, pp. 53-115.

BIONDI *et al.* 2000

Biondi E., Allegrezza M., Ballelli S., Taffetani F., 2000 - *La vegetazione del Corno Grande (2912 m) nel Gran Sasso d'Italia (Appennino centrale)*. Fitosociologia, vol. 37 (1), pp. 153-168.

BIONDI *et al.* 2002

Biondi E., Allegrezza M., Taffetani F., Ballelli S., Zuccarello V., 2000 - *Excursion on the National Park of Gran Sasso and Monti della Laga*. Fitosociologia, vol. 39 (1) suppl. 3, pp. 43-90.

BIRKS *et al.*, 1988

Birks H.H., Birks H.J.B., Kaland P.E., Moe D. (eds), 1988 - *The Cultural Landscape: Past, Present and Future*. Cambridge, Cambridge University Press.

BIRKS & BIRKS 1990

Birks, H.J.B., Birks, H.H., 1990 - *Quaternary Palaeoecology*. Edward Arnold, London.

BLACKFORD 2000

Blackford J., 2000 - *Charcoal fragments in surface samples following a fire and the implications for interpretation of subfossil charcoal data*, *Palaeogeogra the Apennone chaphy*, *Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 164, pp. 33-42.

BLACKFORD *et al.* 2006

Blackford J.J, Innes J.B., Hatton J.J., Caseldine C.J., 2006 - *Mid-Holocene environmental change at Black Ridge Brook, Dartmoor, SW England: A new appraisal based on fungal spore analysis*. *Review of Palaeobotany and Palynology* , 141, pp. 189–201.

BLACKFORD & INNES 2006

Blackford J.J, Innes J.B., 2006 - *Linking current environments and processes to fungal spore assemblages: Surface NPM data from woodland environments*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141, pp. 179–187

BLASI *et al.* 2003

Blasi C., Di Pietro R., Fortini P., Catonica C., 2003 - *The main plant community types of the alpine belt of the Apennine chain*. *Plant Biosystems*, 137 (1), pp. 83-110.

BLASI 2010

Blasi C. (ed.), 2010 - *La vegetazione d'Italia, Carta della vegetazione*, scala 1:500 000. Palombi & Partner S.r.l. Roma.



BOND *et al.* 1993

Bond G., Broecker W., Johnsen S., McManus J., Labeyrie L., Jouzel J., Bonani G., 1993 - *Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice*. Nature, 1993, 365, pp. 143 – 147.

BOND & LOTTI 1995

Bond G. C., Lotti R., 1995 - *Iceberg discharges into the North Atlantic on millennial time scales during the last glaciation*. Science, 267, pp. 1005-1010.

BONIN 1978

Bonin G., 1978 - *Contribution a la connaissance de la végétation des montagnes de l'Apennin centro-meridional*. Univ. Droit d'Economie et des Sciences. Aix-Marseille III). Fac.Sc.Teach.St. Jérôme. Thèse pour obtenir le grade de Docteur en Sciences.

BOSCHIAN & MIRACLE 2008

Boschian G., Miracle P.T., 2008 - *Shepherds and caves in the Karst of Istria (Croatia)*. In: Boschian G. (ed.) "Proceedings of the 2nd International Conference on Soils and Archaeology", Atti Società toscana Scienze naturali, Mem., Serie A, (2007), 112 , pp.173-180.

BOSI

BOSI *et al.* 2007

Bosi G., Dallai D., Maffettone L., Rinaldi R., Romagnoli C., Bandini Mazzanti M., 2007 – *Le legnose dell'Orto Botanico di Modena*. II Juglans L. Atti della Soc. Nat. Mat. Modena. Vol. 138, pp. 109- 150.

BOSI & ACCORSI 2008a

Bosi G., Accorsi C.A., 2008 - *Primi dati sui microcarboni a San Marino - Poggio Castellano (Età del Bronzo finale)*. In: G. Bottazzi, P. Bigi (a cura di) Primi insediamenti sul Monte Titano. Scavi e ricerche (1997-2004), All'Insegna del Giglio, Firenze, pp. 123-124.

BOSI & ACCORSI 2008b

Bosi G., Accorsi C.A., 2008 - *Primi dati sui microcarboni a Cà Rigo - San Marino (Età del Ferro, VI - inizi IV sec. a.C.)*. In: G. Bottazzi, P. Bigi (a cura di) Primi insediamenti sul Monte Titano. Scavi e ricerche (1997-2004), All'Insegna del Giglio, Firenze, pp. 171-172. ISBN 978-88-7814-462-0

BRYANT 1989

Bryant V.M. Jr., 1989 - *Pollen: Nature's fingerprints of plants*, Yearbook of Science and the Future, Encyclopedia Britannica, Chicago, Illinois.

BRUN 2011

Brun C., 2011 - *Anthropogenic indicators in pollen diagrams in eastern France: a critical review*. Vegetation History and Archaeobotany, vol. 20, n.2: 135-142.

CACHO *et al.* 2001

Cacho I., Grimalt J.O., Canals M., Sbaiffi L., Shackleton N.J., Schonfeld J., Zahn R., 2001 - *Variability of the western Mediterranean Sea surface temperature during the last 25,000 year and its connection with Northern Hemisphere climatic change*. *Paleoceanography*, 16, pp. 40-52.

CAPEZZALI 2008

Capezzali W., 2008 - *La Transumanza nella storia e nella bibliografia*. In Biondi L., Celli F., Merlonghi F., Peretti E., Totani G. (a cura di) *Tratturi e transumanza: arte e cultura*. Ackhé edizioni, pp. 61-92.

CARAMIELLO *et al.* 1987

Caramiello R., Ferrando R., Siniscalco C., Polini V., 1987 - *Schede palinologiche di Artemisia vulgaris L., Artemisia verlotorum Lamotte, Artemisia annua L., su campioni freschi e acetolizzati*. *Aerobiologia* 3, pp. 37-51.

CARAMIELLO *et al.* 1993-94

Caramiello R., Lomagno R., Fossa V., *Flora palinologica italiana; schede morfopalinologiche S216: Artemisia borealis Pallas; S217: Artemisia campestris L.; S218: Artemisia dracunculus L.; S247: Artemisia scoparia W. et K. (Compositae) su polline acetolizzato*. *Allionia*, 32, pp. 27-38.

CARAMIELLO & AROBBA 2003

Caramiello R., Arobba D., 2003 - *Analisi palinologiche*. In: Caramiello R., Arobba D. (a cura di) *Manuale di Archeobotanica – Metodiche di recupero e studio*, Franco Angeli, Milano, pp. 67-113.

CARRION 2002

Carrión J., 2002 - *Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of South-Western Europe*. *Quaternary Science Reviews*, vol. 21, pp. 2047-2066.

CARRION & NAVARRO 2002

Carrion J.S., Navarro C., 2002 - *Cryptogam spores and other non-pollen microfossils as sources of palaeoecological information: case studies from Spain*. *Annales Botanici Fennici*, vol. 39, pp. 1-14.

CARRION *et al.* 2010

Carrion Y., Ntinou M., Badal E., 2010 - *Olea europea L. in the North Mediterranean Basin during Pleniglacial and Early-Middle Holocene*. *Quaternary Science Reviews*, 29, pp. 953-968.

CASTIGLIONI & ROTTOLI 2003

Castiglioni E., Rottoli M., 2003 - *Nuovi dati archeobotanici per la preistoria dell'Abruzzo*. In *Atti della XXXVI Riunione Scientifica I.I.P.P., Chieti-Celano 27-30 Settembre 2001*, Firenze, pp. 657 – 661.

CHIARINI *et al.* 2007

Chiarini E., Giardini M., La Posta E., Papasodaro F., Sadori L., 2007 - Sedimentology, palynology and new geochronological constraints on Quaternary deposits of the Corvaro intermontane basin (central Italy). *Revue de micropaléontologie*, 50, pp. 309-314.

CHIARUGI 1950

Chiarugi A., 1950 – Le epoche glaciali dal punto di vista botanico. In *Accademia Nazionale dei Lincei, Quaderno XVI*, pp. 55 – 109.

CHONDROGIANNI *et al.* 2004

Chondrogianni C, Ariztegui D, Rolph T, Juggins S, Shemesh A, Rietti-Shati M, Guilizzoni P, Lami A, Niessen F, McKenzie JA, Oldfield F., 2004 - *Millennial to interdecadal climate variability in the Mediterranean during the LGM: the Lake Albano record*. *Quaternary International*, 122, pp.31–41.

CLARK 1982

Clark R.L., 1982 - *Point count estimation of charcoal in pollen preparations and thin sections of sediments*. *Pollen et Spores*, vol.24, pp. 523-535.

CLARK 1984

Clark R.L., 1984 - *Effects on charcoal of pollen preparation procedures*. *Pollen et Spores*, vol. 26, pp.559-576.

CLARK & MIX 2002

Clark P. U., Mix A.C., 2002 - *Ice sheets and sea level of the Last Glacial Maximum*. *Reviews*, 21, pp. 1-7.

CONEDERA *et al.* 2004

Conedera M., Krebs P., Tinner W., Pradella M., 2004 - *The cultivation of Castanea sativa (Mill.) in Europe, from its origin to its diffusion on the continental scale*. *Veget. Hist. Archaeobot.*, 13, pp. 161-179.

CONTI *et al.* 2005

Conti F., Abbate G., Alessandrini A., Blasi C.(a cura di), 2005 - *An annotated Checklist of the Italian vascular flora*. Palombi, pp. 274-281

CONTI *et al.* 2008

Conti F., Manzi A., Pirone G., 2008 – *Note floristiche per l'Abruzzo*. *Informatore Botanico Italiano*, 30, pp.15-22.

COSENTINO & PELLEGRINI 2003

Casentino S., Pellegrini W., 2003 - *L'Agricoltura nella storia antica*. In: Pellegrini (a cura di) *Antiche industrie di farina, olio e vino*. Editrice Polis, Atri.

COURT-PICON *et al.* 2005

Court-Picon M., Buttler A., Beaulieu J.L., 2005 - *Modern pollen-vegetation relationships in the Champsaur valley (French Alps) and their potential in the interpretation of fossil pollen records of past cultural landscape*. Review of Palaeobotany and Palynology, vol.135, pp. 13-39.

CUGNY *et al.* 2010

Cugny C., Mazier F., Galop D., 2010 - *Modern and fossil non-pollen palynomorphs from the Basque mountains (western Pyrenees, France): the use of coprophilous fungi to reconstruct pastoral activity*. Veget. Hist. Archaeobot., 19, pp. 391-408.

CUTINI & DI PIETRO 2006

Cutini M., Di Pietro R., 2006 - *Aspetti vegetazionali*. In: Minelli (a cura di) *Le Faggete. Avanguardie e relitti di foresta continentale*. Quaderni habitat, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Museo Friulano di Storia Naturale - Comune di Udine, pp 13-70.

DAVIS & SHAKER 2006

Davis O.K., Shaker D., 2006 - *Sporormiella fungal spore, a palynological mean of detecting herbivore density*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, vol.237, pp.40-50.

DE GROSSI MAZZORIN & MINNITI 2003

De Grossi J., Minniti C., 2003 - *Il quadro zoo archeologico dell'Abruzzo alla luce delle recenti acquisizioni*. In Atti della XXXVI Riunione Scientifica I.I.P.P., Chieti-Celano 27-30 Settembre 2001, Firenze, pp. 431 - 448.

DEMANGEOT 1975

Demangeot J., 1975 - *L'étagement écologique du Gran Sasso d'Italia*. In: *Omaggio al Gran Sasso*. CAI L'Aquila, Tamari edizioni, Bologna, pp. 97-102.

D'ERCOLE 1990

D'Ercole V., 1990 - *Il ruolo della pastorizia transumante nella preistoria dell'Abruzzo*. In: Giornate Internazionali di studio sulla Transumanza. Atti del convegno. L'Aquila-Sulmona-Campobasso-Foggia 4-5-6-7- novembre 1984, pp. 189-196.

DI RITA & MAGRI 2004

Di Rita F., Magri D., 2004 - *Pollen analysis of the upper Pleistocene sediments at Campo Felice, central Italy*. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, vol. 17 (1), pp. 117-127.

DRESCHER-SCHNEIDER 2009

Drescher-Schneider R., 2009 - *La storia forestale delle Alpi Sud-Orientali e del margine pedemontano durante gli ultimi 25 mila anni*. In: Peresani M. e Ravazzi C.(eds. 2009): *Le foreste dei cacciatori Paleolitici*. Supplemento al bollettino della Società dei Naturalisti Silvia Zenari, Pordenone.

DRESCHER-SCHNEIDER *et al.* 2007

Drescher-Schneider R., de Beaulieu J.L., Magny M., Walter-Simonnet A.V., Bossuet G., Millet L., Brugiapaglia E., Drescher A., 2007 – *Vegetation history, climate and human impact over the last 15,000 year at Lago dell'Accesa (Tuscany, Central Italy)*. *Veget. Hist. Archaeobot.*, 16, pp. 279-299.

EJARQUE *et al.* 2009

Ejarque A., Miras Y., Riera S., Palet J.M., Orengo H.A., 2009 - *Testing micro-regional variability in the Holocene shaping of high mountain cultural landscapes: a palaeoenvironmental case-study in the eastern Pyrenees*. *Journal of Archaeological Science*, vol.37, 2010, pp.1468–1479.

ELLIS 1971

Ellis M.B., 1971 – *Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, Key, Surrey, England.

ELLIS 1976

Ellis M.B., 1976 – *More Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, Key, Surrey, England.

FAEGRI K. & IVERSEN J. 1989

Faegri K., Iversen J., 1989 - *Textbook of pollen analysis*, IV° ediz. Faegri K., Kaland P.E. e Krzywinsky K. (Eds.), John Wiley and Sons Ltd, Chichester.

FINSINGER 2004

Finsinger, W., 2004 - *Forest dynamics under changing climates: History of vegetation and climate in Northwestern Italy*. Ph.D. thesis, University of Bern.

FINSINGER *et al.* 2008

Finsinger W., Tinner W., Hu F.S. 2008 – Rapid and accurate estimates of microcharcoal in pollen slide. In: Fiorentino G. e Magri D. (eds) *Charcoals From The Past*, BAR int Ser., pp. 121-124.

FLETCHER *et al.* 2010

Fletcher W.J., Sánchez Gõni M. F., Allen J.R.M., Cheddadi R., Combourieu-Nebout N., Huntley B., Lawson I., Londeix L., Magri D., Margari V., Müller U.C., Naughton F., Novenko E., Roucoux K., Tzedakis P.C., 2010 - *Millennial-scale variability during the last glacial in vegetation records from Europe*. *Quaternary Science Reviews*, 29, pp. 2839–2864.

FLORENZANO *et al.* in stampa

Florenzano A., Mercuri A.M., Pederzoli A., Torri P., Bosi G., Olmi L., Rinaldi R., Bandini Mazzanti M., in stampa - *Intestinal parasite remains from pollen samples: extraction method and interpretation from Mediaeval pits (Piazza Garibaldi of Parma, Emilia Romagna, Northern Italy)*. *Geoarchaeology: an International Journal*.

FLORINETH & SCHLÜCHTER 2000

Florineth D., Schlüchter C., 2000 - *Alpine evidence for atmospheric circulation patterns in Europe during the Last Glacial Maximum. Quaternary Research*, 54, pp. 295 - 308.

FOLLIERI *et al.* 1988

Follieri M., Magri D., Sadori L., 1988 - *250,000 – year pollen record from Valle di Castiglione (Roma). Pollen et Spores*, vol.30, pp.329-357.

FOLLIERI *et al.* 1989

Follieri M., Magri D., Sadori L., 1989 - *Pollen stratigraphical synthesis from Valle di Castiglione (Roma). Quaternary International*, vols 3/4, pp. 81-84.

FOLLIERI *et al.* 1998

Follieri M., Giardini M., Magri D., Sadori L., 1998 - *Palynostratigraphy of the last glacial period in the volcanic region of central Italy. Quaternary International*, vol. 47/48, pp. 3-20.

FREDA *et al.* 2005

Freda C., Gaeta M., Karner D.B., Marra F., Renne P.R., Taddeucci J., Scarlato P., Christensen J.N., Dallai L., 2005 – *Eruptive history and petrologic evolution of the Albano multiple maar (Alban Hills, Central Italy). Bull Volcanol.*, 68, pp. 567-591.

FURRER & FURNARI 1960

Furrer E., Furnari F., 1960 - *Ricerche introduttive sulla vegetazione di altitudine del Gran Sasso d'Italia. Boll. Ist.Univ. Catania, serie II, 2*, pp. 179-187.

GABBA E. 1990

Gabba E., 1990 - *La transumanza nell'economia Italico-Romana. In: Giornate Internazionali di studio sulla Transumanza. Atti del convegno. L'Aquila-Sulmona-Campobasso-Foggia 4-5-6-7- novembre 1984*, pp. 15-27.

GIARDINI 2007

Giardini M., 2007 - *Late Quaternary vegetation history at Stracciaccappa (Rome, central Italy). Veget Hist Archaeobot.*, 16, pp. 301–316.

GIARDINI *et al.* 2010

Giardini M., Sadori L., Giraudi G., Zanchetta G., 2010 – *Il paesaggio vegetale del Gran sasso d'Italia (Abruzzo, Appennino centrale) dopo l'eruzione di Agnano Monte Spina. 105° Congresso S.B.I., Milano 25-28 agosto 2010, Riassunti*, p. 168.

GIRAUDI 2004

Giraudi C., 2004 - *The Appennine glaciations in Italy. In: Ehlers J., Gibbard P.L. (Eds.), Quaternary Glaciations-Extent and Chronology, Part. I: Europe, Elsevier, Amsterdam*, pp. 215-224.

GIRAUDI 2005

Giraudi C., 2005 - *Middle to Late Holocene glacial variation, periglacial processes and alluvial sedimentation on the higher Apennine massifs (Italy)*. Quaternary Research, 64, pp. 176-184.

GIRAUDI & FREZZOTTI 1997

Giraudi C., Frezzotti M., 1997 - *Late Pleistocene Glacial Events in the Central Apennines, Italy*. Quaternary Research, 48, pp. 280-290.

GIRAUDI *et al.* 2010

Giraudi C., Magny M., Zanchetta G., Drysdale R.N., 2010 - *The Holocene climatic evolution of Mediterranean Italy: A review of the continental geological data*. Holocene 21(1), pp. 105–115.

GUIDO *et al.* 1988

Guido M.A., Montanari C., Petrillo M., 1988 – *Pioggia pollinica e vegetazione attuale*. In: Gentile S. *et al.* “Ricerche geobotaniche e saggi cartografici della vegetazione nel piccolo bacino del Lago Riane”. Braun-Blanquetia, 2, pp. 96-104.

GRAF & CHMURA 2006

Graf M.T., Chmura G.L., 2006 - *Development of modern analogues for natural, mowed and grazed grasslands using pollen assemblages and coprophilous fungi*. Review of Palaeobotany and Palynology, 141, pp. 139–149.

GRENFELL 1995

Grenfell H.R., 1995 - *Probable fossil zygnematacean algal spore genera*. Review of Palaeobotany and Palynology, 84 (3-4), pp. 201-220.

GRIFONI CREMONESI 2003

Grifoni Cremonesi R., 2003 - *Il Neolitico dell'Abruzzo*. In Atti della XXXVI Riunione Scientifica I.I.P.P., Chieti-Celano 27-30 Settembre 2001, Firenze, pp. 127-143.

GRIMM 2005

Grimm E.C., 2005 - *Tilia version 2.0.2 and Tilia Graph 1.12*. Illinois State Museum, Research and Collection Centre.

GREEN & WICKENS 1989

Green P.S., Wickens G.E., 1989 - *The Olea europaea complex*. In: Tan K. (ed) The Davis and Hedge Festschrift. Edinburgh University Press, Edinburgh, pp 287-299.

GUGLIELMO & BARBAGALLO 1975

Guglielmo A., Barbagallo C., 1975 - *Lineamenti della vegetazione di Monte Cristo (Gran Sasso d'Italia)*. Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat. Catania, s. 4, 12 (7-8), pp. 76-84.

GUITIER *et al.* 2003

Guitier F., Andrieu-Ponel V., de Beaulieu J.L., Cheddadi R., Calvez M., Ponel P., Reille M., Keller T., Goeury C., 2003 – *The last climatic cycles in Western Europe : a comparison between long continuous lacustrine sequences from France and other terrestrial records*. Quaternary International 111, pp 59-74.

HAAS 1996

Haas J.N., 1996 - *Neorhabdocoela oocytes - palaeoecological indicators found in pollen preparations from Holocene freshwater lake sediments*. Review of Palaeobotany and Palynology, 91, pp. 371-382.

HANNON *et al.* 2000

Hannon G., Bradshaw R., Emborg J., 2000 - *6000 years of forest dynamics in SuseropSkov, a seminatural Danish woodland*, Global Ecology & Biogeography, vol.9, pp. 101-114.

HEIM *et al.* 1997

Heim C., Nowczyk N.R., Negendank J.F.W., 1997 - *Near east desertification: evidence from the Dead Sea*. Naturwissenschaften 84, pp. 398-401.

HOLUBOVÁ – JECHOVÁ 1972

Holubová-Jechová V., 1972 – *Lignicolous Hyphomycetes from Czechoslovakia. 2. Bactrodesmium*. Folia Geobotanica & Phytotaxonomica, vol. 7, 4, pp. 407-418.

HOUNSLOW & CHEPSTOW-LUSTY 2002

Hounslow M., Chepstow-Lusty A., 2002 - *Magnetic properties of charcoal rich deposits associated with a Roman bath-house, Butrint (Southern Albania)*, Physics and Chemistry of the Earth, vol. 27, pp. 1333-1341.

HUBBARD & CLAPHAM 1992

Hubbard R.N.L.B., Clapham A., 1992 - *Quantifying macroscopic plant remains*, Review Palaeobotany Palynology, 73, pp. 117-132.

HUNTLEY & PRENTICE 1993

Huntley B., Prentice I.C., 1993 - *Holocene vegetation and climates of Europe*. In Wright HE., Kutzbach JE. Jn, Webb t. III, Ruddiman WF., Street-Perrott FA., Bartlein PJ (eds) “*Global climates since the Last Glacial Maximum*”, University of Minnesota: Minneapolis, pp. 136-168.

HUNTLEY *et al.* 2003

Huntley B., Tzedakis P.C., de Beaulieu J.-L., Pollard D., Alfano M., Allen J., 2003 - *Comparison between Biome 3.5 models and pollen data*. Quaternary Research, 59, pp.195-212.



IACONIS & BOSCHIAN 2007

Iaconis M.A., Boschian G., 2007 - *Geoarcheology of the deposits of Grotta dei Piccioni and Grotta Sant'Angelo (Abruzzo, Central Italy)*. Atti. Soc. tosc. Sci. Nat. Mem., serie A, 112, pp. 181-188.

IMPRONTA *et al.* 1986

Impronta S., Alessio M., Allegri L., 1986 - *Correlation analysis for the <sup>14</sup>C age vs. sample depth relationship*. In: Alessio M., Allegri L., Bella F., Calderoni G., Cortesi C., Dai Pra G., De Rita D., Esu D., Follieri M., Impronta S., Magri D., Narcisi B., Petrone V., Sadori L., *<sup>14</sup>C dating, geochemical features, faunistic and pollen analyses of uppermost 10 m core from Valle di Castiglione (Rome, Italy)*. Geologica Romana, vol.25, pp. 298.

INNES & BLACKFORD 2003

Innes J.B., Blackford J.J., 2003 - *The Ecology of Late Mesolithic Woodland Disturbances: Model Testing with Fungal Spore Assemblage Data*. Journal of Archaeological Science, 30, pp. 185-194.

INNES *et al.* 2004

Innes J.B., Blackford J.J., Simmons I.G., 2004 - *Testing the integrity of fine spatial resolution palaeo ecological records: microcharcoal data from near-duplicate peat profiles from the North York Moors, UK*, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, vol. 214, 1-4, pp. 295-307.

ISSAR *et al.* 2003

Issar A.S., 2003 - *Climate Changes During the Holocene and their Impact on Hydrological Systems*. Cambridge University Press, Cambridge.

JANKOVSKÁ & KOMÁEK 2000

Jankovská V., Komárek J., 2000 - *Indicative Value of Pediastrum and Other Coccal Green Algae in Palaecology*. Folia Geobotanica, 35, pp.59-82.

JOHNSEN *et al.* 1992

Johnsen S.J., Clausen H.B., Dansgaard W., Fuhrer K., Gundestrup N., Hammer C.U., Iversen P., Jouzel J., Stauffer B., Steffensen J.P., 1992 - *Irregular glacial interstadials recorded in a new Greenland ice core*. Nature, 359, pp. 311-313.

JULAT *et al.* 2009

Julat G., Dedoubat J.J., Fontugne M., Otto T., 2009 - *Holocene circum-Mediterranean vegetation changes: Climate forcing and human impact*. Quaternary International, 200, pp. 4-18.

KOMÁEK & JANKOVSKA 2001

Komárek J., Jankovská V., 2001 - *Review of the green algal genus Pediastrum; implication for pollen-analytical research*. Bibliotheca Phycologica, vol.108, pp.1-127.

KREBS *et al.* 2004

Krebs P., Conedera M., Pradella M., Torriani D., Felber M., Tinner W., 2004 - *Quaternary refugia of the sweet chestnut (Castanea sativa Mill.): an extended palynological approach*. Veg. Hist. Archaeobot., 13, pp. 145–160.

KVAVADZE 2008

Kvavadze E., 2008 - *Non Pollen Palynomorphs as an important object for solution of archaeological problems*. In: Maritan M., Miola A., “3rd International Workshop on Quaternary Non-Pollen Palynomorphs”, Programma e Riassunti, Università di Studi di Padova, Dipartimento di Biologia, Padova 25-28 giugno 2008, pp. 34-37.

LAMBECK *et al.* 2002

Lambeck K., Yokoyama Y., Purcell T., 2002 - *Into and out of the Last Glacial Maximum : sea-level change during Oxygen Isotope Stage 3 and 2*. Quaternary Science Reviews , 21, pp. 343-360.

LITT & STREBICH 1999

Litt T., Strebich M., 1999 – *Bio-and Chronostratigraphy of the lateglacial in the Eifel region, Germany*. Quaternary International., 61, pp. 5-16

LONG *et al.* 1989

Long C.J., Whitlock C., Bartlein P.J. and Millsaugh S.H., 1998 - *A 9000-year firehistory from the Oregon Coast Range, based on a high-resolution charcoal study*. Canadian Journal of Forestry Research, 28, pp. 774–787.

LÓPEZ-MERINO *et al.* 2009

López-Merino L., López-Sáez J.A., Alba-Sánchez F., Pérez-Díaz S., Carrion J.S., 2009 - *2000 years of pastoralism and fire shaping high-altitude vegetation of Sierra de Gredos in central Spain*. Review of Palaeobotany and Palynology, vol. 158 (1-2), pp. 42-51.

LOPEZ- SAEZ *et al.* 1998

López- Sáez J.A., van Geel B.,Farbos- Texier S.,Diot M.F., 1998 - *Remarques paléoécologiques à propos de quelques palynomorphes non-polliniques provenant de Sédiments quaternaires en France*. Revue Paléobiol. Genève, 17 (2), pp. 445-459.

LOPEZ- SAEZ *et al.* 2009

López- Sáez J.A., Blanco González A., López-Merino L., Ruiz Zapata B., Dorado-Valiño M., Pérez-Díaz S., Valdeolmillos A., Burjachs F., 2009 - *Landscape and climatic changes during the end of the Late Prehistory in the Amblés Valley (Ávila, central Spain), from 1200 to 400 cal BC*. Quaternary International, vol. 200, pp. 90-101.

LORÉ *et al.* 2002

Loré A., Magaldi D., Tallini M., 2002 - *Morphology and morphometry of the Gran Sasso (Central Italy) surface Karst*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 25, pp. 123-134.

LOTTER *et al.* 2000

Lotter A.F., Birks H.J.B., Eicher U., Hofmann W., Schwander J., Wick L., 2000 - *Younger Dryas and Alleröd temperatures at Gerzensee (Switzerland) inferred from fossil pollen and cladoceran assemblages*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 159, pp. 349-361.

LOWE *et al.* 1996

Lowe J.J., Accorsi C.A., Bandini Mazzanti M., Bishop A., Forlani L., Van der Kaars S., Mercuri A.M., Rivalenti C., Torri P., Watson C., 1996 - *Pollen stratigraphy of sediment sequences from crater lakes (Lago Albano and Lago Nemi) and the Central Adriatic spanning the interval from Oxygen isotope Stage 2 to present day*. *Memorie Istituto Italiano Idrobiologia*, 55, pp. 71-98.

LOWE *et al.*, 2008

Lowe J.J., Rasmussen S.O., Björck S., Hoek W.Z., Steffensen J.P., Walker M.J.C., Yu Z.C., the INTIMATE group. 2008 - *Synchronisation of palaeoenvironmental events in the North Atlantic region during the Last Termination: a revised protocol recommended by the INTIMATE group*. *Quaternary Science Reviews*, 27, pp. 6-17.

MAGALDI *et al.* 2006

Magaldi D., Benedetti G., Lorè A., Lorenzoni P., 2006 - *Due sondaggi profondi nei campi carsici del Gran Sasso: primi risultati e prospettive future*. Pubblicazione DISAT, 1, pp. 1-9.

MAGALDI *et al.* 2009

Magaldi D., Lorè A., Lorenzoni P., Sulpizio R., Zanchetta G., Benedetti G., Ferrante F., 2009 - *Genesi e significato del riempimento della depressione carsica di Piano Locce sul Gran Sasso d'Italia (Abruzzo)*. *Il Quaternario- Italian Journal of Quaternary Science*, 22 (2), pp. 171- 188.

MAGNANI 2007

Magnani S., 2007 - *Ecologia del limite altitudinale del bosco nell'Appennino settentrionale: un approccio dendrocronologico*. Tesi di Dottorato in Scienze Ambientali: Tutela e Gestione delle Risorse Naturali - XIX Ciclo, BIO/03 Botanica ambientale e applicata, Università degli Studi di Bologna.

MAGRI 1999

Magri D., 1999 - *Late quaternary vegetation history at Lagaccione near Lago di Bolsena (central Italy)*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 106, pp.171-208.

MAGRI 2006

Magri D., Vendramin G.G., Comps B., Dupanloup I., Geburek T., Gömöry D., Lataowa M., Litt T., Paule L., Roure J.M., Tantau I., van der Knaap W. O., Petit R.J., de Beaulieu J.L., 2006 - *A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences*. *New Phytologist*, 171, pp. 199–221.

MAGRI 2008

Magri D. 2008 - *Patterns of post-glacial spread and the extent of glacial refugia of European beech (Fagus sylvatica)*. J. Biogeogr., 35 (3), pp. 450–463.

MAGRI & FOLLIERI 1989

Magri D., Follieri M., 1989 - *Primi risultati delle analisi polliniche dei sedimenti lacustri olocenici nella Piana del Fucino*. Atti del convegno di Archeologia “Il Fucino e le aree limitrofe nell’antichità”, pp. 45-53.

MAGRI & SADORI 1999

Magri D., Sadori L., 1999 - *Late Pleistocene and Holocene pollen stratigraphy at Lago di Vico, central Italy*. Vegetation history and archaeobotany, vol.8, pp. 247-260.

MANZI 2006

Manzi A., 2006 - *Origine e storia delle piante coltivate in Abruzzo*. Rocco Carabba, Lanciano.

MARCHETTI 1936

Marchetti M., 1936 - *Ricerche sulla vegetazione dell’Etruria Marittima- VI. – Analisi pollinica della torbiera di Campotosto (Appennino Abruzzese)*. Nuovo Giornale Botanico Italiano, n.43, pp.831-871.

MARINOVA & ATANASSOVA 2006

Marinova E., Atanassova J., 2006 - *Anthropogenic impact on vegetation and environment during the Bronze Age in the area of Lake Durankulak, NE Bulgaria: Pollen, microscopic charcoal, non-pollen palynomorphs and plant macrofossils*. Review of Palaeobotany and Palynology, 141, pp. 165–178.

MARTINSON *et al.* 1987

Martinson D.G., Pisias N.G., Hays J.D., Imbrie J., Moore T.C., Shackleton N.J., 1987 - *Age Dating and the Orbital Theory of the Ice Ages: Development of a High-Resolution 0 to 300,000-Year Chronostratigraphy*. Quaternary Research 27, pp.1-29.

MARZATICO 2007

Marzatico F., 2007 - *La frequentazione dell’ambiente montano nel territorio atesino fra l’età del Bronzo e del Ferro: alcune considerazioni sulla pastorizia transumante e “l’economia di malga”*. Preistoria Alpina, 42, pp.163-182.

MATTIOCCO 1990

Mattiocco E., 1990 - *Vie pastorali ed insediamenti protostorici dall’Altopiano di Navelli alla Valle del Sangro*. In: Giornate Internazionali di studio sulla Transumanza. Atti del convegno. L’Aquila-Sulmona-Campobasso-Foggia 4-5-6-7- novembre 1984, pp. 81-105.

MAYEWSKY *et al.* 2004

Mayewski P.A., Rohling E.E., Stager J.C., Karlén W., Maasch K.A., Meeker L.D., Meyerson E. A., Gasse F., van Kreveland S., Holmgren K., Lee-Thorp J., Rosqvist G., Racki F., Staubwasser M., Schneider R.R., Steig E.J., 2004 - *Holocene climate variability*. *Quaternary Research*, 62, pp. 243-255.

MAZIER *et al.* 2007

Mazier F., 2007 - *Modelisation de la relation entre pluie pollinique actuelle, vegetation et pratiques pastorales en moyenne montagne (Pyrenees et Jura) application pour l'interprétation des données polliniques fossiles [dissertation]*. 228 p. Available from: U.F.R. des sciences et techniques, Université de Franche Comté.

MAZIER *et al.* 2009

Mazier F., Galop D., Gaillard M.J., Rendu C., Cugny C., Legaz A., Peyron O., Buttler A., 2009 - *Multidisciplinary approach to reconstructing local pastoral activities- an example from the Pyrenean Mountains (Pays Basque)*. *The Holocene*, vol. 19, pp. 171-188.

MERCURI 2006

Mercuri A.M., Accorsi C.A., Bandini Mazzanti M., Bosi G., Cardarelli A., Labate D., Trevisan Grandi G., 2006 - *Economy and environment of Bronze Age settlements - Terramaras - in the Po Plain (Northern Italy): first results of the archaeobotanical research at the Terramara di Montale*. *Veget. Hist. Archaeobot.*, 16, pp. 43-60.

MERCURI 2008

Mercuri, A.M., 2008 - *Human influence, plant landscape, evolution and climate inferences from the archaeobotanical records of the Wadi Teshuinat area (Libyan Sahara)*. *Journal of Arid Environments*, vol.72, pp.1950-1967.

MERCURI *et. al* 2002

Mercuri A.M., Accorsi C.A., Bandini Mazzanti M., 2002 – *The long history of Cannabis sativa and its cultivation by the Romans, shown by pollen records from Lago Albano and Lago Nemi*. *Veget. Hist. Archaeobot.*, 11, pp. 263-276.

MERCURI *et al.* 2011

Mercuri A.M., Sadori L., Ollero P.U., 2011 - *Mediterranean and north-African cultural adaptations to mid-Holocene environmental and climatic changes*. *The Holocene*, 21(1), pp.189 – 206.

MERCURI *et al.* in stampa

Mercuri A.M., Bandini Mozzanti M., Bosi G., Florenzano A., Massamba n'Siala I., Olmi L., in stampa – *Core RF93-30 and the cultural landscape since the Bronze age in the Po Valley as a result of human impact and climate change*. *Vegetation History and Archaeobotany*.

MILLSPAUGH & WHITLOCK 1995

Millsbaugh S.H., Whitlock C., 1995 - *A 750-year fire history based on lake sediment records in central Yellowstone National Park, USA*. *The Holocene* 5, 283 – 292.

MIOLA *et al.* 2006

Miola A., Bondesan A., Corain L., Favaretto S., Mozzi P., Piovan S., Sostizzo I., 2006 - *Wetlands in the Venetian Po Plain (northeastern Italy) during the Last Glacial Maximum: Interplay between vegetation, hydrology and sedimentary environment*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, vol.141, pp. 53–81.

MIRAS *et al.* 2004

Miras Y., Laggoun-Défarge F., Guenet P., Richard H., 2004 - *Multidisciplinary approach to changes in agro-pastoral activities since the Subboreal in the surroundings of the “nurse d’Espinasse” (Puy de Dôme, French Massif Central)*, *Vegetation History and Archaeobotany*, vol.13, pp. 91-103.

MITCHELL *et al.* 2008

Mitchell E. A. D., Charman · D. J., Warner B. G., 2008 - *Testate amoebae analysis in ecological and paleoecological studies of wetlands: past, present and future*. *Biodivers. Conserv.*, 17, pp. 2115–2137.

MONEGATO *et al.* 2007

Monegato G., Ravazzi C., Donegana M., Pini R., Calderoni G., Wick L., 2007 - *Evidence of two-fold glacial advance during the last glacial maximum in the tagliamento end moraine system (eastern Alps)*. *Quaternary Research*, 68, pp.284-302.

MOONEY *et al.* 2001

Mooney S.D., Radford K.L., Hancock G., 2001 - *Clues to the "burning question": Pre-European fire in the Sidney coastal region from sedimentary charcoal and palinology*, *Ecological Management and Restoration*, vol. 2, pp. 203-212.

MOORE *et al.* 1991

Moore P.D., Webb J.A., Collins M.E., 1991 - *Pollen analysis*, II° ediz., Blackwell Sc. Publ., Oxford.

NORTH GREENLAND ICE CORE PROJECT MEMBERS 2004

North Greenland ice Core Project Members, 2004 - *High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period*. *Nature*, 431, pp.147-151.

OROMBELLI 2005

Orombelli G., Ravazzi C., Cita M.B., 2005 - *Osservazioni sul significato dei termini LGM (UMG), Tardoglaciale e Postglaciale in ambito globale, italiano e alpino*. *Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences*, 18 (2), pp. 147-155.

OROMBELLI *et al.* 2010

Orombelli G., Maggi V., Delmonte B., 2010 - *Quaternary stratigraphy and ice cores*. *Quaternary International*, 219, pp.55-65.

PAGANELLI & MIOLA 1991

Paganelli A., Miola A., 1991 – *Chestnut (Castanea sativa Mill.) as an indigenous species in Northern Italy*. *Il Quaternario*, 4, pp. 99-106.

PATTERSON & KUMAR 2002

Patterson R.T. Kumar A., 2002. *A review of current testate rhizopod (Thecamoebian) research in Canada*. *Paleogeography, Paleoecology, Paleoclimatology*, 180, pp. 225-251.

PANIZZA & PIACENTE 2000

Panizza M., Piacente S., 2000 - *Geomorfologia culturale*, Pitagora Ed. S.r.l., Bologna, pp. 6 e 179-211.

PECCERILLO 2005

Peccerillo A., 2005 – *Plio-Quaternary Volcanism in Italy*. Springer-Verlag, pp. 365.

PERONI 1996

Peroni R., 1996 - *L'Italia alle soglie della storia*. Laterza, Roma-Bari.

PIGNATTI 1982

Pignatti S., 1982 – *Flora d'Italia I,II,III*. Edagricole. Bologna.

PIRONE *et al.* 2010a

Pirone G., Frattaroli A.R., Fiaschetti G., 2010 - *La Serie di Vegetazione della Regione Abruzzo*. In Blasi C. (ed). *La vegetazione d'Italia*. Palombi & Partner S.r.l. Roma.

PIRONE *et al.* 2010b

Pirone G., Frattaroli A.R., Fiaschetti G., 2010 – *Carta delle Serie di vegetazione della Regione Abruzzo*. In Blasi C. (ed). *La vegetazione d'Italia. Carta della Serie di Vegetazione*, scala 1:500.000. Palombi & Partner S.r.l. Roma.

PLINIO 1984

Plinio (I sec d.C.), 1984 - *Storia naturale*. III. Einaudi, Torino

PUNT 1976

Punt W. (a cura di), 1976 - *The Northwest European Pollen Flora*, I, Elsevier, Amsterdam.

PUNT, CLARKE 1980 - 1991

Punt W., Clarke G.C.S. (a cura di), 1980-1991 - *The Northwest European Pollen Flora*, II, III, IV, V, Elsevier, Amsterdam.

PUNT *et al.* 1995

Punt W., Blackmore S., Hoen P.P. (a cura di), 1995 - *The Northwest European Pollen Flora*, VII, Elsevier, Amsterdam.

PUNT *et al.* 2003 - 2009

Punt W., Blackmore S., Hoen P.P., Stafford P.J. (a cura di), 2003-2009 - *The Northwest European Pollen Flora*, VIII, IX, Elsevier, Amsterdam.

RAMRATH *et al.* 1999

Ramrath A, Zolistschka B, Wulf S, Negendanck JFW., 1999 - *Late Pleistocene climatic variations as recorded in two Italian maar lakes (Lago di Mezzano, Lago Grande di Moticchio)*. Quaternary Science Review ,18, pp. 977–992.

RASMUSSEN *et al.* 2006

Rasmussen S.O., Andersen K.K., Svensson A.M., Steffensen J.P., Vinther B., Clausen H.B., Siggaard-Andersen M.-L., Johnsen S.J., Larsen L.B., Dahl-Jensen D., Bigler M., Röthlisberger R., Fischer H., Goto-Azuma K., Hansson M., Ruth U., 2006 - *A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination*, Journal of Geophysical Research, 111, D06102 doi:10.1029/2005JD006079, 2006.

RAVAZZI 2003

Ravazzi C., 2003 - *An overview of Quaternary Continental Stratigraphy Units based on biological and climatic events in Italy*. Il Quaternario - Volume speciale INQUA, Italian Journal of Quaternary Science, 16 (1bis), pp.11-18.

RAVAZZI *et al.* 2007

Ravazzi C., Peresani M., Pini R., Vescovi E., 2007 - *Il Tardoglaciale nelle Alpi italiane e in Pianura Padana. Evoluzione stratigrafica, storia della vegetazione e del popolamento antropico*. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Science, 20 (2), pp. 163-184.

REALE & DIRMEYER 2000

Reale O., Paul Dirmeyer P., 2000 - *Modeling the effects of vegetation on Mediterranean climate during the Roman Classical Period*. Part I: Climate history and model sensitivity. Global and Planetary Change 25, pp.163–184.

REILLE 1992

Reille M., 1992 - *Pollen et spores d'Europe et D'Afrique du Nord*, Laboratoire de botanique historique et palinologie, URA CNRS 1152, Marseille.

REILLE 1995

Reille M., 1995 - *Pollen et spores d'Europe et D'Afrique du Nord, Supplement I*, Laboratoire de botanique historique et palinologie, URA CNRS 1152, Marseille.

REILLE 1998

Reille M., 1998 - *Pollen et spores d'Europe et D'Afrique du Nord, Supplement II*, Laboratoire de botanique historique et palinologie, URA CNRS 1152, Marseille.

RIERA *et al.* 2006

Riera S., López- Sáez J.A., Juliá R., 2006 - *Lake responses to historical land use changes in northern Spain: the contribution of non-pollen palynomorphs in a multi-*



*proxy study*. Review of Palaeobotany and Palynology, , vol.141, pp.127-137.

RIVERA 1956

Rivera V., 1956 - *Flora pascoliva*. In: Convegno a campo Imperatore sui problemi montani dell'Appennino Centro-Meridionale, *Annali Botanici (Roma)*, 25, pp. 348-361.

ROBERTS *et al.* 2004

Roberts N., Stevenson A.C., Davis B., Cheddadi R., Brewer S., Rosen A., 2004 - *Holocene climate, environment and cultural change in the circum-Mediterranean region*. In: R.W. Battarbee, F. Gasse, C. Stickley (Eds.), *Past Climate Variability Through Europe and Africa (PAGES PEPIII conference volume)*. Kluwer, Dordrecht, pp. 343-362.

SADORI & GIARDINI 2007

Sadori L., Giardini M., 2007 - *Charcoal analysis, a method to study vegetation and climate of the Holocene: the case of Lago di Pergusa (Sicily, Italy)*. *Geobios*, 40, pp. 173-180.

SADORI *et al.* 2004

Sadori L., Giraudi C., Petitti P., Ramrath A., 2004 - *Human impact at Lago di Mezzano (Central Italy) during the Bronze Age: a multidisciplinary approach*, *Quaternary International*, vol. 113, pp. 5-17.

SANCHEZ GONI & HARRISON 2010

Sanchez Goni M.F., Harrison S.P., 2010 - *Millennial-scale climate variability and vegetation changes during the last Glacial: Concepts and terminology*. *Quaternary Sciences Reviews*, 29, pp. 2823-2827.

SARMAJA KORJONEN 1998

Sarmaja Korjonen K., 1998 - *Latitudinal differences in the influx of microscopic charred particles to lake sediments in Finland*, *The Holocene*, vol. 8, pp. 589-597.

SCOTT 1992

Scott L., 1992 - *Environmental Implications and Origin of Microscopic Pseudoschizaea Thiergart and Frantz Ex R. Potonie emend. in Sediments*. *Journal of Biogeography*, Vol. 19, No. 4, pp. 349-354.

SIANI *et al.* 2010

Siani G., Paterne M., Colin C., 2010 - *Late glacial to Holocene planktonic foraminifera bioevents and climatic record in the South Adriatic Sea*. *Journal of Quaternary Science*, 25 (5), pp. 808-821.

SILVANI & OSELLA 2005

Silvani T., Osella G., 2005 - *Alcune componenti dell'entomofauna delle aree parasteppiche del Gran Sasso Aquilano*. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica*, Trento, 81 (2004), pp.185-205.

SOUTHON 2002

Southon J., 2002 - *A first step to reconciling the GRIP and GISP2 ice-core chronologies, 0-14,500 yr B.P.* Quaternary Research , 57, pp. 32-37.

STEFFENSEN *et al.* 2008

Steffensen J.P., Andersen K.K., Bigler M., Clause H.B., Dahl-Jensen D., Fischer H., Goto-Azuma K., Hansson M., Johnsen S.J., Jouzel J., Masson-Delmotte V., Popp T., Rasmussen S.O., Röthlisberger R., Ruth U., Stauffer B., Siggaard-Andersen M-L., Sveinbjörnsdóttir A.E., Svensson A., White J.W.C., 2008 - *High-Resolution Greenland Ice Core Data Show Abrupt Climate Change Happens in Few Years.* Science, Vol. 321 no. 5889, pp. 680-684.

STUIVER & GROOTES 2000

Stuiver M., Grootes P.M., 2000 - *GISP2 oxygen isotope ratios.* Quaternary Research, 53, pp. 277-284.

STUIVIER *et al.* 1995

Stuiver, M., Grootes, P.M. and Braziunas, T.F., 1995 - *The GISP2 <sup>18</sup>O climate record of the past 16,500 years and the role of the sun, ocean and volcanoes.* Quaternary Research, 44, pp. 341-354.

TAMMARO 1980

Tammaro F., Marini G., D'Antonio M., 1980 - *Legni fossili di Pinus sylvestris sul Gran Sasso nei pressi dell'Aquila.* Natura, Soc.Ital. Sc. Nat. Milano,70, pp. 22-34.

TAMMARO 1984

Tammaro F., 1984 - *Vegetazione di pascoli aridi a Stipa capillata L. nell'Appennino Centrale.* Inform. Bot. Ital., 16, pp. 191-197.

TAMMARO 1990

Tammaro F., 1990 - *Crocus sativus L. cv Piano Navelli-L'Aquila (zafferano dell'Aquila): ambiente, coltivazione, caratteristiche morfometriche, principi attivi, usi.* Atti del convegno Intern. sullo zafferano, L'Aquila 27-29 ottobre, 1989, pp. 29-35.

TAMMARO 1995

Tammaro F., 1995 - *Lineamenti floristici e vegetazionali del Gran Sasso meridionale.* Boll. Museo Civico Verona, 19, 1992 (1995), pp. 1-256.

TAMMARO 1998a

Tammaro F., 1998a - *Diversità floristica e vegetazionale sul Gran Sasso e sui Monte della Laga.* In Università de L'Aquila e Regione Abruzzo (a cura di) Aree protette in Abruzzo. Contributi alla conoscenza ambientale, Pescara, pp. 35-58.

TAMMARO 1998b

Tammaro F., 1998b - *Il paesaggio vegetale in Abruzzo. Aree protette, biotopi ed itinerari botanici: dalle zone costiere ai massicci montuosi.* Cogecstre edizioni, Penne (PE), pp. 315-394.

TERRAL 2000

Terral, J.F., 2000 - *Exploitation and management of the olive tree during Prehistoric times in Mediterranean France and Spain*. Journal of Archaeological Science, 27, pp. 127–133.

TORRI *et al.* 2009

Torri P., Accorsi C.A., Bosi G., Forlani L., Montecchi M.C., 2009 - *Un metodo per contare i microcarboni nei preparati pollinici*. In: Di Marzio P., Fortini P., Scippa G.S. (a cura di) “104° Congresso Nazionale della Società Botanica Italiana, Campobasso, 16-19 settembre 2009. Riassunti delle comunicazioni e dei poster”, Campobasso, p. 278.

TORRI *et al.* 2009

Torri P., Accorsi C.A., Magaldi D., 2009 - *Palinologia e microantracologia a Piano Locce (S.Stefano di Sessanio, L'Aquila) – diagramma del primo tratto (0-20 m) della carota PL*. In: Di Marzio P., Fortini P., Scippa G.S. (a cura di) “104° Congresso Nazionale della Società Botanica Italiana, Campobasso, 16-19 settembre 2009. Riassunti delle comunicazioni e dei poster”, Campobasso, p. 279.

TOTANI 2008

Totani G., 2008 - *Indelebile nell'animo: l'Abruzzo dei pastori*. In Biondi L., Celli F., Merlonghi F., Peretti E., Totani G. (a cura di) Tratturi e transumanza: arte e cultura, Ackhé edizioni, pp. 29-60.

TOZZI 2003

Tozzi C., 2003 – *Il Paleolitico dell'Abruzzo*. In: Atti della 36° Riunione scientifica I.I.P.P., Preistoria e Protostoria dell'Abruzzo, Chieti - Celano 27-30 settembre 2001.

USDA 1999

USDA Soil Survey Staff, Soil Taxonomy, 1999 - *A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Agricultural Handbook No 436, Washington DC.

VAN DER KAARS *et al.* 2001

van der Kaars, S., Penny, D., Tibby, J., Fluin, J., Dam, R., & Suparan, P., 2001 - *Late Quaternary palaeoecology, palynology and palaeolimnology of a tropical lowland swamp: Rawa Danau, West Java, Indonesia*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 171, pp. 185–212.

VAN GEEL 1972

van Geel B., 1972 - *Palynology of a section from the raised peat bog “Wietmarscher Moor”, with special reference to fungal remains*. Acta Bot. Neerl., 21, pp. 261-284.

VAN GEEL 1976

van Geel B., 1976 - *Fossil spores of Zygnemataceae in ditches of a prehistoric settlement in Hoogkarspel (The Netherlands)*. Rev. Palaeobot. Palynol., vol. 22, pp. 337-344.

VAN GEEL 1978

van Geel B., 1978 - *A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands*. Rev. Palaeobot. Palynol., vol.25, pp.1-120.

VAN GEEL 2001

van Geel B., 2001 - *Non-pollen palynomorphs*. In Smol J.P., Birks H.J.B. & Last W.M. (eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 99-119.

VAN GEEL *et al.* 1981

van Geel B., Bohncke S.J.P. and Dee H., 1981 - *A palaeoecological study of an upper Late Glacial and Holocene sequence from "De Borchert", The Netherlands*. Rev. Palaeobot. Palynol., vol.31, pp.367-448.

VAN GEEL *et al.* 1983

van Geel B., Hallewas D.P., Pals J.P., 1983 - *A late Holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuiden (Prov. of Noord-Holland, The Netherlands): Palaeoecological and archaeological aspects*. Review of Palaeobotany and Palynology, vol.38, pp.269-335.

VAN GEEL *et al.* 1989

van Geel B., Coope G.R., van der Hammen T., 1989 - *Palaeoecology and stratigraphy of the Lateglacial type section at Usselo (The Netherlands)*. Review of Palaeobotany and Palynology, vol. 60, pp. 25-129.

VAN GEEL *et al.* 1994

van Geel B., Mur L.R., Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T., 1994 - *Fossil akinetes of Aphanizomenon and Anabaena as indicators for medieval phosphate-eutrophication of Lake Gosciadz (Central Poland)*. Rev. Palaeobot. Palynol., vol. 83, pp. 97-105.

VAN GEEL *et al.* 1996

van Geel B., Odgaard B.V., Ralska-Jasiewiczowa M., 1996 - *Cyanobacteria as indicators of phosphate-eutrophication of lakes and pools in the past*. PACT 50, pp. 399-415.

VAN GEEL *et al.* 2003

van Geel B., Buurman J., Brinkkemper O., Schelvis J., Aptroot A., van Reenen G., Hakbijl T., 2003 - *Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi*. Journal of Archaeological Science, vol. 30, pp. 873-883.

VAN GEEL & APTROOT 2006

van Geel B., Aptroot A., 2006 - *Fossil ascomycetes in Quaternary deposits*. Nova Hedwigia, vol.82, pp. 313-329.

VAN WYK 2005

van Wyk B.E., 2005 - *Food Plants of the World*. Timber Press, Portland, Oregon.

WALKER *et al.* 2009

Walker M., Johnsen S., Rasmussen S.O., Popp T., Steffensen J.P., Gibbard P., Hoek W., Lowe J., Andrews J., Björck S., Cwynar L.C., Hughen K., Kershaw P., Kromer B., Litt T., Lowe D.J., Nakagawa T., Newnham R., Schwander J., 2009 - *Formal definition and dating of the GSSO (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records*. *Journal of Quaternary Science*, 24, pp. 3-17.

WALL *et al.* 2010

Wall A., Gilbert D., Magny M., 2010 - *Testate amoebae from lacustrine sediments as non-pollen-palynomorphs*. “4<sup>th</sup> Workshop non pollen palynomorphs”. Besançon, 16-19 giugno 2010. Riassunti delle comunicazioni e dei poster”, p. 41.

WATTS *et al.* 1996a

Watts W.A., Allen J.R.M., Huntley B., *Vegetation history and palaeoclimate of last glacial period at Lago Grande di Monticchio, southern Italy*. *Quaternary Science Reviews*, 15, 1996: 133-153.

WATTS *et al.* 1996b

Watts W.A., Allen J.R.M., Huntley B., 1996b - *Vegetation history and climate of last 15,000 years at laghi Monticchio, southern Italy*. *Quaternary Science Reviews*, 15, pp. 113-132.

WATTS *et al.* 2000

Watts W.A., Allen J.R.M., Huntley B., 2000 - *Palaeoecology of three intrstadial events, during oxygen-isotope stage 3 and 4: a lacustrine record from Lago Grande di Monticchio, southern Italy*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 155, pp. 83-93.

WOLFF 2010

Wolff E.W., Chappellaz J., Blunier T., Rasmussen S.O., Svensson, 2010 - *Millennial-scale variability during the last glacial: The ice core record*. *Quaternary Science Reviews*, 29 (21-22), pp. 2828- 2838

WULF *et al.* 2004

Wulf S., Kraml M., Brauer A., Keller J., Negendank J.F.W., 2004- *Tephrochronology of the 100 ka lacustrine sediment record of Lago Grande di Monticchio (southern Italy)*. *Quaternary International*, 122, pp 7-30.

ZANCHETTA *et al.* 2007

Zanchetta G., Drysdale R.N., Hellstrom J.C., Fallick A.E., Isola I., Gagan M.K., Pareschi M.T., 2007 - *Enhanced rainfall in the Western Mediterranean during deposition of sapropel S1: stalagmite evidence from Corchia cave (Central Italy)*. *Quaternary Science Reviews*, 26, pp. 279–286.

ZOHARY & HOPF 2000

Zohary D., Hopf M., 2000 - *Domestication of Plants in the Old World*. Oxford

University Press.

ZOHARY & SPIEGEL-ROY 1995

Zohary D., Spiegel-Roy P., 1995 - *Beginnings of Fruit Growing in the Old World*.  
Science, vol.187, pp. 319-327.

## SITOGRAFIA

**Angiosperm Phylogeny Website**

<http://mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome>

**Il portale dei parchi italiani**

[www.parks.it](http://www.parks.it)

• **Foto aeree da Google Map:**

<http://maps.google.it>

• **Risorse elettroniche (riviste scientifiche e banche dati) dell'Università di Modena e Reggio Emilia:**

<http://www.sba.unimo.it/>

**Sito di consultazione della Flora Palinologica Italiana**

<http://www.pollenflora.it>,

• **The Northwest European Pollen Flora:**

<http://www3.bio.uu.nl/palaeo/research/NEPF/nepf.htm>

<http://www.europeanpollendatabase.net/>

## Tav. 4 - Polline

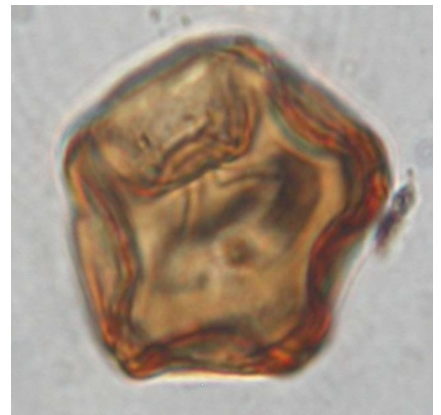
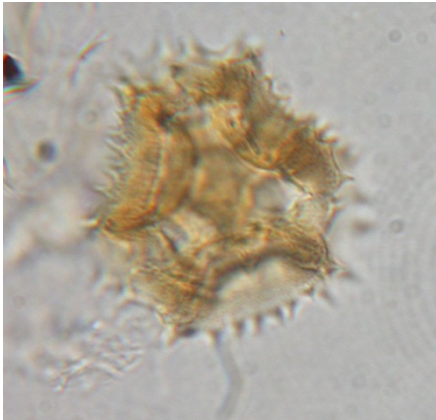


Fig. 1 *Pinus* cf. *P. mugo* 48  $\mu$ m;

Fig. 2 *Artemisia* 17  $\mu$ m;

Fig. 3 Cichorioideae 24  $\mu$ m;

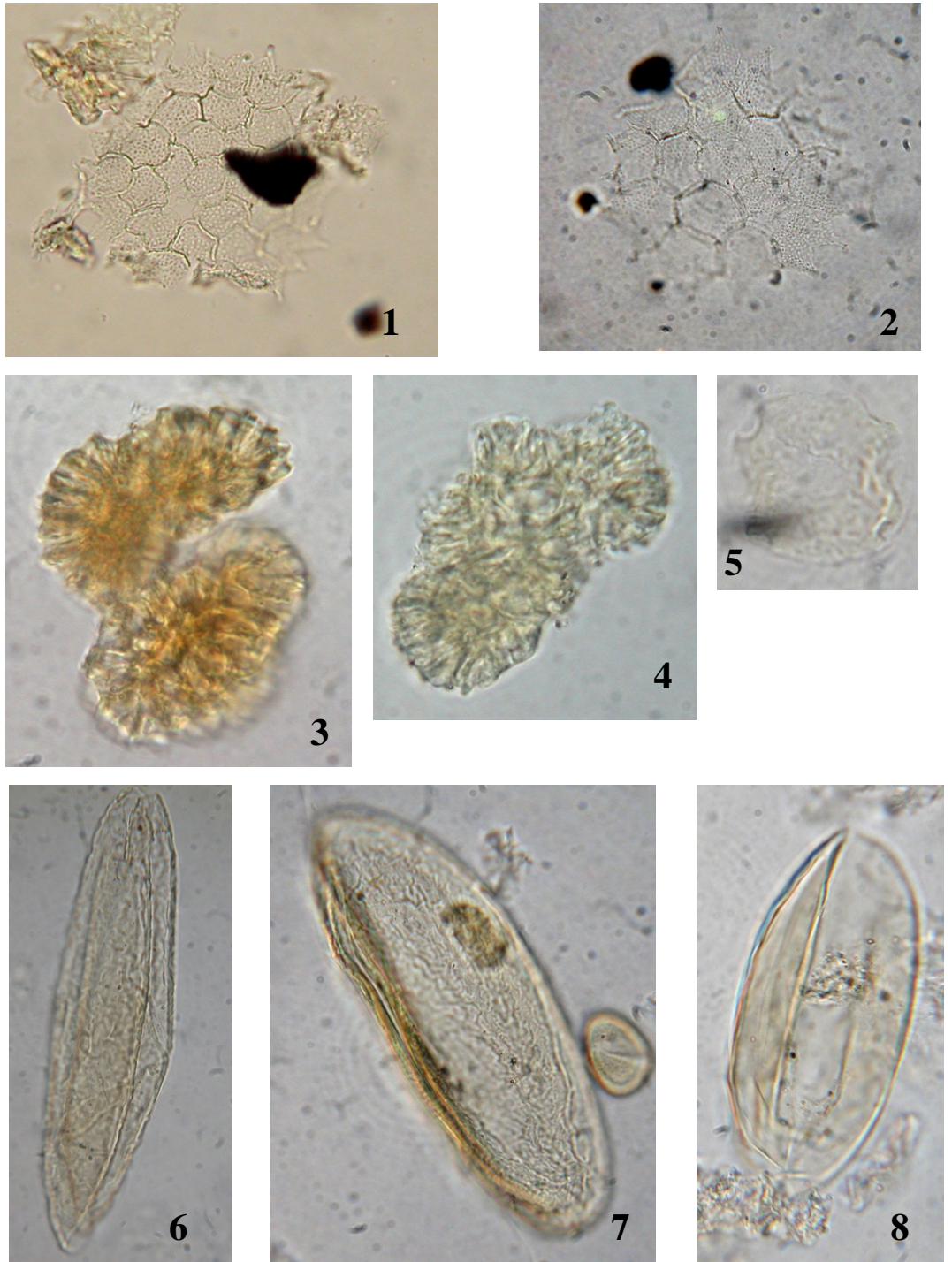
Fig. 4 *Avena-Triticum* 75  $\mu$ m;

Fig. 5 Cyperaceae 42  $\mu$ m;

Fig. 6 *Alnus* indiff. 21  $\mu$ m.



Tav. 5 - Palinomorfi non pollinici: alghe



Figg. 1-2 Colonie di *Pediastrum* HdV - 900 (45  $\mu\text{m}$ ); Fig. 3-4 colonie di *Botryococcus* HdV - 901 (28  $\mu\text{m}$  - 32  $\mu\text{m}$ ); Fig. 5 *Mougeotia* HdV - 135 (26  $\mu\text{m}$ ); Fig. 6-7 Spore di *Spirogira* HdV - 131 (80  $\mu\text{m}$ ); Fig. 7 Spore di *Spirogyra* HdV- 130 (60  $\mu\text{m}$ ).



Tav. 6 - Palinomorfi non pollinici: funghi

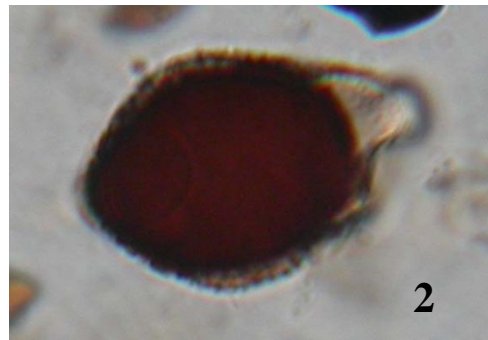
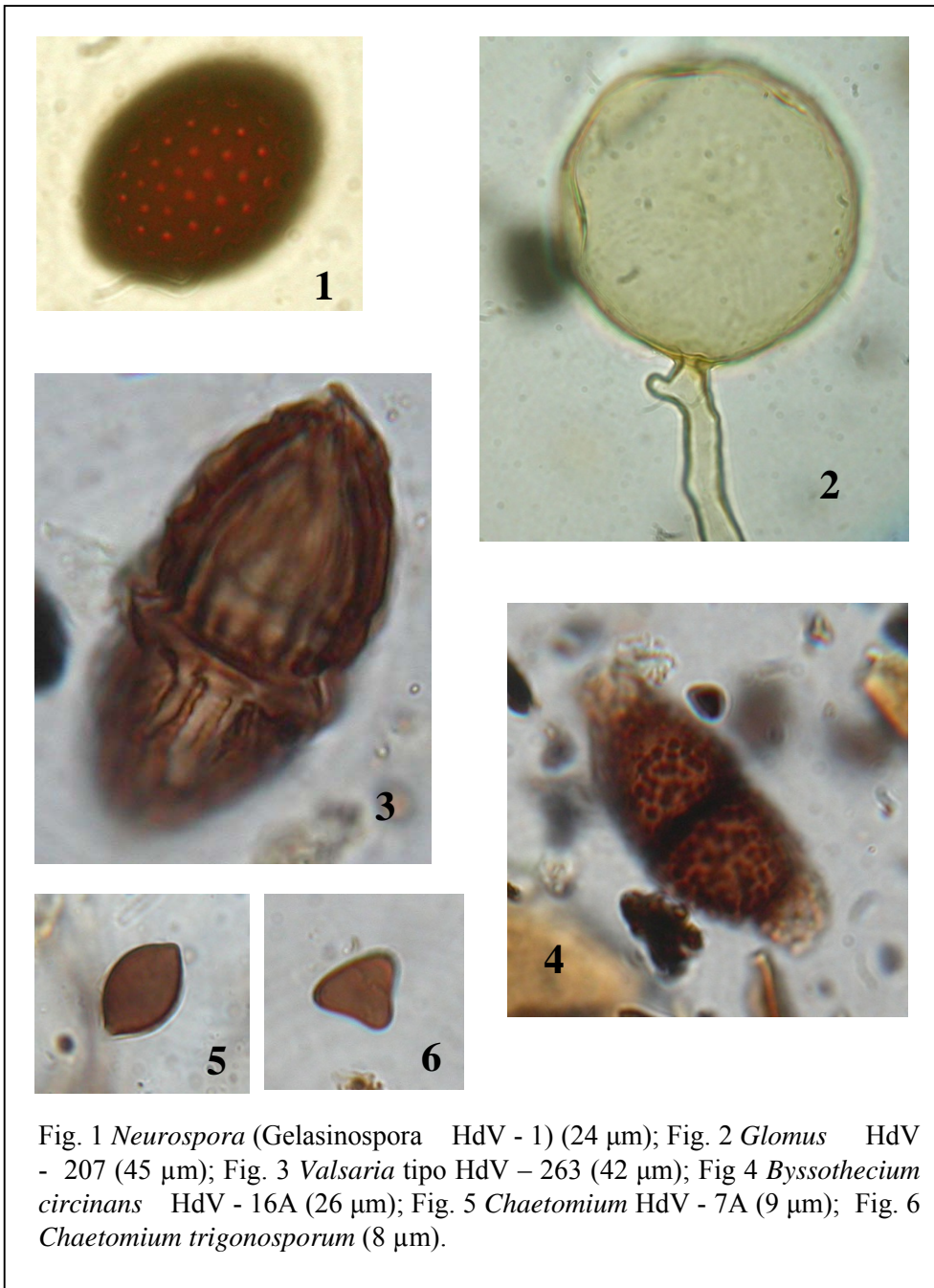


Fig. 1 *Sordaria* tipo HdV-55A (28  $\mu\text{m}$ ); Fig. 2 *Apiosordaria verruculosa* tipo HdV- 169 (22  $\mu\text{m}$ ); Fig. 3 *Podospora* tipo HdV - 368 (40  $\mu\text{m}$ ); Fig 4 *Sordaria* tipo HdV- 55B (30  $\mu\text{m}$ ); Fig. 5 *Delitschia* tipo (37  $\mu\text{m}$ ); Fig. 6 *Sporormiella* tipo HdV- 113 (18  $\mu\text{m}$ ).

Tav. 7 - Palinomorfi non pollinici: funghi



Tav. 8 - Palinomorfi non pollinici: funghi

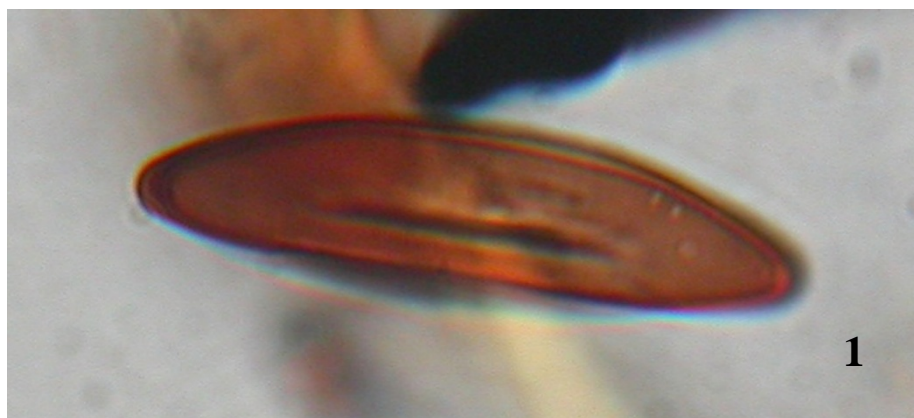


Fig. 1 *Ustilina deusta* HdV - 44 (35  $\mu\text{m}$ ); Fig. 2 *Tilletia* tipo (22  $\mu\text{m}$ ); Fig. 3 *Urocystis* tipo (19  $\mu\text{m}$ ); Fig. 4 *Thecaphora* tipo (25 $\mu\text{m}$ );



Tav. 9 - Palinomorfi non pollinici: microresti di animali



Fig. 1 *Dicrocoelium* sp. 42  $\mu\text{m}$ ;  
Fig. 2 *Trichuris* 56  $\mu\text{m}$ ;  
Fig. 3 *Microdalyellia armigera*  
(*Neorhabdocoela* - oocita) 80  $\mu\text{m}$ ;  
Fig. 4 *Trogoderma* 75  $\mu\text{m}$ ;  
Fig. 5 pelo di animale 45  $\mu\text{m}$ ;

Tav. 10 - NPPs: funghi sconosciuti e microresti di origine sconosciuta

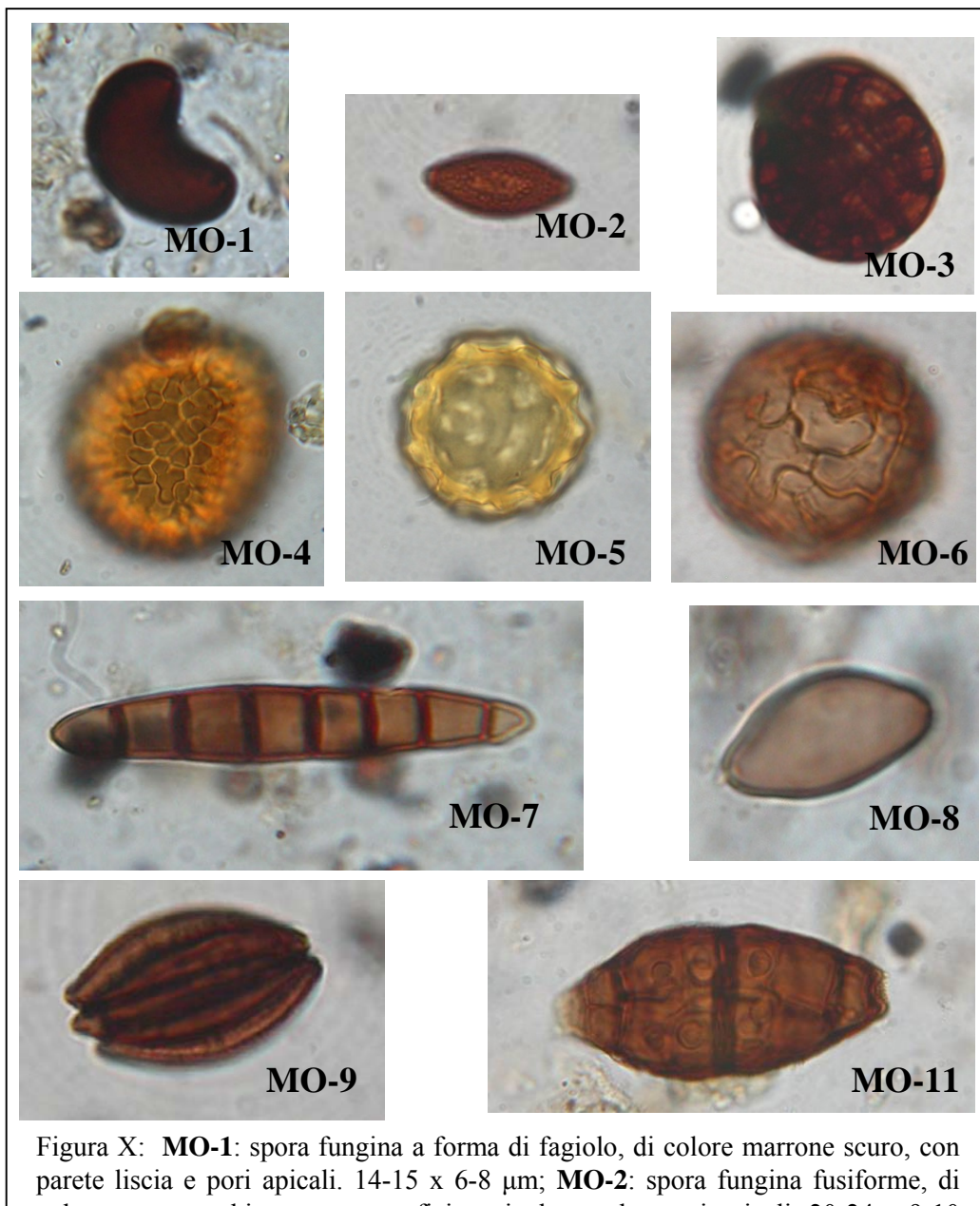


Figura X: **MO-1**: spora fungina a forma di fagiolo, di colore marrone scuro, con parete liscia e pori apicali. 14-15 x 6-8  $\mu\text{m}$ ; **MO-2**: spora fungina fusiforme, di colore marrone chiaro, con superficie reticolata e due pori apicali. 20-24 x 9-10  $\mu\text{m}$ ; **MO-3**: struttura fungina globosa, formata da numerose cellule, di colore marrone scuro, di 40  $\mu\text{m}$  diametro; **MO-4**: spora di origine sconosciuta, globosa, parete con placche irregolari. Colore giallo-arancione; **MO-5**: spora di origine sconosciuta, globosa, parete con disegno a reticolo. Colore giallo chiaro; **MO-6**: spora fungina globosa di colore marrone chiaro, di 25  $\mu\text{m}$  di diametro, con parete disegnata a puzzle. **MO-7**: spora plurisetata (4-7), di colore marrone chiaro. Cellule terminali arrotondate, 40-60 x 6-7  $\mu\text{m}$ . **MO-8**: spora fungina, a forma di mandorla, di colore marrone chiaro, e due poli apicali. 12-18 x 6-9  $\mu\text{m}$ . **MO-9** spora fungina? forma ovale divisa in spicchi. Marrone scura. 20-25x15; **MO-11**: Ascospora?, con numerosi setti trasversali e longitudinali 40-50 x 20-30



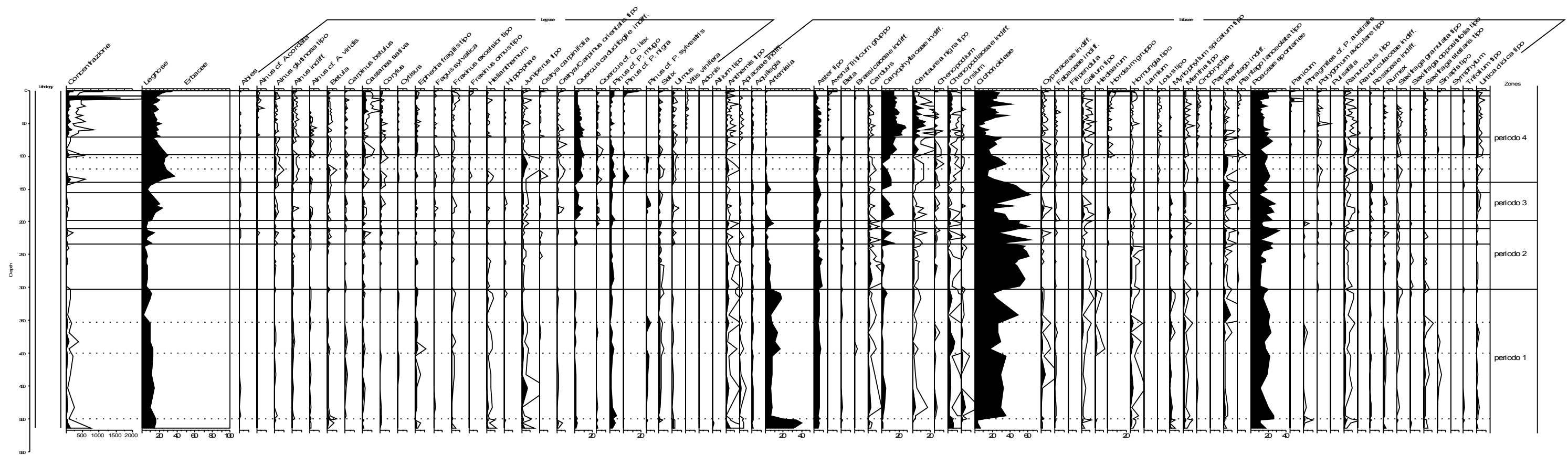


Fig. 20 - carota PL2: diagramma pollinico percentuale sintetico

Periodo 1 = Pleniglaciale

Periodo 2 = Ultimo Massimo Glaciale

Periodo 3 = Tardoglaciale

Periodo 4 = Olocene





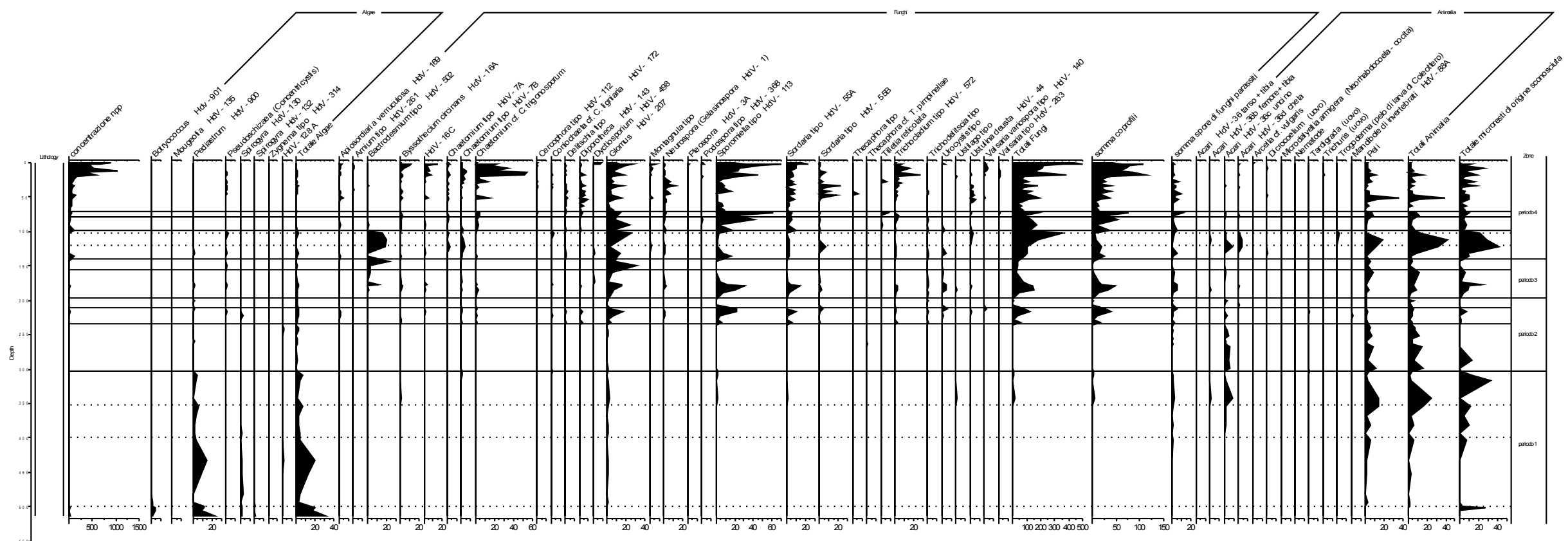


Fig. 22 - carota PL2: diagramma NPPs percentuale sintetico  
 Periodo 1 = Pleniglaciale  
 Periodo 2 = Ultimo Massimo Glaciale  
 Periodo 3 = Tardoglaciale  
 Periodo 4 = Olocene

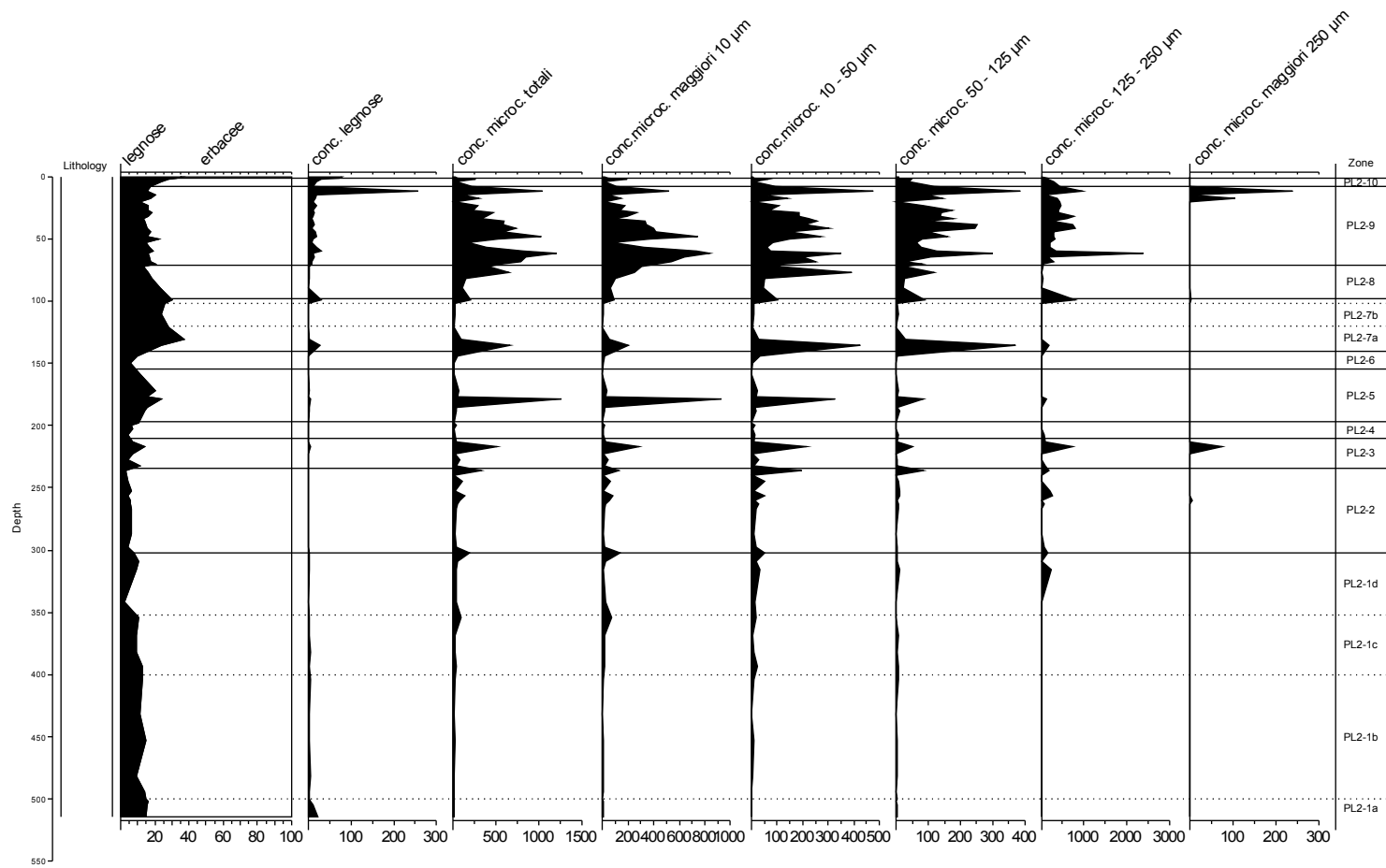


Fig. 23 - carota PL2: diagramma di concentrazione microcarboni

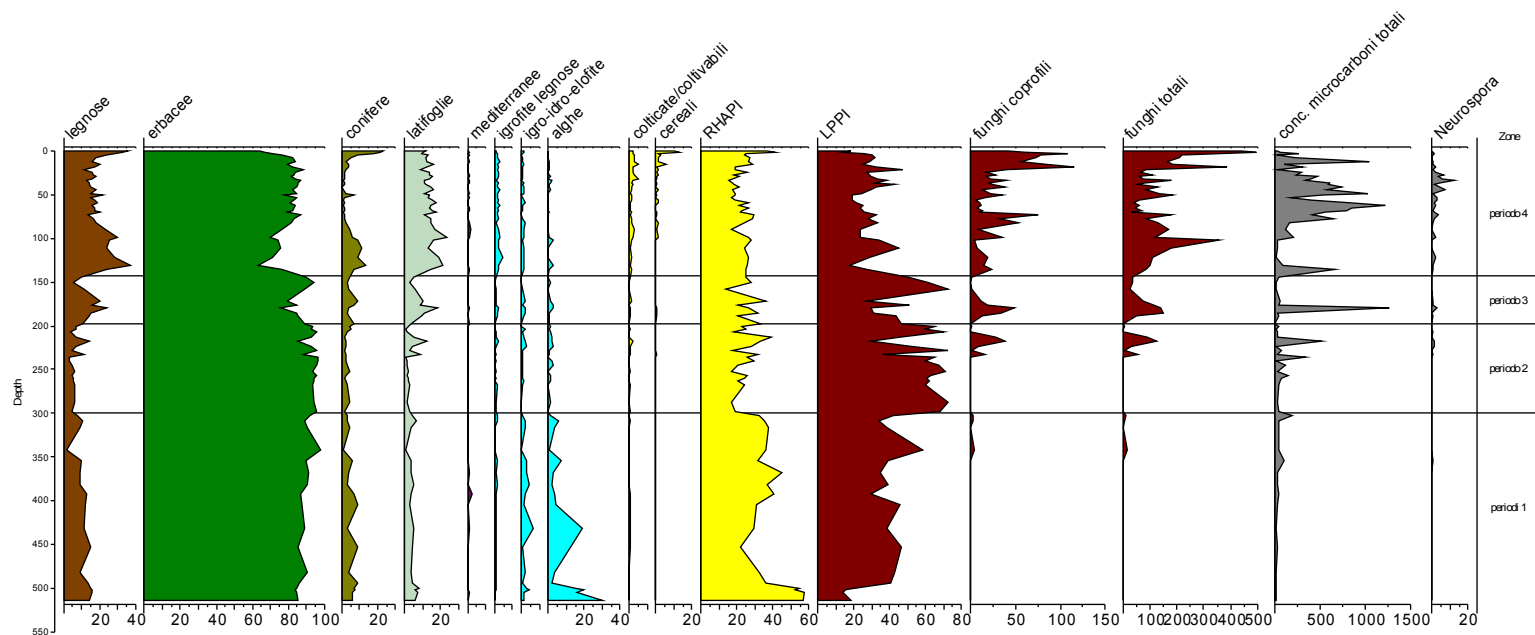


Fig. 24 - carota PL2: diagramma percentuale con categorie scelte

Periodo 1 = Pleniglaciale

Periodo 2 = Ultimo Massimo Glaciale

Periodo 3 = Tardoglaciale

Periodo 4 = Olocene