

## Storia dell'ambiente costiero del Mar Ligure sulla base di analisi biostratigrafiche

Carlo Montanari<sup>1</sup>, Cristina Bellini<sup>2</sup>, Maria Angela Guido<sup>1</sup>, Marta Mariotti Lippi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DISTAV – Polo Botanico, Università di Genova, C.so Dogali, 1m, I-16136 Genova, Italia

<sup>2</sup>Dipartimento di Biologia, Università di Firenze, Via G. La Pira 4, I-50121 Firenze, Italia

### Riassunto

L'ambiente costiero del Mar Ligure tra il Pleistocene superiore e l'Olocene viene delineato sulla base di analisi biostratigrafiche di carotaggi di aree costiere, effettuati tra Albenga e Pisa. I sedimenti del Bacino di Massaciuccoli forniscono informazioni paleoambientali sui paesaggi costieri del Mar Ligure a partire da più di 130.000 anni fa. I sedimenti pleistocenici, in parte marini, registrano la presenza lungo la costa di boschi di conifere (*Pinus*, *Abies*), di latifoglie (*Fagus*, *Alnus*, *Quercus* decidue) e di sempreverdi mediterranee (*Quercus ilex*). Le altre sequenze esaminate dagli autori o note in letteratura mostrano le variazioni ambientali nel corso del postglaciale, con particolare riguardo alla Liguria orientale e Toscana settentrionale. Nella prima metà dell'Olocene (ca. 10000-7000 cal. BP) elevate percentuali di polline di *Abies* suggeriscono la presenza locale di boschi di abete bianco con latifoglie quali tiglio, olmo, ecc. Successivamente, l'abete scompare dai diagrammi pollinici costieri, lasciando spazio allo sviluppo di paesaggi a mosaico costituiti da boschi meso-termofili con querce decidue, nocciolo, ontano e da macchia mediterranea con erica arborea dominante. Seppur con una certa discontinuità nella registrazione, è documentata la antica presenza di aree palustri retrodunali, con apporti continentali. A partire da ca.6000 cal. BP, solo le ampie pianure toscane rimasero paludose, mentre quelle meno estese della Liguria furono in gran parte interrate. Tuttavia, questi sedimenti sepolti o "zone umide fossili" rappresentano tracce di ecosistemi costieri che hanno costituito risorse locali per millenni ed elementi di paesaggi culturali oggi del tutto scomparsi e permettono anche di seguire le caratteristiche della sedimentazione continentale e costiera.

**Parole chiave:** paleoambiente costiero, palinologia, storia vegetazionale, Mar Ligure, zone umide fossili, pianure alluvionali.

### Abstract

*History of the Ligurian Sea coastal environment by means of biostratigraphic analysis. The palaeoenvironment of the Ligurian Sea coasts since the Pleistocene and throughout the Holocene is outlined, by means of biostratigraphical analysis of corings in the coastal plains, from Albenga to Pisa. The sediments analyzed from the Massaciuccoli wetlands allow taking a glance at the late Pleistocene (ca. 130.000 BP) coastal environment: the marine bottom layers show a variable landscape, with conifers (*Pinus*, *Abies*), broadleaves (*Fagus*, *Alnus*, *Quercus* deciduous, *Corylus*, etc.) and also Mediterranean trees (*Quercus ilex*) and herbs. In the first half of the Holocene (ca. 10000–7000 cal. BP) all seven investigated sites show elevated percentages of *Abies* pollen which suggest the local presence of fir woods (with *Ulmus*, *Tilia*, etc.). In the second half of the Holocene (from 7000 cal. yr BP), *Abies* becomes locally extinct along the coasts leaving space for the development of mosaic landscapes formed by open meso-thermophilous woods (with deciduous *Quercus*, *Alnus*, *Corylus*) and Mediterranean maquis (with *Erica* cf. arborea). These data represent a significant contribution to the reconstruction of the landscape history of the NW Italian coasts and to the palaeo-biogeographic knowledge of silver fir (*Abies*) in Italy. Concerning the local ecology, pollen records show*

that initially the coastal areas were characterized by freshwater wetlands; after c. 6000 cal. BP only the larger plains in N Tuscany remained extensively damp while the smaller plains in E Liguria were buried and/or drained. Nonetheless these buried deposits of 'fossil' coastal wetlands represent unique traces of ecosystems that provided important local economic resources for millennia and formed elements of the coastal cultural landscapes which have almost totally disappeared today and allow describing the features of the terrestrial and coastal sedimentation.

**Keywords:** coastal palaeo-landscape, palynology, vegetation history, Ligurian Sea, fossil wetlands, coastal plains, Pleistocene/Holocene

## Introduzione

Gli studi biostratigrafici permettono di affiancare alle informazioni di tipo geologico e sedimentario quelle ricavabili da una serie di resti di organismi di dimensioni da microscopiche a macroscopiche che consentono di delineare le caratteristiche principali dell'ambiente del luogo di campionamento e dei suoi dintorni in termini di paesaggi vegetali, caratteristiche ecologiche di suoli o di corpi d'acqua, presenza di popolamenti umani ed altro ancora.

Su queste basi sono stati svolti innumerevoli studi in tutto il mondo che coinvolgono specialmente l'analisi di polline, spore di felci, diatomee, particelle di carbone e molte altre tracce biologiche. Per ciò che riguarda l'alto Tirreno, le ricerche palinologiche risalgono alla prima metà del XX secolo (Chiarugi, 1950; Tongiorgi, 1936). Queste ultime si riferiscono alla pianura costiera della Toscana settentrionale e mostrano per prime la discesa di foreste di conifere a livello del mare in corrispondenza dell'ultimo acme glaciale (ca. 18000 BP). Successivamente, molti altri studi paleoambientali sono stati svolti in quest'area, ma quasi tutti sono relativi ad aree interne, in quanto i bacini sedimentari utili si trovano



Figura 1 - Localizzazione dei siti campionati per gli studi biostratigrafici.

Tabella 1 - Quadro complessivo delle datazioni disponibili per le serie stratigrafiche presentate. Le datazioni radiocarboniche sono state calibrate con Calib 7.0.2 (Reimer et al. 2013).

Sito	Carotaggio	Profondità (m)	Sedimento	Materiale	Datazione <sup>14</sup> C uncal (yr BP)	Datazione <sup>14</sup> C cal (2σ) (yr BP)
Pisa	PSR4	5,7	argilla	<i>Cerastoderma glaucum</i>	5800 ± 80	6757-6413
Massaciuccoli	Enea	1	Argilla e torba	Materia organica	2206 ± 52	2343-2108
		2,1	Silt argilloso	Materia organica	2716 ± 37	2877-2754
		2,6	Silt argilloso	legno	3827 ± 40	4359 - 4144
		7,5	Silt sabbioso	Conchiglia marina	5471 ± 41	6322-6188
		29,5	Silt sabbioso	Legno	8419 ± 48	9528-9395
		32,1	Silt sabbioso-argilloso	<i>Cerastoderma glaucum</i>	8970 ± 50	10233-10114
		34	Silt sabbioso-argilloso	<i>Cerastoderma glaucum</i>	9590 ± 60	11163-10737
Sestri Levante	S3	14,2	Silt sabbioso e torba	Legno	5894 ± 45	6803-6631
		18	Torba	Legno	5161 ± 60	6021-5741
	S4	24,9	Silt sabbioso	Legno	7213 ± 65	8171-7938
Rapallo	RES	9,1	Silt argilloso	Carbone	4563 ± 50	5326-5045
		16,6	Silt sabbioso	Carbone	7175 ± 45	8060-7930
Albisola	S2	16,42	Torba	Legno	7190 ± 60	8164-7931
Albenga		4	Argilla		2495 ± 60	2741-2420
Chiavari		3,6			970 ± 40	940-791
		11,32			5810 ± 50	6733-6493
Genova	S13	12,5	Argilla	Legno	5770 ± 70	6720-6412

prevalentemente nella fascia montana, anche quando sono a poca distanza dalla costa (Braggio Morucchio et al., 1989, 1991; Lowe and Watson, 1993; Bertolani Marchetti et al., 1994; Lowe et al., 1994; Mori Secci, 1996; Watson, 1996; Branch, 2004; Guido et al., 2004b; Menozzi et al., 2007; Guido et al., 2013). Inoltre, la gran parte di questi permette di ricostruire sequenze più o meno continue specialmente dell'Olocene e solo di recente sono stati trovati sedimenti precedenti all'LGM (Guido et al., 2009). Negli ultimi decenni, tuttavia, si sono potuti esaminare campioni di sedimenti ricavati da carotaggi eseguiti con strumentazioni professionali in aree costiere a livello del mare, cosicché ha iniziato a delinearsi la storia dell'ambiente litoraneo sulla base dei diagrammi palinologici ricavati (Cornara et al., 1996; Montanari et al., 1998; Arobba et al., 2001a, 2001b; Menozzi et al., 2003; Guido et al., 2004a; Mariotti Lippi et al., 2007 a, 2007b; Piccazzo et al. 1994; Mariotti Lippi e Mori Secci 2007; Bellini et al., 2009a). La documentazione risulta evidentemente

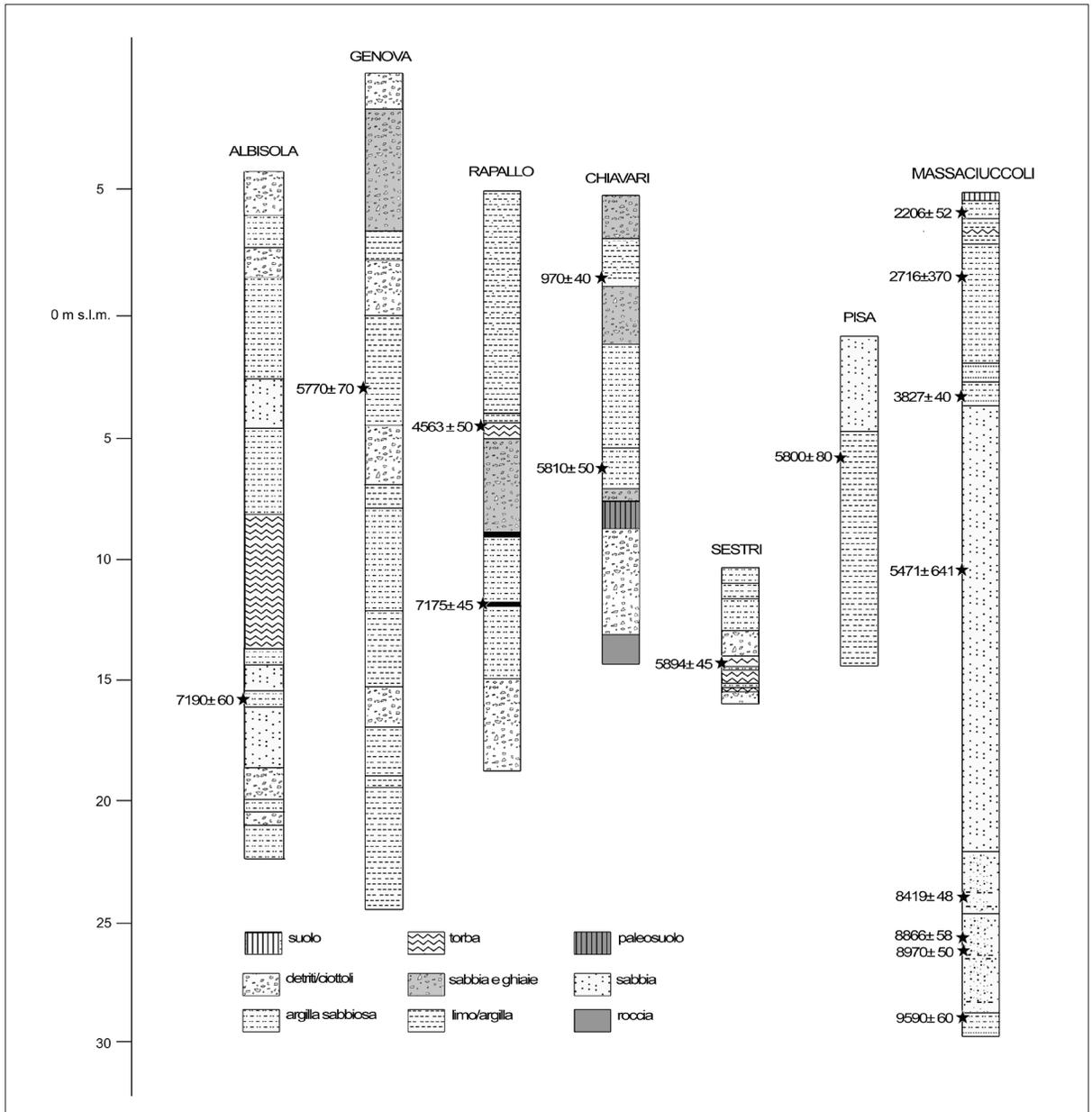


Figura 2 - Stratigrafie dei siti descritti. La serie di Albenga è stata omessa, in quanto di ambiente sottomarino e quindi con quote troppo discordanti rispetto alle altre.

te lacunosa a partire dal carattere opportunistico dei campionamenti, sia per la discontinuità dei depositi, dovuta principalmente alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'arco costiero ligure, sia per la scarsa disponibilità di resti biologici conservati e quindi utili come tracce paleoambientali. Tipicamente, i sedimenti sfruttabili allo scopo si depositano in corrispondenza delle poche pianure alluvionali (cfr. Fanucci et al., 1987; Carobene e Firpo, 2004) e registrano quindi la situazione non solo strettamente litoranea, ma anche quella di buona parte dell'ambiente costiero che, nell'arco ligure settentrionale, comprende anche la fascia montana che si trova spesso a pochi chilometri dalla costa. Tuttavia, come si vedrà, la componente locale del record palinologico è abbastanza facilmente distinguibile, sia in base all'ecologia tipica delle specie, sia valutando la tipologia dei sedimenti (ad esempio torbosi, di origine locale).

I dati su cui ci basiamo provengono da 8 aree costiere principali, ma sono integrabili con quelli sopra citati e altri che, per i motivi sopra accennati, sono utili anche se relativi ad aree più interne. In particolare, i carotaggi di sedimenti costieri, di origine prevalentemente continentale, procedendo da Ovest ad Est, sono localizzati nelle seguenti aree (fig. 1): 1) piana di Albenga e mare prospiciente; 2) area urbana di Albisola (SV); 3) zona di foce dei Torrenti Polcevera e Bisagno (GE); 4) Rapallo; 5) Chiavari; 6) Sestri Levante; 7) pianura costiera presso Pisa; 8) area palustre di Massaciuccoli. Si descriveranno brevemente le caratteristiche stratigrafiche e paleoambientali di questi siti (fig. 2), cercando di ricavarne un quadro complessivo per la storia ambientale delle coste del Mar Ligure.

### Area di Albenga

Le informazioni biostratigrafiche per le aree costiere della Liguria occidentale sono molto scarse, a parte quelle molto particolari relative ad ambienti di grotta; mancano del tutto tra il confine francese e la zona di Albenga e ne abbiamo poi solo per Albisola, fino a Genova. Per la zona della foce del Torrente Centa abbiamo l'unico caso noto in Liguria di carotaggio marino studiato palinologicamente e alcuni altri nella pianura alluvionale (Piccazzo et al., 1994; Arobba et al., 2001b, 2001c, 2004). Nel 1988, ad un miglio dalla costa, una carota di 4,42 metri (denominata K2: 44°00.07'N, 08°11.74'E) è stata estratta dal fondale antistante la foce del torrente alla profondità di 54 m e radio-datata (AMS) alla base a 2495 ± 60 uncal. BP (2741-2420 cal. BP), permettendo di seguire, sulla base di un diagramma pollinico, la storia ambientale del bacino Arroscia-Centa a partire dal VI secolo BC. Nei sedimenti più antichi, dell'Età del Ferro, ci sono tracce di specie palustri che indicano la presenza di aree paludose all'interno del sistema deltizio; non si osservano invece indizi di attività umane. Con l'Età Romana compare invece polline di specie coltivate (noce, castagno) e l'ambiente è ormai sotto il controllo antropico. Risulta evidente il progressivo regresso dell'abete bianco che scompare poi del tutto nel Medioevo, accompagnato da diminuzione anche delle querce decidue. Si diffondono, soprattutto in quest'ultimo periodo, le specie sempreverdi mediterranee (es. leccio, fillirea, erica, mirto) e quelle coltivate (castagno, olivo, vite). Le fasi più recenti registrano una forte diminuzione delle colture e un nettissimo aumento del pino, come conseguenza dei rimboschimenti recenti e della diffusione del pino marittimo nell'ambito della aree collinari abbandonate. Per ciò che riguarda la linea di costa, il massimo protendimento viene raggiunto nel 1844, al quale segue un arretramento iniziato alla fine del XIX sec. e tutt'ora in atto.

### Area di Albisola

Nel 1996 un carotaggio profondo nel centro abitato di Albisola (Savona) ha fornito un'interessante sequenza sedimentaria, risultata parzialmente utile per indagini paleoambientali (Arobba et al., 2001a). Si tratta di un pacco di sedimenti di 23 metri, costituito da sabbia, ghiaia, torba, argilla (fig. 2); la loro analisi ha permesso di ricostruire movimenti della linea di costa e in particolare la progressiva progradazione, dovuta ai depositi del torrente Sansobbia, contrastante la risalita marina postglaciale. La porzione che è risultata utile all'analisi palinologica è compresa tra 16,5 e 10 metri di profondità, con una datazione di 7190±60 uncal. BP (8164-7931 cal. BP) a 16,42 m. Sono state individuate tre fasi paleo-ambientali successive che, in sintesi, vedono, intorno a questa data, la presenza di boschi mesofili di caducifoglie (specialmente querce) e vegetazione mediterranea (leccio, erica e altre specie della macchia); specie igro-idrofile segnalano anche ambienti palustri nei quali inizia a depositarsi torba. Nella seconda fase dominano ancora boschi mesofili di querce e di ontani, su terreno in parte allagato e popolato da molte specie palustri; non si rilevano tracce di presenza umana. Ci sono tracce di abete bianco e di faggio che vegetavano probabilmente più a monte; è interessante la presenza della vite, specie che aveva il suo habitat naturale in boschi mesofili ripari. La terza fase di cui si hanno tracce

polliniche (ma anche macroresti), corrisponde a sedimento sabbioso-ciottoloso; sono ancora presenti caducifoglie (querce, ontano, tiglio, carpino, nocciolo), ma in quantità ridotta; ci sono possibili indicatori indiretti di modesta attività umana, ma non piante coltivate. La mancanza di altre datazioni impedisce inquadramenti cronologici più precisi, ma ci troviamo in un periodo riferibile al Neolitico, paragonabile a quello messo in luce a Genova-Piazza della Vittoria.

### Area di Genova

Nell'area urbana di Genova sono state eseguite analisi polliniche in ambiti archeologici e anche su carotaggi profondi, in corrispondenza delle zone di foce del Torrente Polcevera, ad Ovest, e del T. Bisagno, ad Est. Il contenuto pollinico è risultato purtroppo molto discontinuo a causa delle caratteristiche dei sedimenti che hanno permesso raramente la conservazione del polline e di altri micro-resti (Cornara et al., 1996; Brandolini et al., 2002; Montanari et al., 1998). Inoltre, solo poche datazioni sono disponibili per questi campionamenti. Nell'area di foce del T. Bisagno solo una delle numerose perforazioni ha fornito materiale con contenuto pollinico utile, per quanto discontinuo. La presenza di polline di piante erbacee palustri (*Nymphaea*, *Nuphar*, *Potamogeton*, *Typha* spp., *Alisma*, *Juncus*, *Butomus*) indica anche qui acque stagnanti, tipiche di ambienti di margine fluviale o retrodunali; sono presenti anche ontani e salici, ma questi vivono ovunque, lungo le sponde dei torrenti. La "finestra paleoambientale" disponibile riguarda il Neolitico (ca. 7000-6000 uncal. BP, tra 18,7 e 13,2 metri di profondità, nell'area dell'attuale Piazza della Vittoria); di epoca poco più recente sono un frammento di quercia decidua datato 5770±70 uncal. BP (6720-6412 cal. BP) e ceramica preistorica (cultura dei vasi a bocca quadrata) che potrebbero attestare un insediamento palafitticolo (Maggi, 1996). Abbonda il polline di specie non arboree che segnala ambienti aperti, non forestali; è comunque sempre presente l'abete bianco che raggiunge percentuali elevate (60%) e, nella porzione più antica, le querce decidue (>35%); compaiono anche pini, leccio, nocciolo, tigli, olmi, ecc.; tra le erbacee molte graminacee, ciperacee e felci. Dobbiamo considerare tale immagine, peraltro molto "sfocata", come relativa all'intero bacino imbrifero del torrente. Comunque, se forse non nella pianura costiera, certamente i boschi di abete bianco erano ancora diffusi in quell'epoca sulle colline genovesi, costituendo un paesaggio che oggi possiamo osservare solo sulle Alpi Liguri o nell'Appennino toscano, ma con origine ampiamente artificiale.

### Area di Rapallo

Le trivellazioni sono state eseguite nel 2004, anche in questo caso a scopi edilizi, nel centro cittadino (carotaggio RES, 44°21' N, 9°13' E). La registrazione pollinica reperita nei sedimenti di Rapallo, così come quella di Sestri Levante, è attiva solo nelle fasi in cui devono essere esistite aree paludose, attribuibili ad ambienti retrodunali che hanno favorito il deposito di sedimenti capaci di conservare granuli identificabili; i 9 metri più superficiali sono costituiti da silt sabbiosi che per lo più sono privi di polline, così come gli strati sabbioso-ciottolosi tra 17,5 e 20 m. Di conseguenza, dati utili derivano soltanto da depositi sabbioso-argillosi e torbosi depositi tra 8000 e 5300 cal. BP. E' evidente lungo tutta la sequenza l'importanza del polline di nocciolo che suggerisce la presenza di boscaglie di questa specie nella pianura costiera di Rapallo, nell'Olocene antico e medio. Nell'Olocene inferiore, intorno a 8000 cal. BP, erano diffusi anche boschi di abete bianco e di caducifoglie (olmo, tiglio, querce decidue, ecc.). Le tracce sia macro- che microscopiche di abete possono derivare anche da trasporto per fluitazione ma, tenendo conto del breve corso dei torrenti, si tratterebbe comunque di pochi chilometri di distanza dall'origine (cfr. fig. 1). Ciò sembra confermato dal fatto che il polline di abete si trova spesso in ottimo stato di conservazione, con granuli agglomerati tra loro e insieme a numerosi frammenti di legno della stessa specie. Alla curva discendente del polline di abete si contrappone quella ascendente dei micro-carboni; una coincidenza simile è stata osservata nello studio dei sedimenti del Lago di Massaciuccoli da Colombaroli et al. (2007) che la interpretano come una possibile correlazione tra il regresso dei boschi a dominanza di abete bianco e l'aumento degli incendi, sia naturali che causati dall'uomo, verificatosi nel medio Olocene. Nella porzione media-superiore del carotaggio, databile approssimativamente a 7000 cal. BP, l'abete inizia a diminuire e al tetto (5300 cal. BP) si osserva un'espansione di boschi chiari meso-termofili di querce, nocciolo e ontano. Contemporaneamente, anche l'aumento di piante mediterranee come leccio, erica arborea ed erbacee porta ad ipotizzare un'aumentata influenza degli incendi sul paesaggio vegetale.

### Area di Chiavari

Nella città di Chiavari, in un'area adiacente alla necropoli protostorica di Corso Millo (Maggi e D'Ambrosio, 1987), a cura della Soprintendenza Archeologica Regionale è stato svolto un sondaggio di circa 17 metri in depositi ora sabbiosi ora limosi (Ottomano, 2004) che permette di seguire una complessa storia tra sedimentazione di spiaggia, di palude costiera e di suolo agrario attraverso Neolitico, Età del Bronzo, Medioevo, fino all'età moderna. Le variazioni della linea di costa in età storica sono state studiate da Del Soldato (1987). Spettri pollinici sono stati ricavati in una porzione di circa 3,80 m, tra 11,30 m (5810 ± 50 uncal. BP; 6733-6493 cal. BP) e 7,50 m. Un livello più superficiale, a 3,6 metri, è datato 970 ± 40 uncal. BP (940-791 cal. BP) (Guido et al., 2004a). Questa "finestra paleoambientale" si caratterizza per la assoluta prevalenza di piante non arboree, soprattutto erica (30-65%), composite (10-35%) e felci. Le arboree erano probabilmente sui rilievi circostanti (pini, abeti, querce decidue, noccioli, olmi), mentre salici, ontani ed erbe palustri crescevano nelle depressioni allagate, probabilmente alimentate dalla confluenza dei due torrenti locali. Questo quadro floristico porta a supporre la presenza di una fitta copertura di macchia alta ad erica arborea, insediata su suoli asciutti sopraelevati e in aree palustri interdunali. La situazione sembra stabile per tutto il periodo esaminato (diverse migliaia di anni), con una forte flessione della curva dell'erica solo in corrispondenza del Bronzo finale, periodo per il quale è documentata archeologicamente l'occupazione del sito.

### Area di Sestri Levante

Per la pianura costiera sulla quale sorge oggi la cittadina di Sestri Levante si sono potuti esaminare 6 carotaggi, eseguiti per scopi non scientifici: si riportano qui solo i dati dei due più interni che riguardano i sedimenti del Torrente Gromolo (S3 e S4, 44°16'N, 9°24'E), distanti tra loro circa 700 m; in entrambi, poi, solo dai livelli siltosi e torbosi depositi tra ca. 8000 e 6000 cal. BP si sono ricavati spettri pollinici significativi.

La sequenza S3 mostra un dominio quasi totale di erica arborea che non scende mai al di sotto del 20%. Sono degne di nota anche le querce caducifoglie che oscillano per lo più in alternanza con l'erica. A 8,8 metri sono stati osservati piccoli frammenti di legno e carbone di abete, pino, ontano, nocciolo e querce decidue. Inoltre, una stratigrafia attigua ha messo in luce frutti e semi prevalentemente carbonizzati di nocciolo, rovi e vite a 13-20 metri (ca. 6000 cal. BP, Campana et al., 2008). Nella breve sequenza S4 l'ontano è abbondantissimo, con significato probabilmente locale. Il campione più profondo della serie sedimentaria (ca. 8000 cal. BP) è particolare in quanto vi sono documentate piante per lo più indicatrici di attività umane quali olivo, cereali (specialmente tipo orzo), ortiche e graminacee selvatiche, ginepro, erica. A parte questo spettro più antico, la base della sequenza mostra alta presenza di abete mentre al tetto questo diminuisce e dominano le querce decidue e il nocciolo. I risultati delle analisi polliniche indicano quindi che nell'Olocene inferiore e medio la piana costiera di Sestri e i rilievi adiacenti erano caratterizzati da un paesaggio a mosaico, con ambienti asciutti colonizzati da boschi mesofili in cui era presente abete, forse limitatamente ai primi contrafforti appenninici. Questa notevole biodiversità ambientale è confermata dal ritrovamento di resti macroscopici che, di solito, forniscono indicazioni più localizzate, specialmente rispetto al polline di specie anemogame. Questo paesaggio frammentato è ascrivibile alla presenza di depressioni create da un sistema di barre di sabbia longitudinali e probabilmente anche alla confluenza di due corsi d'acqua (T. Gromolo e T. Petronio). Un tipo analogo di paesaggio si può ancora oggi osservare lungo la costa pisana della Versilia. Nell'area era probabilmente presente vegetazione mediterranea dominata da erica arborea e i dati concordanti della vicina piana costiera di Chiavari dimostrano che questo tipo di macchia-foresta era diffuso nella Liguria orientale nell'Olocene inferiore e medio (Guido et al., 2004a). I dati disponibili non permettono per il momento di formulare ipotesi sull'origine e la storia di questa formazione vegetale e su quali fattori abbiano controllato la sua diffusione, come è stato fatto per la Corsica, dove è stata considerata di origine naturale (Reille, 1992; Reille et al., 1997). Le attività di sussistenza del Neolitico in quest'area, specialmente il disboscamento con il fuoco e il pascolo (Maggi, 2004; De Pascale et al., 2006), potrebbero aver favorito l'espansione della boscaglia ad erica che in precedenza potrebbe essere stata limitata alle zone più aride della costa. A partire dall'Eneolitico, l'Età del Rame italiana, attività estrattive ben documentate nell'area di Sestri Levante (Maggi and Pearce, 2005) probabilmente favorirono la persistenza della macchia ad erica, in modo analogo a quanto è emerso da studi di archeobotanica per le coste toscane nel periodo etrusco (VI sec. BC, Mariotti Lippi et al., 2002).

### Costa versiliese, area di Massaciuccoli

Nell'area palustre del Lago di Massaciuccoli sono state svolte diverse ricerche biostratigrafiche in anni recenti (Menozzi et al., 2003; Mariotti Lippi et al. 2007b; Colombaroli et al., 2007). La prima citata (ENEA, 43°48'N, 10°19'E) fornisce un quadro paleoambientale discontinuo che spazia da circa 130.000 BP fino all'epoca romana. Il sondaggio ENEA, eseguito nel bacino lacustre di Massaciuccoli nella pianura versiliese, ha rivelato la sequenza sedimentaria più lunga tra quelle qui considerate, permettendo così di raccogliere informazioni su paesaggi pleistocenici precedenti l'ultima acme glaciale; la disponibilità di numerose datazioni radiocarboniche ha fatto sì che la storia vegetazionale della costa versiliese sia quella con la cronologia più dettagliata. Intorno a 100.000 BP i sedimenti pleistocenici sono in parte marini e di transizione (ingressione marina eutirreniana, Federici, 1993; Antonioli et al., 2000), e registrano la presenza in prossimità della costa di boschi di conifere (pino, abete), di latifoglie (faggio, ontano, querce decidue, nocciolo, tiglio) e di sempreverdi mediterranee (leccio) (Menozzi et al., 2003). Nell'Olocene antico (10200–9500 cal. BP) erano diffusi nella piana e nei suoi dintorni boschi di abete bianco con querce decidue, ontani e noccioli; numerose fluttuazioni del rapporto specie legnose/specie erbacee terrestri sembrano indicare cicli di ritiro e di espansione di questi boschi di pianura (Mariotti Lippi et al., 2007b). Le variazioni della vegetazione forestale indicano instabilità ambientale, con oscillazioni della falda freatica e, probabilmente, infiltrazioni di acqua marina. Analisi stratigrafiche e sedimentarie svolte su questo carotaggio mostrano che la Trasgressione Versiliana si manifestò con un andamento medio di 7 mm/anno tra 10400 e 6600 cal. BP (Antonioli et al., 2000; Lambeck et al., 2004). Di conseguenza, i sedimenti di questa porzione, riferibili in massima parte ad ambienti francamente marini, sono per lo più inadatti alla conservazione del polline e determinano un'interruzione della sequenza pollinica tra circa 9500 e 6300 cal. BP. La registrazione pollinica nel carotaggio ENEA riprende infatti attorno a 6300 cal. BP con valori ancora elevati di abete (c. 20%), accompagnati da percentuali analoghe di querce decidue. Nocciolo, ontano e altre legnose riparie prevalgono dopo il declino dell'abete; nella pianura della Versilia e nel suo entroterra si diffusero allora boschi mesofili di querce decidue con abete bianco ancora abbondante. Nell'Olocene medio e superiore, tra 4300 e 2800 cal. BP, i complessi pollinici mostrano l'arretramento dell'abete e l'espansione di ontani, noccioli e salici sui quali si arrampicavano la vite selvatica e l'edera. Al tetto della sequenza, attorno a 2300 cal. BP, si osservano alti valori di querce decidue, leccio e erica; l'espansione dell'erica arborea potrebbe essere conseguenza di opere di canalizzazione e bonifica in periodo romano. In effetti, le Fossae Papirianae citate nella medievale Tabula Peutingeriana che rappresenta una geografia di epoca probabilmente imperiale, evocano la presenza di canali navigabili di comunicazione tra il bacino palustre di Massaciuccoli ed il mare (Mazzanti e Pasquinucci, 1983).

### Pianura costiera di Pisa

Alcuni anni fa sono state effettuate trivellazioni nel sito archeologico delle navi romane di Pisa-S. Rossore, allo scopo di ottenere dati geo-stratigrafici sulla pianura alluvionale del basso corso dell'Arno (Benvenuti et al., 2006).

Le analisi palinologiche sono state svolte su due carotaggi (PSR4 e PSR5, 43°43'N, 10°23'E), distanti 20 metri uno dall'altro: per PSR5 non sono disponibili datazioni 14C, ma una correlazione stratigrafica con PSR4 permette un inquadramento cronologico di massima.

La base della sequenza PSR4 (14-6 m) è caratterizzata da percentuali elevate di polline di abete e da una significativa presenza di pino (attribuibile per la maggior parte a *Pinus sylvestris/mugo*). Attorno a 6700 cal. BP la presenza di abete si riduce di molto, mentre dominano le querce decidue e il leccio. I primi metri più superficiali della sequenza pollinica sono stati attribuiti su base stratigrafica e geoarcheologica ad un arco di tempo che va dal preromano al romano e post-romano (Benvenuti et al., 2006), ma i risultati delle analisi polliniche sono molto frammentari a causa della presenza di livelli sabbiosi; comunque, è interessante notare la comparsa di alte percentuali di polline di faggio (*Fagus* 25-27%) nei livelli più recenti della sequenza. Tracce della presenza del faggio nella pianura costiera sono state rilevate anche dalle analisi polliniche svolte in corrispondenza di brevi sequenze sedimentarie all'interno dello stesso sito (Mariotti Lippi et al., 2007a) e confermate dalla abbondanza di resti macroscopici di questa specie (Bertacchi et al., 2008). In generale, nel periodo pre-romano e romano nella pianura pisana ci fu una certa instabilità ambientale con frequenti inondazioni dovute al fiume Arno (Caporali et al., 2005; Aguzzi et al., 2007) che determinò un'alternanza di vegetazione arborea durante le fasi di maggiore stabilità climatica e pedologica e vegetazione igrofila prevalentemente erbacea durante le fasi di diradamento e impaludamento. Questa instabilità ambientale durante

l'Olocene medio e superiore è da mettere in relazione con variazioni di tipo climatico (aumento della temperatura e delle precipitazioni) e con l'abbassamento del livello marino tra 6400 e 2000 cal. BP (Benvenuti et al., 2006).

La parte più antica della serie sedimentaria PSR5 registra, come quella adiacente, alte percentuali di abete bianco con presenza di specie decidue; al tetto l'abete bianco declina, mentre aumentano le latifoglie decidue (querce, ontano e nocciolo) e il leccio.

Per la Toscana settentrionale, le analisi polliniche mostrano dunque che nell'Olocene inferiore l'area di Pisa era densamente coperta da boschi di abete bianco con pini e querce decidue. Lungo la costa erano presenti praterie umide e salmastre. Successivamente, l'abete perse terreno e circa 6400 cal. BP questa specie scomparve dalla vegetazione costiera e forse anche dall'entroterra; nell'Olocene medio e superiore divennero dominanti boschi radi di querce decidue e sempreverdi (leccio e/o sughera).

### Sintesi della storia dei paesaggi costieri del Mar Ligure

La suddivisione cronologica tentata nella tabella 2 che sintetizza la storia del paesaggio costiero del Mar Ligure va considerata solo come una base di riferimento di massima, in quanto il numero limitato di datazioni radiocarboniche dei campionamenti non permette di stabilire precise e sicure corrispondenze stratigrafico-cronologiche intra-sito e, quindi, ancor meno inter-sito.

In termini generali, nell'Olocene inferiore il paesaggio costiero del Mar Ligure era prevalentemente forestale, a differenza di quello dell'Olocene medio e superiore quando dominavano paesaggi più aperti e a mosaico. Nelle parti più antiche delle sequenze sedimentarie è da sottolineare la grande diffusione dell'abete bianco. Altro fenomeno rilevato in tutte le sequenze è il declino e la estinzione dell'abete nelle fasi più recenti e, quindi, la scomparsa locale delle abetine da queste pianure costiere e dai rilievi adiacenti, che si verificò nel corso dell'Olocene medio e superiore. Anche altre specie arboree quali pini, noccioli, ontani, olmi, tigli e querce decidue erano diffuse lungo le coste dell'Italia nord-occidentale. Questi dati mostrano anche che nello stesso periodo gli elementi mediterranei sempreverdi erano piuttosto rari: solo le querce sempreverdi (leccio, sughera) e l'erica arborea risultano significativamente presenti in tutte le serie polliniche. Probabilmente, le specie mediterranee erano limitate agli ambienti sabbiosi o rocciosi più asciutti delle coste, ma dove non vi è registrazione pollinica. Un'eccezione a questo schema generale sembra rappresentato dalla situazione di Sestri Levante e Chiavari che mostrano una consistente macchia mediterranea ad erica in un paesaggio a mosaico, a partire dall'Olocene inferiore e perdurante fino al Bronzo e oltre. È possibile che sia fattori naturali, come ad esempio una minore estensione delle paludi costiere, sia antropici, quali attività di taglio, incendio, estrazione e lavoro

**Tabella 2 - Sintesi dei risultati delle indagini paleoambientali, basata principalmente su analisi e interpretazione di complessi pollinici. La cronologia rappresenta un'approssimazione utile unicamente ai fini di questa visione d'insieme. Per le datazioni di ciascun sito si veda la Tabella 1.**

CRONOLOGIA	LOCALITÀ	SEDIMENTO	POLLINE DI PIANTE INDICATRICI	VEGETAZIONE
1000 - 0	Albenga	pelite ± sabbiosa	castagno, noce, olivo, vite, pino	coltivazioni arboree, pinete
2500 - 1000	Albenga	pelite ± sabbiosa	abete, faggio, querce decidue e sempreverdi, ericacee, erbacee idro-igrofile	boschi di abete e faggio, macchia mediterranea, paludi costiere
	Massaciuccoli	silt sabbioso	Castagno, noce, olivo, vite, chenopodiacee	coltivazioni legnose, suoli arricchiti o salati
4000 - 2000	Massaciuccoli	torba	leccio, querce decidue, erica, vite	boschi di caducifoglie e sempreverdi, macchia mediterranea
5000 - 4000	Massaciuccoli	torba	ontano, salice, vite	boscaglie paludose
	Chiavari	argilla sabbiosa	erica, composite, erbacee idro-igrofile, felci	macchia mediterranea a erica, paludi costiere
6000 - 5000	Albisola	argilla siltosa	querce decidue, abete, pino, erica	boschi mesofili con abete, macchia mediterranea
	Rapallo	argilla sabbiosa e torba	nocciolo, ontano, querce decidue, leccio	boschi meso-termofili, paludi costiere
	Sestri L.	silt sabbioso, torba	querce decidue, erica, leccio	macchia mediterranea a erica
	Massaciuccoli	silt sabbioso	querce decidue, abete, ontano, nocciolo, felci	boschi di caducifoglie e di abete
	Pisa	argilla	querce decidue, leccio, nocciolo	querreti decidui e nocciolieti
7000 - 6000	Albisola	torba	querce decidue, ontano, erbacee idro-igrofile	boschi meso-termofili, paludi costiere
	Rapallo	argilla sabbiosa	nocciolo, abete, querce decidue	boschi di caducifoglie e di abete
	Genova	argilla, sabbia, ghiaia	abete, pino, querce decidue, erbacee idro-igrofile, felci	boschi di abete e di caducifoglie, paludi costiere
	Sestri L.	argilla sabbiosa e torba	abete, querce decidue, erica, nocciolo, ontano	boschi di abete, boscaglie paludose, macchia mediterranea
	Pisa	argilla	querce decidue, leccio	boschi decidui e sempreverdi
8000 - 7000	Albisola	argilla siltosa	querce decidue, nocciolo, pino	boschi meso-termofili
	Rapallo	silt sabbioso	abete, nocciolo, olmo, tiglio	boschi di abete e di caducifoglie mesofile
	Sestri L.	argilla sabbiosa e torba	abete, nocciolo, ontano, querce decidue, erica	boschi mesofili con abete, macchia mediterranea a erica
	Pisa	argilla	abete, pino, querce decidue, chenopodiacee	boschi di abete, praterie su suoli salati
10000-9500	Massaciuccoli	silt sabbioso-argilloso	abete, querce decidue, ontano, nocciolo, graminaceae	boschi di abete e di caducifoglie, praterie umide
130000	Massaciuccoli	silt sabbioso-argilloso	abete, faggio, pini, olmo, querce decid. e sempr, ontano	boschi mesofili di aghifoglie e latifoglie

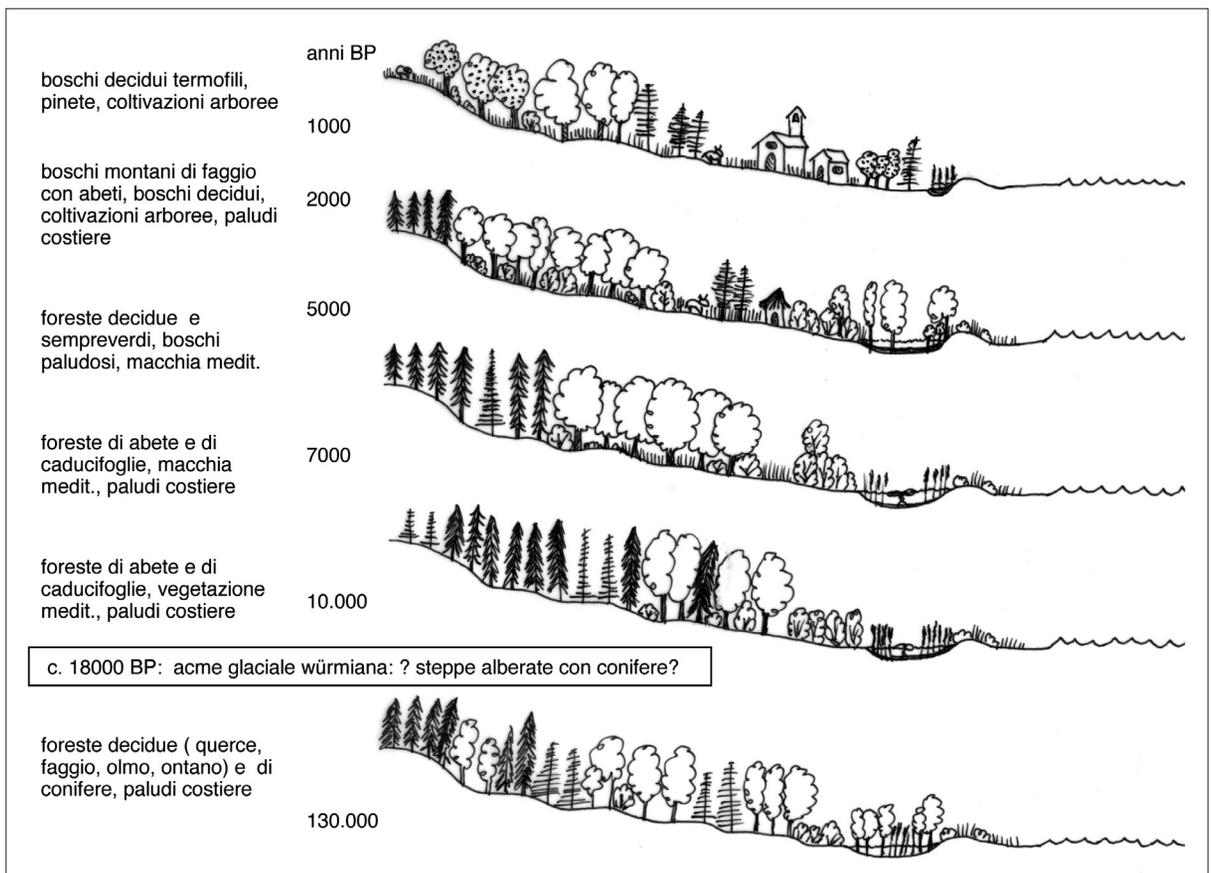
razione dei metalli, siano stati responsabili di queste caratteristiche locali (cfr. Grove and Rackham, 2001). Riguardo alla cronologia delle dinamiche vegetazionali dei paesaggi forestali costieri dell'Italia nord-occidentale, i dati più antichi provenienti da Massaciuccoli ci informano che l'abete era già dominante a partire da 10000 cal. BP ed era presente da almeno 130.000 BP (Menozzi et al., 2003). I dati dei siti costieri tra la pianura pisana e la riviera ligure di ponente mostrano che boschi di abete erano ancora diffusi tra 8000 e 7000 cal. BP (Tab. II). Il regresso delle abetine si verifica tra 7000 e 6000 cal. BP a Pisa, Sestri L. e Rapallo, mentre a Massaciuccoli esse permangono anche dopo 6000 cal. BP. Dopo 5000 cal. BP l'abete scompare anche dalla pianura della Versilia e dai rilievi circostanti e si diffondono boschi chiari meso-termofili (Tab. II). Perciò, sembra chiaro che estese abetine abbiano caratterizzato le coste dell'Italia nord-occidentale nelle prime fasi dell'Olocene; tuttavia, questa affermazione richiede la sicurezza che il polline accumulato nei sedimenti costieri rifletta la vegetazione locale e non sia dovuto esclusivamente a trasporto fluviale da zone molto più a monte. Allo scopo di riconoscere il polline fluitato da quello derivante dalla vegetazione locale, Brown et al. (2007) suggeriscono di valutare lo stato di conservazione generale dei granuli; nei campioni da noi esaminati le percentuali medie di granuli palesemente rimaneggiati non supera il 2%. Ciò suggerisce una conservazione complessivamente ottima del polline e sembra escludere il trasporto a distanza. Un altro elemento a favore della provenienza locale del polline di abete in questi carotaggi costieri deriva dalla natura dei sedimenti: infatti, alte percentuali di polline di abete sono state registrate non solo in livelli siltosi o argillosi, ma anche in quelli torbosi che forniscono un'attestazione più affidabile del carattere locale di questi complessi pollinici. Chiari segnali della presenza di boschi di abete a bassa quota nella prima parte dell'Olocene provengono anche da altre aree costiere del mar Ligure, per esempio dalle pianure alluvionali di Genova (Montanari et al., 1998) e di Albenga (Piccazzo et al., 1994; Arobba et al., 2001a, 2001b, 2001c, 2004), nella Liguria occidentale e centrale e anche dalle coste mediterranee della Francia (Nicol-Pichard and Dubar, 1998). Riguardo a queste ultime, tuttavia, Muller et al. (2007) sono dell'opinione che il polline di abete bianco dei carotaggi costieri francesi non vada interpretato come presenza locale della specie, ma come rimaneggiamento o trasporto a distanza. La presenza a basse altitudini dell'abete bianco nell'Olocene inferiore è segnalata anche al lago dell'Accesa (Toscana centrale, Drescher-Schneider et al., 2007), anche se studi successivi mettono in discussione questa ipotesi (Colombaroli et al., 2008).

E' interessante notare che analisi polliniche condotte alla foce del Fiume Ombrone, nella Toscana meridionale, mostrano che l'abete non fece mai parte della vegetazione della pianura grossetana per tutto l'Olocene (Biserni and van Geel, 2005); ciò suggerisce che il limite meridionale della diffusione costiera dell'abete nell'Italia nord-occidentale si potrebbe porre tra le colline livornesi e le Colline Metallifere, nella Toscana centro-settentrionale.

Nell'Appennino settentrionale, numerose ricerche attestano il dominio dell'abete nei boschi montani dell'Olocene antico (ad es. Watson, 1996; Branch, 2004; Guido et al., 2004b; Terhürne-Berson et al., 2004; Menozzi et al., 2007; Guido et al., 2013). In particolare, nell'Appennino Ligure l'abete compare, insieme a querce decidue e olmo, a partire da 10600 uncal. BP e diventa la specie dominante nella fascia montana tra 9000 e 7000 uncal. BP (Branch, 2004). Infine, sulle Alpi l'espansione post-glaciale dell'abete bianco ha avuto luogo tra 9000 e 5000 cal. BP, in connessione con l'evoluzione dei suoli (van der Knaap et al., 2005). Pertanto, tutti i dati nel loro insieme avvalorano l'ipotesi che tra l'Olocene inferiore e medio l'abete bianco fosse ampiamente diffuso nelle pianure e sui rilievi costieri della Liguria e della Toscana settentrionale. Per quanto riguarda il Pleistocene, i dati ricavati dai carotaggi di Massaciuccoli (Menozzi et al., 2003) indicano la presenza di abete e fanno supporre che quest'area possa aver rappresentato un luogo di rifugio glaciale per questa specie. Del resto, l'area palustre di Massaciuccoli è attualmente ben nota per la presenza di specie relictate subtropicali, atlantiche e glaciali, cosa che ne denota un carattere fortemente conservativo (Menozzi et al., 2003). Abbondanza di polline di abete è stata documentata anche sui rilievi costieri a ridosso di Sestri Levante già 40000 BP (Molinari et al., 2008) e uno studio pollinico nella pianura costiera dell'Arno presso Tirrenia mostra un'espansione dell'abete durante una fase tarda dell'ultimo interglaciale (Ricci Lucchi, 2008), suggerendo anche in questo caso, la presenza di rifugi glaciali lungo le coste della Toscana settentrionale (Tomei, 1994,1995). Oggi l'abete bianco è diffuso nelle Alpi Liguri, nelle foreste appenniniche e nelle Alpi Apuane che ospitano le popolazioni attualmente più vicine alle coste del Mar Ligure (Rovelli, 1995). Un importante contributo a questo dibattito potrebbe certamente derivare dallo studio dei macrofossili di abete bianco (carboni, legni, conifoglie, ecc.) in combinazione con DNA antico e recente, come è stato fatto per il

faggio (Magri et al., 2006) e per l'abete bianco in Svizzera (Burga e Hüssendörfer, 2001) e altrove in Europa (Liepelt et al., 2009). Poiché non ci sono analoghi attuali di boschi naturali a dominanza di abete lungo le coste, questo contributo conferma che la diffusione attuale di questa specie è fortemente ridotta rispetto al passato. Tale riduzione è stata documentata in tutta l'area del Mediterraneo nord-occidentale da numerose testimonianze e studi che l'hanno attribuita prevalentemente all'impatto umano ed al disboscamento con l'uso del fuoco (Maggi, 2000; Branch, 2004; Carcaillet and Muller, 2005; de Beaulieu et al., 2005; Colombaroli et al., 2007; Drescher-Schneider et al., 2007; Menozzi et al., 2007), anche se non mancano chiare tracce di fitopatologie (Montanari e Guido, 2011). Il conteggio dei micro-carboni svolto nel corso della ricerca si è rivelato particolarmente utile a Rapallo, in quanto ha messo in luce una possibile correlazione tra il regresso dell'abetina e l'aumento del regime degli incendi a scala regionale. Nelle Alpi meridionali, il declino dell'abete nel medio Olocene è stato correlato con certezza ad incendi boschivi, ma non sono da trascurare anche altri tipi di intervento da parte dell'uomo, cambiamenti climatici e una bassa variabilità genetica di quelle popolazioni (Wick and Möhl, 2006).

Secondo i dati qui esposti, il regresso delle abetine nell'Italia nord-occidentale incominciò dapprima lungo le pianure e i rilievi costieri nell'Olocene medio e solo in un secondo tempo interessò i monti dell'entroterra. In effetti, nell'Appennino settentrionale la registrazione pollinica indica il declino dell'abete nell'Olocene superiore, quando il faggio divenne dominante nei boschi montani di latifoglie e aghifoglie (abieti-faggeti, Lowe et al., 1994; Mori Secci, 1996; Branch, 2004; Menozzi et al., 2007). Benché ad oggi i dati disponibili non siano sufficienti per escludere del tutto la possibilità di rimaneggiamento e/o trasporto a lunga distanza di polline (specialmente per trasporto fluviale), un elemento in favore della presenza locale di abete deriva dall'andamento delle sue percentuali polliniche e dalla cronologia nell'ambito delle sequenze studiate. Se il polline di abete in questi sedimenti costieri derivasse interamente da trasporto fluviale da aree montuose



**Figura 3 - Rappresentazione schematica delle principali fasi paleoambientali che hanno caratterizzato i paesaggi costieri del Mar Ligure.**

dell'entroterra, le percentuali lungo le coste dovrebbero essere in accordo con quelle risultanti dai numerosi studi palinologici riguardanti le montagne appenniniche di Liguria e Toscana che mostrano la prevalenza continua dell'abete fino almeno al periodo romano o anche fino al Medioevo, cioè molto più tardi del declino nelle aree costiere che si colloca attorno a 6000 cal. BP. Nelle pianure minori della Liguria orientale, i sedimenti depositi nell'Olocene superiore (dopo ca. 6000 cal. BP) sono costituiti da livelli sabbiosi, generalmente poco idonei alla conservazione del polline, correlabili ad ambienti di estuario fluviale a forte dinamismo. Episodi alluvionali ciclici, insieme ad aumento di instabilità ambientale e pressione antropica, hanno causato il drenaggio e il definitivo interrimento delle zone umide costiere (tra le ultime, nei secoli scorsi, quelle della Piana di Albenga, di Vado Ligure, gli Stagnoni della Spezia).

## Conclusioni

I risultati delle analisi palinologiche, valutate nei diversi contesti stratigrafici e geomorfologici di deposizione dei sedimenti, permettono di delineare per la prima volta una panoramica paleo-ambientale per ciò che riguarda i paesaggi soprattutto olocenici lungo le coste del Mar Ligure. In particolare, integrano le conoscenze ormai consolidate circa la storia vegetazionale dei rilievi costieri dell'Appennino nord-occidentale, confermando in maniera evidente grandi cambiamenti ambientali, sia di origine climatica, sia antropica. Uno degli eventi di maggior rilievo consiste nel ritiro dei boschi di conifere dalle pianure costiere dove si erano rifugiati durante l'acme glaciale riguadagnando poi le quote montane che abbandoneranno definitivamente soltanto tra il periodo romano e il Medioevo, probabilmente anche in relazione alla crescente pressione umana. L'avvicendamento conifere/latifoglie potrebbe essere legato alla naturale evoluzione dei suoli alla fine della colonizzazione forestale post-glaciale; sembra tuttavia che esistessero estesi fenomeni erosivi - che sarebbero confermati dalla progradazione delle pianure costiere - come conseguenza dei disboscamenti che iniziarono almeno dal Neolitico. A questo proposito, gli studi archeobotanici (per una sintesi in Toscana vedi Bellini et al., 2008) mostrano come le attività umane durante il Neolitico, in particolare la deforestazione per pratiche agricole e pascolo, rappresentarono un fattore importante di accelerazione dell'erosione dei suoli e di conseguente dilavamento del materiale fine verso il mare. Lungo le coste basse si rilevano anche tracce di instabilità legata a fluttuazioni del livello marino. A partire dall'Età del Bronzo, le attività di estrazione mineraria intensificarono ulteriormente l'erosione ed il trasporto solido e la progradazione delle linee di costa causò l'interrimento definitivo di molte paludi litoranee e l'instaurarsi di un paesaggio variegato costituito da boschi chiari di latifoglie decidue e vegetazione mediterranea sempreverde. Dal punto di vista degli ambienti di sedimentazione e della tipologia dei sedimenti stessi, risulta un evidente predominio del trasporto continentale ad opera dei corsi d'acqua sia principali che minori. Si tratta per lo più di materiali da sabbiosi ad argillosi, solo raramente torbosi di origine locale o marini. È interessante notare che proprio in ambiente di delta sommerso (foce del T. Centa) si sono conservati sedimenti recenti (ultimi 2000 anni), mentre negli altri casi studiati i depositi costieri più superficiali sono risultati poco utili per i drastici mutamenti nell'ecologia locale o rimaneggiamenti. La tipologia dei depositi aiuta e conferma l'interpretazione dei complessi pollinici, indicando, di volta in volta, la presenza di aree paludose retrodunali, erosione dei solchi vallivi e/o apporto di materiali inorganici e organici di origine marina.

Nel complesso, queste ricerche contribuiscono significativamente alla storia olocenica dell'abete bianco in Italia e sottolineano l'importanza delle "zone umide fossili" come archivi biostratigrafici per la storia ambientale (Bellini et al., 2009b). Inoltre, benché la registrazione risulti spesso lacunosa e discontinua, in relazione soprattutto alla tipologia dei sedimenti, queste sequenze stratigrafiche si rivelano essenziali e costituiscono spesso l'unica testimonianza di ecosistemi, oggi divenuti rarissimi lungo le nostre coste, che rappresentarono per millenni importanti risorse locali.

Sarebbe auspicabile, tuttavia, una maggiore integrazione delle informazioni presenti nelle stratigrafie messe in luce da ricerche disciplinari diverse, come è abitudine più diffusa in campo archeologico.

## Ringraziamenti

Questa ricerca è dedicata alla memoria del Prof. Remo Terranova, maestro e collega di due degli autori (M.A.G. e C.M.), profondo conoscitore ed entusiasta divulgatore della geologia e della geografia delle coste della Liguria. Si ringraziano per la collaborazione R. Maggi, N. Campana, A. e P. Destefanis, M.G. Mariotti, F. Garbari, P. Brandolini, A. Bonadonna, B.I. Menozzi, G.C. Cortemiglia.

## Bibliografia

- Aguzzi M., Amorosi A., Colalongo M.C., Ricci Lucchi M., Rossi, V., Sarti G. and Vaiani S.C. (2007) - *Late Quaternary climatic evolution of the Arno coastal plain (western Tuscany, Italy) from subsurface data*. *Sedimentary Geology*, 202: 211–229.
- Antonioli F., Girotti O., Improta S., Nisi M.F., Puglisi C. and Verrubbi V. (2000) - *Nuovi dati sulla trasgressione marina olocenica nella pianura versiliese*. In Marchesi, P., Angelelli, A. and Forni, S. (Eds.), *Le Pianure: conoscenza e salvaguardia. Il contributo delle scienze della terra – Atti del convegno “Le Pianure - Conoscenza e salvaguardia”*, Ferrara 8–11 Novembre 1999. Regione Emilia-Romagna. pp. 214–218.
- Arobba D., Caramiello R., Firpo M., Piccazzo M., Bulgarelli F. (2001a) - *Geoarchaeology and palaeobotanical investigation from coastal area of Albisola (Liguria, Northern Italy)*. 3rd International Congress on “*Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin*”, Proceedings vol. I, Alcalá de Henares, 9-14 July 2001, pp. 348-356.
- Arobba D., Caramiello R., Firpo M., Ivaldi R., Piccazzo M., Poggi F. (2001b) *La pianura costiera di Albenga (Liguria occidentale): archivio naturale della storia evolutiva recente*. *Rivista Ingauna e Intemelia*, Istituto Internazionale di Studi Liguri, Bordighera, LII-LIII: 103-109.
- Arobba, D., Caramiello, R. and Firpo, M. (2001c) - *Studio paleobotanico e sedimentologico di un sondaggio alla foce del Fiume Centa (Albenga, Liguria occidentale)*. *Allionia*, 38: 147–158.
- Arobba D., Caramiello R., Firpo M., (2004) - *Contributi paleobotanici alla storia dell'evoluzione di una pianura costiera: il caso di Albenga*. In: de Marinis R.C. e Spadea G. (a cura di) *I Liguri. Un antico popolo europeo tra Alpi e Mediterraneo*. Catalogo della mostra, Skira, pp. 76-78.
- Bellini C., Mariotti Lippi M., Mori Secci M., Aranguren B. and Perazzi P. (2008) - *Plant gathering and cultivation in prehistoric Tuscany (Italy)*. *Vegetation History Archaeobotany*, 17(6): 103-112.
- Bellini, C., Mariotti Lippi, M., Montanari, C. (2009a) - *The Holocene landscape history of the NW Italian coasts*. *The Holocene* 19, 1161–1172.
- Bellini, C., Mariotti Lippi, M., Montanari, C. (2009b) - “Fossil wetlands” by the Mar Ligure Sea: pollen sources for landscape history studies. [http://storia.dafist.unige.it/zum/poster/Bellini\\_costeZUMdef%20riv%203.pdf](http://storia.dafist.unige.it/zum/poster/Bellini_costeZUMdef%20riv%203.pdf)
- Benvenuti M., Mariotti Lippi M., Pallecchi P. and Sagri, M. (2006) - *Late Holocene floods in the terminal Arno river (Pisa, Central Italy): hydro-climatic catastrophic events and short-term sea level changes from the history of the Roman riverine harbour*. *The Holocene*, 16: 863–876.
- Bertacchi A., Lombardi T., Sani A. and Tomei P.E. (2008) - *Plant macroremains from the Roman harbour of Pisa (Italy)*. *Environmental Archaeology*, 13: 181–188.
- Bertolani Marchetti D., Dallai D., Mori Secci M. and Trevisan Grandi G. (1994) - *Palynological evidence and forest events in the upper Tuscan/Emilian Apennines in the context of the whole Apennines Holocene history*. *Fitosociologia*. 26: 145–164.
- Biserni G. and van Geel B. (2005) - *Reconstruction of Holocene palaeoenvironment and sedimentation history of the Ombrone alluvial plain (South Tuscany, Italy)*. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 136: 16–28.
- Braggio Morucchio G., Guido M.A. and Montanari C. (1989) - *Profilo palinologico e storia della vegetazione*. In Gentile S., Guido M.A., Montanari C., Paola G., Braggio Morucchio G. and Petrillo M., *Ricerche geobotaniche e saggi di cartografia della vegetazione del piccolo bacino di Lago Riane (Liguria)*. *Braun-Blanquetia*. 3: 17–20.
- Braggio Morucchio G., Guido M.A. and Montanari C. (1991) - *Palaeovegetational evidence in the upper Nure Valley (Ligurian-Apennines, Northern Italy)*. *Webbia*, 46: 173–185.
- Branch N. (2004) - *Late Würm Lateglacial and Holocene environmental history of the Ligurian Apennines, Italy*. In Balzaretto, R., Pearce, M. and Watkins, S. (Eds.), *Ligurian landscapes: studies in archaeology, geography and history in memory of Edoardo Grendi*. *Accordia specialist studies on Italy 10*, Accordia Research Institute, University of London. pp- 7–69.
- Brandolini P., Calderoni G., Montanari C., Nicchia P., Ramella A., Terranova R. (2002) – *Emergencias geomorfológico-paleoambientales de los depositos cuaternarios en la llanura fluvial costera del torrente Polcevera. Liguria, norte de Italia*. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 17: 29-38.
- Brown A.G. Carpenter R.G. and Walling, D.E. (2007) - *Monitoring fluvial pollen transport, its relationship to catchment vegetation and implications for palaeoenvironmental studies*. *Review of Palaeobotany and*

Palynology, 147: 60–76.

- Burga C.A. and Hussendörfer E. (2001): *Vegetation history of Abies alba Mill. (silver fir) in Switzerland – pollen analytical and genetic surveys related to aspects of vegetation history of Picea abies (L.) H. Karsten (Norway spruce)*. Vegetation History Archaeobotany, 10: 151–159.
- Campana N., De Stefanis A., De Stefanis P.G., Girod A., Guido M.A., Menozzi B.I., Montanari C. and Ottomano C. (2008) - *Area ex FIT (Sestri Levante)*. In: Del Lucchese A. and Gambaro, G. (a cura di.), *Archeologia in Liguria*. Vol. 1, 2004–2005. De Ferrari, pp.328–331.
- Caporali E., Rinaldi M. and Casagli, N. (2005) - *The Arno River floods*. Giornale di Geologia Applicata, 1: 177–192
- Carcaillet C. and Muller S. D. (2005) - *Holocene tree-limit and distribution of Abies alba in the inner French Alps: Anthropological or climatic changes?* Boreas, 34: 1-9.
- Carobene L. e Firpo M. (2004) *Cause della variazione della linea di riva in Liguria durante l'Olocene*. In de Marinis, R.C. and Spadea, G. (a cura di) *I Liguri*. Skira. pp. 75–76.
- Chiarugi A. (1950) – *Le epoche glaciali dal punto di vista botanico*. Acc. Naz. Lincei, Quad.,16: 55-110.
- Colombaroli D., Marchetto, A. and Tinner, W. (2007) - *Long-term interactions between Mediterranean climate, vegetation and fire regime at Lago di Massaciuccoli (Tuscany, Italy)*. Journal of Ecology, 95: 755–770.
- Colombaroli D., Vannièrè B., Emmanuel C., Magny M. and Tinner W. (2008) - *Fire–vegetation interactions during the Mesolithic–Neolithic transition at Lago dell'Accesa, Tuscany, Italy*. The Holocene, 18: 679–692.
- Cornara L., Guido M.A., Montanari C., Placereani S. (1996) - *Analisi polliniche*. In Melli P. (a cura di) *La città ritrovata – archeologia urbana a Genova 1984-1994*. Tormena Ed., Genova. pp. 393-374
- de Beaulieu J.L., Miras Y., Andrieu-Ponel V. and Guiter F. (2005) - *Vegetation dynamics in north-western Mediterranean regions: instability of the Mediterranean bioclimate*. Plant Biosystems, 139: 114–126.
- Del Soldato M. (1987) – Chiavari. Evoluzione della pianura alluvionale del Torrente Rupinaro: dalla frequentazione della necropoli di Chiavari al periodo napoleonico. In Melli P. e Del Lucchese A (a cura di) “Archeologia in Liguria III. 1, Scavi e Scoperte 1982-86 Preistoria e Protostoria”, Soprintendenza Archeologica della Liguria, Genova. Pp. 54-56,
- De Pascale A., Maggi R., Montanari C. and Moreno D. (2006) - *Pollen, herds, jasper and copper mines: economic and environmental changes during the 4th and 3rd millennia BC in Liguria (NW Italy)*. Environmental Archaeology, 11: 115–124.
- Drescher-Schneider R., de Beaulieu J.-L., Magny M., Walter-Simonnet A.V., Bossuet G., Millet L., Brugiapaglia E. and Drescher A. (2007) - *Vegetation history, climate and human impact over the last 15,000 years at Lago dell'Accesa (Tuscany, Central Italy)*. Vegetation History and Archaeobotany, 16: 279–99.
- Fanucci F., Firpo M. and Ramella A. (1987) - *Genesi ed evoluzione di pianure costiere del Mediterraneo: esempi di piccole pianure della Liguria*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 10: 193–203.
- Federici P.R. (1993) - *The Versilian transgression of the Versilian area in the light of drillings and radiometric data*. Memorie della Società Geologica Italiana, 49: 217–225.
- Grove A.T. and Rackham O. (2001) - *The nature of Mediterranean Europe: an ecological history*. Yale University Press.
- Guido M.A., Mariotti Lippi M., Menozzi B.I., Placerani S. e Montanari C. (2004a) - *Ambienti costieri nella riviera ligure di Levante tra le età del Bronzo e del Ferro: aree di Rapallo e di Chiavari*. In de Marinis, R.C. e Spadea, G., (a cura di), *I Liguri*. Skira: 78–81.
- Guido M.A., Mariotti Lippi M., Menozzi B.I., Placerani S. e Montanari C. (2004b) - *Il paesaggio vegetale montano della Liguria centrooccidentale nell'età del Ferro: area del monte Beigua (Savona)*. In de Marinis R.C. e Spadea G., (a cura di), *I Liguri*. Skira: 91–95.
- Guido M.A., Molinari C, Montanari C (2009) - *Primi dati palinologici per la storia ambientale tardo-pleistocenica della Liguria orientale*. In: Di Marzio P, Fortini P. e Scippa G.S. (a cura di) - *Le scienze botaniche nella cultura e sviluppo economico del territorio*. 104° Congresso Nazionale della Società Botanica Italiana, Campobasso, 16-19 settembre 2009, p. 272.
- Guido M.A., Menozzi B.I., Bellini C., Placereani S. and Montanari C. (2013) - *A palynological contribution to the environmental archaeology of a Mediterranean mountain wetland (North West Apennines, Italy)*. The Holocene, 23(11): 1517-1527.

- Lambeck K., Antonioli F., Purcell A. and Silenzi S. (2004) - *Sealevel change along the Italian coast for the past 10,000 yr*. Quaternary Science Reviews, 23: 1567–1598.
- Liepelt S., Cheddaddi R., de Beaulieu J-L, Fady B., Gömöry D., Hussendörfer E., Konnerth M., Litt T., Longauer R., Terhürne-Berson R. and Ziegenhagen B. (2009) - *Postglacial range expansion and its genetic imprints in *Abies alba* (Mill.) – a synthesis from palaeobotanic and genetic data*. Review of Palaeobotany and Palynology, 153: 139–149.
- Lowe J.J. and Watson C. (1993) - *Late-glacial and early Holocene pollen stratigraphy of the Northern Apennines, Italy*. Quaternary Science Reviews, 12: 727–738.
- Lowe J.J., Davite C., Moreno D. and Maggi R. (1994) - *Holocene pollen stratigraphy and human interference on the woodlands of the northern Apennines, Italy*. The Holocene, 4: 153–164.
- Maggi R. (1996) - *Una palafitta neolitica in Val Bisagno?* In Melli P. (a cura di), *La Città ritrovata-Archeologia urbana a Genova 1984-1994*, Tormena Editore, Genova. p. 376.
- Maggi R. (2000) - *Aspetti di archeologia del territorio in Liguria: la formazione del paesaggio dal Neolitico all'Età del Bronzo*. Annali Istituto Alcide Cervi, 19:143-162.
- Maggi R. (2004) - *I monti sun eggì: the making of the Ligurian landscape in prehistory*. In Balzaretto R., Pearce M. and Watkins C. (Eds.), *Ligurian landscapes, studies in archaeology, geography and history in memory of Edoardo Grendi*. Accordia specialist studies on Italy 10, Accordia Research Institute, University of London. pp. 71–82.
- Maggi R. and Pearce M. (2005) - *Mid fourth-millennium copper mining in Liguria, north-west Italy: the earliest known copper mines in Western Europe*. Antiquity, 79: 66–77.
- Maggi R. e D'Ambrosio B. (1987) - *Chiavari*, in Melli P. e Del Lucchese A. (a cura di), *Archeologia in Liguria*, III, 1. *Scavi e scoperte 1982-86*, Genova, pp. 45-50.
- Magri D., Vendramin G., Comps B., Dupanloup I., Geburek T., Gömöry D., Latalowa M., Litt T., Paule L., Roure J.M., Tantau I., van der Knaap W.O., Petit R.J. and de Beaulieu J-L. (2006) - *A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences*. New Phytologist, 171: 199–221.
- Mariotti Lippi M. e Mori Secci M. (2007) *Ricerche archeobotaniche nella Toscana preistorica*. Informatore Botanico Italiano, 39: 259–270.
- Mariotti Lippi M., Di Tommaso P.L., Giachi G., Mori Secci M. and Paci S. (2002) - *Archaeo-botanical investigations into an Etruscan farmhouse at Pian d'Alma (Grosseto, Italy)*. Atti della Società Toscana Scienze Naturali, Memorie, Serie B, 109:159–165.
- Mariotti Lippi M., Bellini C., Trinci C., Benvenuti M., Pallecchi P. and Sagri M. (2007a) - *Pollen analysis of the ship site of Pisa San Rossore (Tuscany, Italy): the implication for catastrophic hydrological events and climatic change during the late Holocene*. Vegetation History Archaeobotany, 16: 453–465.
- Mariotti Lippi M., Guido M.A., Menozzi B., Bellini C. and Montanari C. (2007b) - *The Massaciuccoli Holocene pollen sequence and the vegetation history of the coastal plains by the Mar Ligure (Tuscany and Liguria, Italy)*. Vegetation History Archaeobotany, 16: 267–277.
- Mazzanti R. and Pasquinucci M. (1983): *L'evoluzione del litorale lunense-pisano fino alla metà del XIX secolo*. Bollettino della Società Geografica Italiana, Serie 10: 605–28.
- Menozzi B.I., Fichera A., Guido M.A., Mariotti Lippi M., Montanari C., Zanchetta G., Bonadonna F.P. and Garbari F. (2003) - *Lineamenti paleoambientali del bacino del Lago di Massaciuccoli (Toscana Nord-occidentale, Italia)*. Atti Società Toscana Scienze Naturali, Serie B (2002) 109: 177–187.
- Menozzi B.I., Bellini C., Cevasco A., Cevasco R., De Pascale A., Guido M.A., Maggi R., Moe D., Montanari C. and Moreno D. (2007) - *The archaeology of a peat bog in context: contribution to the study of biodiversification processes in historical times (Ligurian Apennines, NW Italy)*. <http://medieval-europe-paris-2007.univ-paris1.fr/B.I.Menozzi%20et%20al.pdf>
- Molinari C., Parola C. and Guido M.A. (2008) - *Palynological reconstruction of long-term vegetation changes in the Ligurian Apennines, northern Italy*. In: *Terra Nostra – Schriften der 12th International Palynological Congress - 8th International organization of Palaeobotany Conference*. August 30-september 5, 2008 in Bonn, Germany. Berlin, 30 August - september 2008, BERLIN: GeoUnion Alfred Wegener-Stiftung, vol. 2, p. 195 .
- Montanari C., Guido M.A., Cornara L. e Placereani S. (1998) - *Tracce polliniche di boschi neolitici di abete*

- bianco in Val Bisagno (area urbana di Genova). *Biogeographia*, 19: 133–143.
- Montanari C., Guido M.A., 2011 - *Who has wiped out the silver fir (Abies alba Mill.)? Clues of pathogens in the Ligurian Apennines*. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 73: 213.
- Mori Secci, M. (1996) - *Vicende oloceniche dell'Appennino tosco-emiliano attraverso le analisi palinologiche*. *Webbia*, 51: 83–120.
- Muller S.D., Nakagawa T., de Beaulieu J-L., Court-Picon M., Carcaillet C., Miramont C., Roiron P., Bouterin C., Ali A.A. and Bruneton H. (2007) - *Post-glacial migration of silver fir (Abies alba Mill.) in the south-western Alps*. *Journal of Biogeography*, 34: 876–899.
- Nicol-Pichard S. and Dubar M. (1998) - *Reconstruction of Lateglacial and Holocene environments in southeast France based on the study of a 66-m long core from Biot, Alpes Maritimes*. *Vegetation History Archaeobotany*, 7: 11–15.
- Ottomano C. (2004) - *L'evoluzione paleoambientale del territorio di Chiavari attraverso l'analisi e l'interpretazione di sondaggi geognostici*. In de Marinis R.C. and Spadea G (a cura di), *I Liguri*. Skira, pp. 81–84.
- Piccazzo M., Firpo M., Ivaldi R., Arobba D. (1994) - *Il delta del Fiume Centa (Liguria occidentale): un esempio di modificazione recente del clima e del paesaggio*. *Il Quaternario*, 7 (1): 293–298.
- Reille M. (1992) - *New pollen-analytical researches in Corsica: the problem of Quercus ilex L. and Erica arborea L., the origin of Pinus halepensis Miller forests*. *New Phytologist*, 122: 359–378.
- Reille M., Gamisans J., de Beaulieu J-L. and Andrieu V. (1997) - *The Late-Glacial at Lac de Creno (Corsica, France): a key site in the Western Mediterranean basin*. *New Phytologist*, 135, 547–59.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haffidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M. & van der Plicht, J. (2013) *IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0–50*. *Radiocarbon*, 55(4): 1869–1887.
- Ricci Lucchi M. (2008) - *Vegetation dynamics during the last interglacial–glacial cycle in the Arno coastal plain (Tuscany, western Italy): location of a new tree refuge*. *Quaternary Science Reviews*, 27: 2456–2466.
- Rovelli E. (1995) - *La distribuzione dell'abete (Abies alba Mill.) sull'Appennino*. *Monti e Boschi*, 6: 5–13.
- Terhürne-Berson, R., Litt, T. and Cheddadi, R. (2004) - *The spread of Abies throughout Europe since the last glacial period: combined macrofossil and pollen data*. *Vegetation History Archaeobotany*, 13: 257–68.
- Tomei P.E. e Zocco Pisana L. (1994) - *Cenni sul popolamento floristico e il paesaggio vegetale*. In Mazzanti R., editor, *La pianura pisana e i rilievi contermini. La natura e la storia*. Società Geografica Italiana, 50: 133–49.
- Tomei P.E., Guazzi E. e Barsanti A. (1995) - *Contributo alla conoscenza floristica delle paludi e del Lago di Massaciucoli*. In Tomei P.E. e Riva S. (a cura di.), *Il Bacino del Massaciucoli*. Collana di indagini tecniche e scientifiche per una migliore conoscenza del Lago di Massaciucoli e del suo territorio. Pacini. pp. 43–78.
- Tongiorgi E. (1936) - *Le variazioni climatiche testimoniate dallo studio paleobotanico della serie Fiandriana nella pianura della Bassa Versilia presso il Lago di Massaciucoli*. *Nuovo Giorn. Bot. Italiano*, XLIII: 826.
- van der Knaap W.O., van Leeuwen J.F.N., Finsinger W., Gobet E., Pini R., Schweizer A., Valsecchi V. and Ammann B. (2005) - *Migration and population expansion of Abies, Fagus, Picea, and Quercus since 15000 years in and across the Alps, based on pollen-percentage threshold values*. *Quaternary Science Reviews*, 24: 645–680.
- Watson C.S. (1996) - *The vegetational history of the northern Apennines, Italy: information from three new sequences and a review of regional vegetational change*. *Journal of Biogeography*, 23: 805–841.
- Wick L. and Möhl A. 2006: *The mid-Holocene extinction of silver fir (Abies alba) in the Southern Alps: a consequence of forest fires? Palaeobotanical records and forest simulations*. *Vegetation History Archaeobotany*, 15: 435–444.

Ricevuto il 04/02/2014, accettato il 04/06/2014.