Archeologia e Calcolatori
Supplemento 15, 2026, 273-298
doi 10.19282/ACS.15.2026.18

BIODIVERSITÀ E PAESAGGIO SCOMPARSO A ROSELLE-SALICA: DATI PALINOLOGICI DAI SONDAGGI STRATIGRAFICI IN ETÀ STORICA (VII-VI SECOLO A.C.-XII SECOLO D.C.)

1. Introduzione

L'area nella quale insiste il sito archeologico di Roselle è stata studiata dal punto di vista palinologico-ambientale, con approccio interdisciplinare, nell'ambito del progetto "Global Research on Environmental and Terrestrial Transformation" (PRIN2022PNRR). All'intersezione tra botanica e archeologia ambientale, la Palinologia rappresenta uno strumento sensibile per lo studio dei tratti floristico-vegetazionali che hanno caratterizzato i paesaggi un tempo presenti in prossimità di siti archeologici e oggi in buona parte trasformati o scomparsi (Bryant, Holloway 1983; Sadori *et al.* 2010; Lechterbeck, Jensen 2020; Revelles 2021). I dati palinologici forniscono informazioni uniche su flora, vegetazione e uso del territorio, poiché le liste floristiche consentono di delineare gli habitat e ambienti diffusi nei dintorni di ciascun sito (Faegri, Iversen 1989; Mercuri 2014). Il polline disperso e depositato in sequenze stratigrafiche può, inoltre, essere un ottimo strumento per ottenere ricostruzioni paleoecologiche e paleoclimatiche a scala regionale e diacronica.

Lo studio del polline estratto dai sedimenti, pertanto, restituisce informazioni sul paesaggio e sull'azione/presenza o economia umana a livello locale o regionale, in funzione del tipo di campionamento e del contesto studiato. Le potenzialità di informazione ottenibili dalle analisi palinologiche dipendono dalla risoluzione e dal numero dei campioni, che in un sito possono descrivere la durata di una fase, la transizione tra fasi e la diversa tipologia d'uso di un'area durante la stessa fase (Huntley, Webb 1988; Webb 1993). Alle analisi polliniche possono inoltre essere affiancate le indagini sui palinomorfi non pollinici (dall'inglese NPP - Non-Pollen Palynomorphs), quali alghe, spore o ife fungine, resti animali, che sono bioindicatori paleoambientali utili a dettagliare la ricostruzione paleoecologica (van Geel 2001). In questo studio, alcuni cianobatteri, riconosciuti come buoni indicatori di ambienti agropastorali e conseguente eutrofizzazione delle acque (Clò, Florenzano 2022), sono risultati significativi per la ricostruzione degli ambienti umidi locali.

Gli scopi di questo studio si sono articolati secondo i livelli conoscitivi classici e progressivi della ricerca palinologica – dalla definizione della lista floristica all'individuazione delle associazioni vegetali, fino all'analisi degli indicatori di impatto antropico – al fine di ricostruire il paesaggio naturale e agrario dell'area del sito, qui identificato come Roselle-Salica (Mercuri *et al.* 2010, Fig. 1).



Fig. 1 – Schema di riferimento base per gli obiettivi della ricerca palinologica.

2. Area di studio

2.1 *Contesto geologico e geomorfologico*

Il sito archeologico di Roselle (*Rusellae*, 42.828461 N, 11.159117 E; 172 m s.l.m.) si colloca nella parte interna della piana costiera grossetana, in un'area di transizione tra il paesaggio della fascia collinare e la pianura costiera (Fig. 2A). La zona è dominata da una morfologia sub-pianeggiante e lievemente ondulata, con rilievi collinari di modesta altitudine, con quote che si aggirano tra 150 m e 300 m s.l.m. L'evoluzione geologica della piana di Grosseto e delle aree collinari circostanti si inserisce nel contesto più ampio e complesso della storia geologica della Toscana meridionale. In quest'area si riconoscono elementi chiave legati all'orogenesi dell'Appennino settentrionale e ai successivi processi tettonici e sedimentari che hanno modellato il paesaggio attuale, in particolare i sistemi costieri più recenti (Bravetti, Pranzini 1987; Carmignani, Klingfield 1990).

Sono presenti strutture tettoniche sia compressive che distensive e affiorano unità che vanno dal Paleozoico al Quaternario (Carmignani *et al.* 1994, 1995, 2004). La stratigrafia risulta spesso discontinua, a causa della sovrapposizione di unità diverse per effetto della tettonica, in particolare del sovrascorrimento delle coltri alloctone (Unità Liguri) sopra i terreni autoctoni (formazioni della Serie Toscana). Nella zona di Grosseto, le unità Liguri di età Cretaceo-Eocenica si sovrappongono a quelle più antiche della Serie Toscana, ma con affioramenti significativi del basamento del Verrucano, segno di un forte denudamento tettonico (Lucci, Massella 2012). Le unità geologiche presenti comprendono il substrato paleozoico (Verrucano) delle Unità Metamorfiche Toscane, visibile nei rilievi a N di Grosseto, su cui poggiano i sedimenti evaporitici del Triassico superiore e i depositi carbonatici dal Triassico al Cretaceo delle Unità Toscane. Sono inoltre presenti lembi delle Unità Liguri e Sub-Liguri, oltre a terreni marini pliocenici e sedimenti continentali quaternari che costituiscono sia la piana costiera sia il litorale.

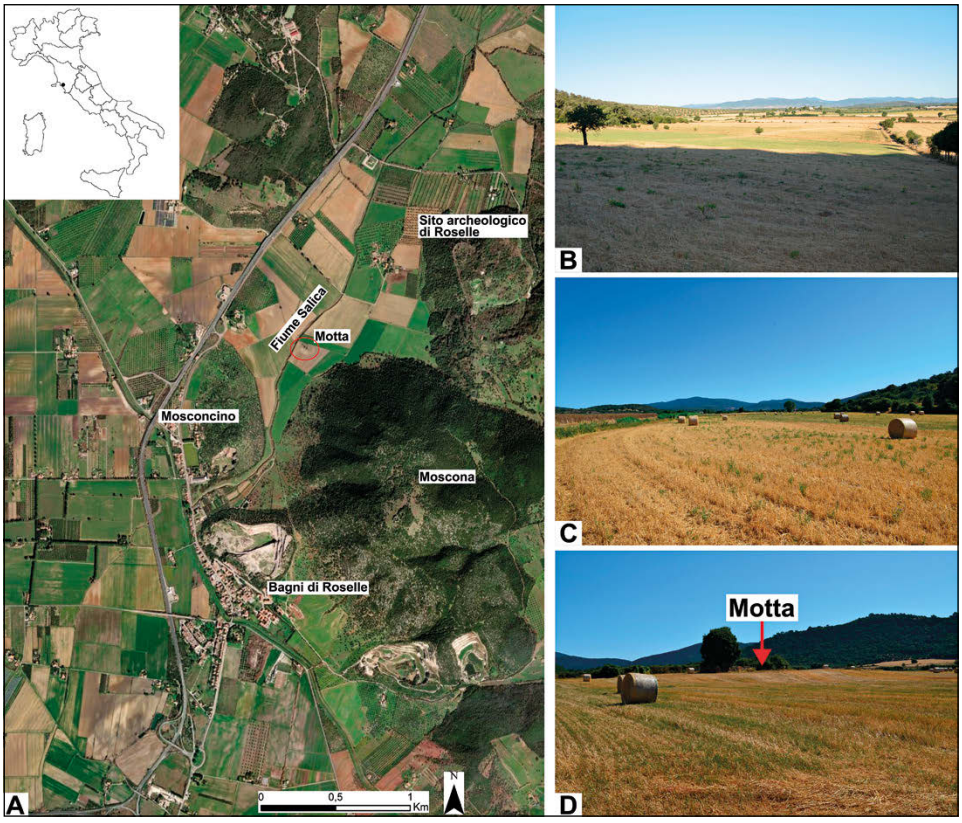


Fig. 2 – A) Area d'indagine con collocazione della motta (cerchio rosso); B) visuale al tetto del conoide della piana del fiume Salica; C) visuale a terra della piana del fiume Salica; D) visuale della motta (freccia rossa), si noti come il sito sia in posizione rialzata rispetto alla topografia circostante.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area circostante *Rusellae* è formata prevalentemente da sedimenti alluvionali deposti nel tratto distale della piana del fiume Salica (Innocenti, Pranzini 1993; Bellotti *et al.* 2004, Fig. 2B, C). Questi depositi sono costituiti principalmente da sabbie, limi e ghiaie, con alternanze di livelli argillosi che riflettono fasi di variazione ambientale e climatica nel Quaternario. La posizione elevata dell'insediamento archeologico è favorita inoltre dalle risorse idrauliche circostanti, elemento cruciale per l'antico insediamento, essendo in vicinanza a sistemi di drenaggio naturale, come il fiume Salica stesso, e di sorgenti naturali, poste in prossimità di contatti tra terreni permeabili (come conoidi alluvionali e depositi fluviali) e substrati a permeabilità più ridotta, e da basso rischio idrogeologico.

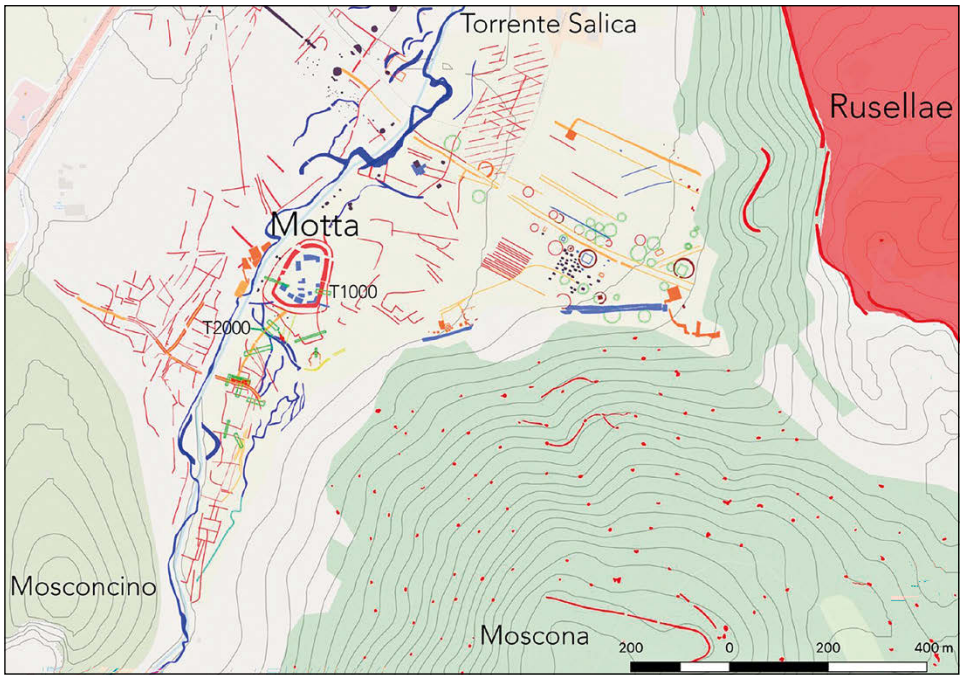


Fig. 3 – Area di indagine con indicazione dei Test di scavo 1000 e 2000, la collocazione della motta medievale al centro della pianura tra le colline di Moscona e Mosconcino.

2.2 *Contesto archeologico*

L'area in esame si colloca all'interno della piana del fiume Salica, a poche centinaia di metri ad O di *Rusellae* (Figg. 2A, 3). In questa zona le misure magnetiche e la fotografia aerea mostrano un insieme di anomalie che possono essere interpretate come elementi di un complesso paesaggio stratificato e diacronico: divisioni agrarie, viabilità, recinti, strutture insediative e produttive, elementi geomorfologici, etc. All'interno di questo groviglio di tracce si trova, quasi tangente al corso del fiume Salica, un doppio recinto concentrico di forma approssimativamente ellittica che circonda una motta (rappresentato in rosso in Figg. 2A, 3).

Il recinto è stato identificato per la prima volta nei dati magnetici e successivamente confermato attraverso un'intensa campagna di rilevamento sul campo. All'interno dell'area centrale che ha una superficie di 0,8 ettari sono state identificate dense presenze di materiali ceramici e lapidei che trovano una buona coincidenza con le anomalie magnetiche; dimensioni e forme delle anomalie hanno da subito suggerito la loro interpretazione come edifici. Un'anomalia più grande in direzione E-O nella parte settentrionale dell'interno

potrebbe rappresentare un edificio di culto cristiano. L'osservazione sul campo e la raccolta di reperti sono state fondamentali per identificare le caratteristiche chiave della motta, inclusi un significativo cambiamento interno di elevazione (fino a 1,5 m) in stretta relazione con i dati magnetici così come la distribuzione di manufatti. Di fatto, la motta occupa un piccolo alto morfologico naturale, che molto probabilmente è stato accentuato in modo artificiale in seguito allo scavo dei fossati e alla realizzazione dell'insediamento (Fig. 2D). L'analisi dei materiali raccolti ha mostrato un modello distinto di intensa attività umana, con cronologia che copre principalmente il periodo che va dalla prima metà del X secolo alla prima metà del XII sec. d.C.

2.3 *Contesto floristico e vegetazionale*

L'area sulla quale insiste il sito di Roselle è inserita nella Maremma grossetana su rilievi collinari (circa 150-200 m s.l.m.) che dominano la piana alluvionale dell'Ombrone. Il contesto bioclimatico è termo-/meso-mediterraneo, cioè con stagionalità spinta (estati calde e secche, inverni miti). Tipicamente, sono diffuse formazioni sempreverdi a sclerofille mediterranee (Arrigoni *et al.* 1990; Bonari *et al.* 2018). Le associazioni naturali sono costituite da leccete mesofile e termofile (alleanza *Quercion ilicis*), con dominanza di *Quercus ilex* L. e presenza di *Phillyrea latifolia* L., *Arbutus unedo* L., *Erica arborea* L., *Pistacia lentiscus* L., *Viburnum tinus* L., accompagnate sui versanti più aridi da macchie basse a cisti, rosmarino e lavanda (*Cistus monspeliensis* L., *C. salvifolius* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Helichrysum italicum* (Roth) G.Don). Sui dossi e sulle colline retrostanti, la vegetazione forestale naturale si inserisce nel quadro più generale descritto per i boschi e le macchie della Toscana tirrenica, dove le serie climatofile a leccio si alternano localmente con boschi misti di querce caducifoglie (ad es. *Quercus cerris* L., *Q. pubescens* Willd.) sui substrati più interni e leggermente più freschi (Arrigoni 2017).

La copertura forestale attuale è il risultato di una lunga storia di sfruttamento agro-silvo-pastorale e di bonifiche che hanno trasformato l'antico paesaggio di leccete e paludi costiere in una piana agricola intensamente coltivata. Intorno all'area archeologica prevale oggi un mosaico di coltivi ad erbacee, oliveti e vigneti intervallati da siepi e filari arbustivi (*Rubus ulmifolius* Schott, *Prunus spinosa* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Ulmus minor* Mill.), lembi di macchia mediterranea e piccoli rimboschimenti. I versanti collinari meno accessibili ospitano frammenti di lecceta e macchia alta a *Q. ilex* L., *A. unedo*, *P. latifolia*, *P. lentiscus*, *E. arborea*, con ricco sottobosco di liane e di geofite mediterranee (Arrigoni *et al.* 1990).

3. Materiali e metodi

Lo studio ha previsto l'analisi stratigrafica, di *facies* sedimentarie e lo studio palinologico di due sondaggi stratigrafici aperti durante la campagna

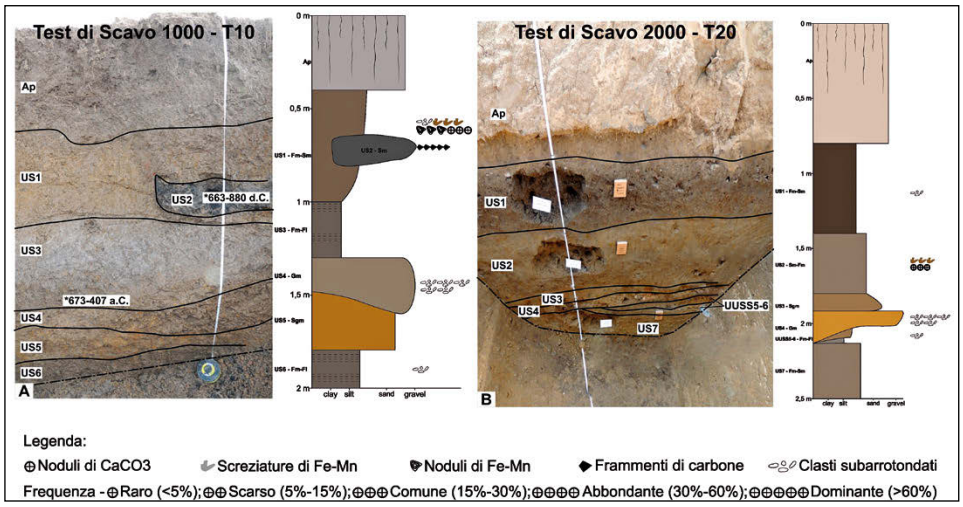


Fig. 4 – A) Stratigrafie del Test di scavo 1000-T10 (A = 42.82458°N, 11.14596°E WGS84 EPSG:4326) e B) del Test di scavo 2000-T20 (B = 42.82405°N, 11.14448°N WGS84 EPSG:4326), scelte per le analisi polliniche, poste a circa 100 m di distanza tra loro.

di scavo 2017. I sondaggi o test di scavo sono localizzati in località Vigna Nuova, denominati Test di scavo 1000 (T10) e Test di scavo 2000 (T20), localizzati approssimativamente a 100 m di distanza l'uno dall'altro (Fig. 4).

3.1 *Analisi stratigrafica e* facies *sedimentarie*

La descrizione sedimentologica è stata condotta attraverso un'analisi di *facies* prendendo in esame caratteristiche quali la granulometria, la morfologia e l'origine dei clasti, la geometria interna delle unità sedimentarie e il fabric sedimentario. Le *facies* identificate sono state organizzate in associazioni di *facies* rappresentative di specifici ambienti deposizionali. Successivamente, l'analisi combinata degli elementi architetturali e delle superfici di discontinuità ha permesso di ricostruire gli stili deposizionali e le dinamiche responsabili della configurazione del paesaggio fisico.

3.2 *Analisi pollinica*

Il campionamento pollinico eseguito nei due Test di scavo ha previsto la raccolta in sezione verticale dei seguenti campioni:

– T10 sez. Sud (10 campioni, da 40 a 178 cm; UUSS 1-6);
– T20 (9 campioni, da 80 a 240 cm; UUSS 1-7).

I campioni sono stati sottoposti al trattamento di estrazione pollinica. Dopo la pesatura di ca. 2-3 g, ad ogni campione è stata aggiunta una pastiglia

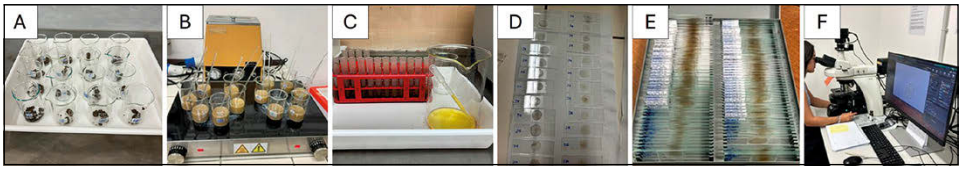


Fig. 5 – Preparazione dei campioni pollinici in laboratorio: A) pesatura e aggiunta di spore di *Lycopodium*; B) bollitura su piastra elettrica durante l'estrazione del polline dai sedimenti; C) fase di arricchimento mediante liquido pesante; D) allestimento vetrini; E) scatola pronta per la conservazione in Palinoteca; F) letture al microscopio ottico e analizzatore d'immagine.

di spore di *Lycopodium* per il calcolo della concentrazione pollinica e degli NPP (espresse in p/g e npp/g = granuli pollinici o NPP per grammo). Il trattamento ha quindi previsto le seguenti fasi (Florenzano *et al.* 2012, Fig. 5): deflocculazione con tetrasodio pirofosfato idrato, setacciatura con filtro di nylon, dissoluzione dei carbonati con HCl 10%, arricchimento mediante liquido pesante (sodio metatungstato idrato). Quest'ultima fase consente di concentrare il polline anche in presenza di scarsa sostanza organica (ad es., depositi esposti a ossidazione) ed è, dunque, particolarmente adatto per lo studio di sedimenti archeologici. I residui sono stati poi sottoposti a disidratazione in acido acetico, acetolisi (anidride acetica + acido solforico; Erdtman 1960), dissoluzione dei silicati con HF 40%, passaggi in alcool e inclusione in alcool-glicerina (soluzione 1:1). I residui, raccolti in eppendorf, sono stati seccati in stufa a ca. 50 °C e successivamente montati in vetrini permanenti, ora conservati nella Palinoteca del LPP (Laboratorio di Palinologia e Paleobotanica) di Modena.

Le analisi polliniche sono state condotte prevalentemente con ingrandimenti di 400x e 600x. Le determinazioni polliniche sono state eseguite con utilizzo di chiavi dicotomiche e atlanti fotografici (Moore *et al.* 1991; Reille 1992, 1998), mentre per l'identificazione degli NPP sono stati utilizzati atlanti e pubblicazioni scientifiche sull'argomento (ad es., van Geel 2001; Mudie *et al.* 2010). La Somma Pollinica (SP) è il totale dei granuli sul quale sono calcolate le percentuali di tutti i taxa pollinici identificati. I granuli pollinici non determinati sono stati inclusi nella SP, mentre le percentuali degli NPP e delle spore di felci sono state calcolate su SP + se stessi. L'interpretazione degli spettri pollinici si è basata su due principali tipi di evidenze: 1) la presenza di polline proveniente da specie o generi con valore di bioindicatore (ecologico, di uso, etc.); 2) l'associazione tra taxa pollinici riconducibili a specifici contesti vegetazionali o ecologici (ad es., igro-idrofite per ambienti acquatici, legnose arboree per i boschi; Faegri, Iversen 1989). I diagrammi pollinici, elaborati includendo le curve percentuali dei singoli tipi pollinici, sono stati realizzati con Tilia v. 3.0.1 (Grimm 2004).

4. Risultati

I risultati delle analisi condotte nel sito di Roselle-Salica sono presentati nel loro complesso, con riferimento ai tratti principali emersi dai 19 campioni pollinici studiati. Di seguito, i dati peculiari delle serie T10 e T20 saranno illustrati separatamente, mentre gli elementi comuni utili a delineare il paleoambiente del sito saranno oggetto della discussione nel capitolo successivo.

4.1 *Analisi stratigrafica e* facies *sedimentarie*

4.1.1 Test di scavo 1000

Il Test di scavo 1000 è lungo approssimativamente 2 m e profondo 2 m. Di seguito si riporta la descrizione stratigrafica, escluso l'orizzonte agricolo moderno (Ap), dall'alto verso il basso (Fig. 4A):

US1 – Spessore massimo di ca. 60 cm. Silt argillosi (Fm) e sabbie massive (Sm), di colore bruno-giallastro. All'interno della matrice si osservano occasionali clasti sub-arrotondati, comuni screziature bruno-rossastre di ossidi di Fe-Mn e noduli o impregnazioni di $CaCO_3$ secondario.
US2 – Spessore massimo di ca. 20 cm. Lente formata principalmente da un asse di legno carbonizzato associato a sedimento sabbioso siltoso massivo (Sm), di colore grigio-bruno-giallastro. La cronologia radiocarbonica ottenuta colloca questa US a 663-880 d.C.
US3 – Spessore massimo di ca. 30 cm. Silt argillosi massivi (Fm) localmente debolmente laminati (Fl) di colore bruno-grigiastro chiaro. La cronologia radiocarbonica ottenuta alla base della US, colloca l'inizio della sua deposizione a 673-407 a.C.
US4 – Spessore massimo di ca. 30 cm. Lenti ghiaiose a supporto clastico massive (Gm), moderatamente selezionate, con matrice siltoso-sabbiosa di colore bruno-chiaro che riempie gli interstizi tra i clasti. I ciottoli, prevalentemente arrotondati o subarrotondati, sono distribuiti in accumuli discontinui.
US5 – Spessore massimo di ca. 30 cm. Sabbia medio-grossolana massiva (Sgm) con scarso silt, di colore bruno chiaro.
US6 – Spessore massimo di ca. 20 cm. Silt argillosi massivi (Fm) o debolmente laminati (Fl), di colore grigio scuro, con sporadici ciottoli sub-arrotondati.

4.1.2 Test di scavo 2000

Il Test di scavo 2000 è lungo approssimativamente 2,4 m, per una profondità di 2,5 m. Di seguito si riporta la descrizione stratigrafica, escluso l'orizzonte agricolo moderno (Ap), dall'alto verso il basso (Fig. 4B):

US1 – Spessore massimo di ca. 50 cm. Silt argillosi (Fm) e sabbie massive (Sm), di colore grigio chiaro con occasionali clasti sub-arrotondati.

US2 – Spessore massimo di ca. 30 cm. Sabbie con silt massivi (Sm-Fm), di colore bruno chiaro. Sono presenti comuni screziature bruno-rossastre di ossidi di Fe-Mn e noduli o impregnazioni di $CaCO_3$ secondario.
US3 – Spessore massimo di ca. 10 cm. Sabbia medio grossolana massiva (Sgm), con scarso silt, di colore bruno chiaro.
US4 – Spessore massimo di ca. 20 cm. Lenti ghiaiose a supporto clastico massive (Gm), moderatamente selezionate, con matrice siltoso-sabbiosa di colore bruno-chiaro che riempie gli interstizi tra i clasti. I ciottoli, prevalentemente arrotondati o sub-arrotondati, sono distribuiti in accumuli discontinui.
UUSS5-6 – Spessore massimo di ca. 10 cm. Silt argillosi massivi (Fm) o debolmente laminati (Fl), di colore grigio scuro, con sporadici ciottoli sub-arrotondati.
US7 – Spessore massimo di ca. 30 cm. Silt argillosi (Fm) e sabbie massive (Sm), di colore bruno-grigiastro.

4.2 *Analisi palinologica: dati generali*

Gli spettri pollinici ottenuti dalle due serie presentano tratti comuni che costituiscono l'immagine pollinica complessiva dell'area di studio.

4.2.1 Conservazione

I depositi analizzati nel sito di Roselle-Salica si sono rivelati scarsamente conservativi per i granuli pollinici, che spesso sono stati osservati in uno stato di conservazione mediocre, con grado più o meno spinto di assottigliamento dell'esina e frammentazione dei granuli. Due campioni della serie T10 sono risultati completamente sterili dal punto di vista pollinico. Ciononostante, alcuni dati consentono di escludere che negli altri campioni sia avvenuto un deterioramento selettivo tale da compromettere la rappresentatività dei risultati. In particolare, la percentuale di Cichorieae – polline fenestrato e generalmente sovrarappresentato in depositi calcarei (Dimbleby 1985) – risulta mediamente <20% in entrambe le serie; il polline non identificabile mostra anche esso valori relativamente bassi, <4%, sufficienti a consentire l'elaborazione dei dati; infine, il numero di taxa identificati, sempre >20, rivela una buona variabilità pollinica che ha permesso la redazione di spettri pollinici utili alla ricostruzione paleoambientale.

4.2.2 Concentrazioni e conte polliniche

La bassa conservazione del polline nelle due serie studiate trova riscontro in valori assai bassi di concentrazioni nei 17 campioni che contengono polline: infatti, sono stati registrati due campioni <1000 p/g, undici campioni tra 1000 e 3000 p/g, tre campioni tra 3000 e 5000 p/g, e solo un campione con ca. 7600 p/g (T10-P8). Nonostante il ridotto contenuto pollinico, è stato comunque possibile raggiungere una conta minima di 200 granuli per campione, con la sola eccezione del campione T10-P3.

4.2.3 Palino-diversità

Nonostante le difficoltà analitiche legate al basso stato di conservazione e scarsa concentrazione, la diversità floristica nei campioni analizzati è risultata assai significativa, con almeno 30 taxa pollinici nella maggioranza dei campioni (min. 22 taxa in T20-P1; max 46 taxa in T10-P4) e i taxa legnosi che costituiscono poco più di 1/3 del totale in entrambe le serie.

4.2.4 Tasso di forestazione e composizione dei boschi

Il rapporto tra Legnose (dall'inglese AP, Arboreal Pollen) ed Erbacee (dall'inglese NAP, Non-Arboreal Pollen) è fortemente influenzato dalla alta incidenza di arbusteti a prevalenza di Ericaceae, che rappresentano rispettivamente tra il 25% e il 50% degli spettri pollinici in T10 e T20. Escludendo questa componente, il polline delle specie arboree ha valori medi di 13-14% nelle due serie, con la presenza di elementi tipici di boschi mediterranei (tipo *Quercus ilex* e *Cistus* sono i più diffusi) e di querceti misti (*Quercus* decidue, *Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Ulmus*). I boschi igrofili sono presenti in tracce (< 1%), rappresentati principalmente da *Alnus* e *Populus*, mentre *Salix* è presente solo in T20.

4.2.5 Aree umide

Gli ambienti umidi sono per lo più rappresentati da polline di specie erbacee; tra queste, sono comuni *Lemna* (la lenticchia d'acqua, pianta galleggiante) e Cyperaceae (che includono specie limno-telmatofite o piante di prati umidi). La diversità e l'incidenza delle piante acquatiche sono sensibilmente maggiori in T10, dove si registrano 7 taxa che incidono per un totale del 10% negli spettri pollinici, mentre in T20 sono presenti 4 taxa con un'incidenza del 4%.

4.2.6 Legnose coltivate/coltivabili

Le piante legnose di interesse alimentare e potenzialmente coltivate sono presenti, anche se con basse percentuali (1-2%). La varietà risulta comunque discreta in entrambe le serie. Da segnalare sono i reperti di *Vitis vinifera* e *Corylus avellana*, oltre quelli degli alberi coltivati OJC (*Olea-Juglans-Castanea*), contemporaneamente presenti in T20. In entrambe le serie sono presenti tracce di arbusti e alberi entomofili, per definizione poco rappresentati negli spettri pollinici, quali *Cornus mas* e *Prunus*, mentre altre Rosaceae sono documentate in T20.

4.2.7 Coltivazioni erbacee e pascoli

Tra le coltivazioni erbacee, i cereali sono generalmente i più indicativi di attività agricole in loco, perché le specie domestiche hanno una bassa produttività pollinica e quindi il polline è più abbondante in stretta vicinanza della sua sorgente. In questo studio, tuttavia, i cereali compaiono solo in tracce – *Avena/Triticum* gruppo e *Hordeum* gruppo in entrambe le serie (0,3%), e *Panicum* in T20 – con valori così bassi da portare ad escludere la

presenza di campi coltivati nelle immediate vicinanze. Più alti sono i valori delle leguminose foraggere, quali tipo *Trifolium pratense* e tipo *Onobrychis* (0,5%) in T10, e tipo *Trifolium repens* oltre a tipo *T. pratense* (0,3%) in T20: trattandosi anche in questo caso di specie entomofile e poco rappresentate, questi valori sono rappresentativi di una crescita locale.

4.2.8 Altri indicatori antropogenici

A questa categoria di indicatori ambientali appartengono le piante che, per le loro caratteristiche ecologiche, tendono a svilupparsi spontaneamente in prossimità degli insediamenti e delle attività umane. Tra gli indicatori di disturbo antropico emergono diversi taxa caratteristici di ambienti ruderali, aree di calpestio e zone soggette a pascolo. Nei campioni, i granuli pollinici più frequenti appartenenti a questa categoria sono Cichorieae, *Urtica* (con valori che superano il 5% in T10), *Plantago* e *Centaurea*; *Artemisia* è presente esclusivamente in T20. *Centaurea* e *Artemisia* compaiono tipicamente in contesti disturbati, mentre le Cichorieae risultano comuni in superfici aperte e pascolate. *Plantago*, ricorrente in entrambi i profili, rappresenta un elemento tipico degli habitat antropogenici e delle aree battute, dove compare spesso associato a *Urtica*, la quale è favorita da substrati arricchiti in composti azotati. L'insieme delle sinantropiche e delle infestanti ricorrenti comprende anche tipo *Alchemilla*, *Cirsium*, tipo *Convolvulus arvensis*, tipo *Galium*, tipo *Polygonum aviculare* e *Rumex*, che compaiono con presenza più sporadica rispetto ai principali indicatori di disturbo.

4.2.9 Palinomorfi non pollinici

Le analisi hanno permesso di identificare eterocisti di *Rivularia* tra gli NPP ricorrenti negli spettri. Questo cianobatterio mostra oscillazioni nella sua presenza, con valori alti in T10 (P3, P6 e nel campione prelevato a 143 cm risultato privo di polline) e in T20 (P2, P3, P4, P6 e P9). In particolare, in T20 si osservano picchi > 20% alternati a valori < 3%.

Campioni pollinici	US	Prof. (cm)	Conc. (p/g)	Somma Pollinica	Palino-diversità
T10-P1	US1	40	4049	223	37
T10-P2		55	1088	200	33
T10-P3	US2	70	1930	150	29
T10-P4	US3	100	1497	216	46
T10-P5		125	1088	201	33
T10-P6		130	562	205	30
T10-P7	US5	162	2192	209	36
T10-P8	US6	178	7662	206	34

Tab. 1 – Test di scavo 1000 - T10: Concentrazione (p/g = granuli pollinici/grammo), Somma Pollinica (totale di granuli pollinici contati) e Palino-diversità (numero di taxa pollinici) in ogni campione.

4.3 *Analisi palinologica: il Test di scavo 1000-T10*

Otto dei dieci campioni prelevati in questo sondaggio (Tab. 1), provenienti da 5 UUSS, sono risultati polliniferi. Le concentrazioni polliniche mostrano un valore medio di ca. 2400 p/g, con un intervallo compreso tra ca. 600 e ca. 7600 p/g.

4.3.1 Palino-diversità

La diversità pollinica emersa dalle analisi ha consentito di stilare una lista floristica di 93 taxa (famiglie, generi, specie, tipi), con una variabilità per campione compresa tra 29 (T10-P3) e 46 (T10-P4) taxa pollinici. Tali valori indicano che l'area era caratterizzata da una buona diversità vegetale. I taxa prevalenti sono *Erica* (14,4% in media; max 25,4% in T10-P6), *Calluna* (9,2%; max 23,9% in T10-P6) e *Quercus* decidue (6%) tra le legnose; Cichorieae (18,7%; max 40,5% in T10-P2), gruppo Poaceae spontanee (10,2%), Cyperaceae (7,8%), tipo *Urtica dioica* (2,2%), *Geranium* (2,1%) e tipo *Aster* (1,9%) tra le erbacee.

4.3.2 Tasso di forestazione (copertura AP/NAP, percentuale media: 37/63, Fig. 6)

Questo rapporto rappresenta la copertura forestale nel punto di campionamento; il rapporto è influenzato dalla sovra-rappresentazione di Ericaceae (23,6%). Senza tale apporto, l'incidenza delle Legnose (AP) è mediamente del 13,3%, con valori più alti (19-20%) nei campioni T10-P7 e P8, indicativa di un paesaggio aperto con boscaglia rada.

4.3.3 Associazioni vegetazionali e ambienti (Fig. 7)

I principali elementi vegetazionali identificati delineano un paesaggio composito e aperto, con una significativa incidenza di attività antropiche che deve aver contribuito alla frammentazione del paesaggio:

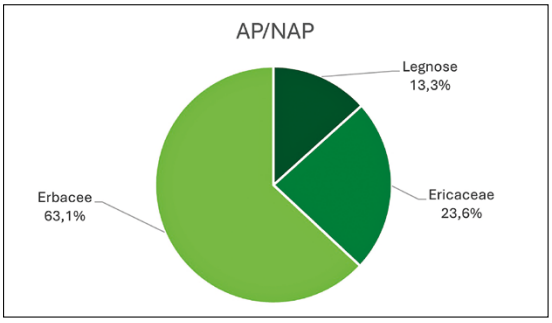


Fig. 6 – Incidenza AP (Legnose + Ericaceae) / NAP (Erbacee), valori medi da T10. AP: dall'inglese Arboreal Pollen; NAP: dall'inglese Non-Arboreal Pollen.

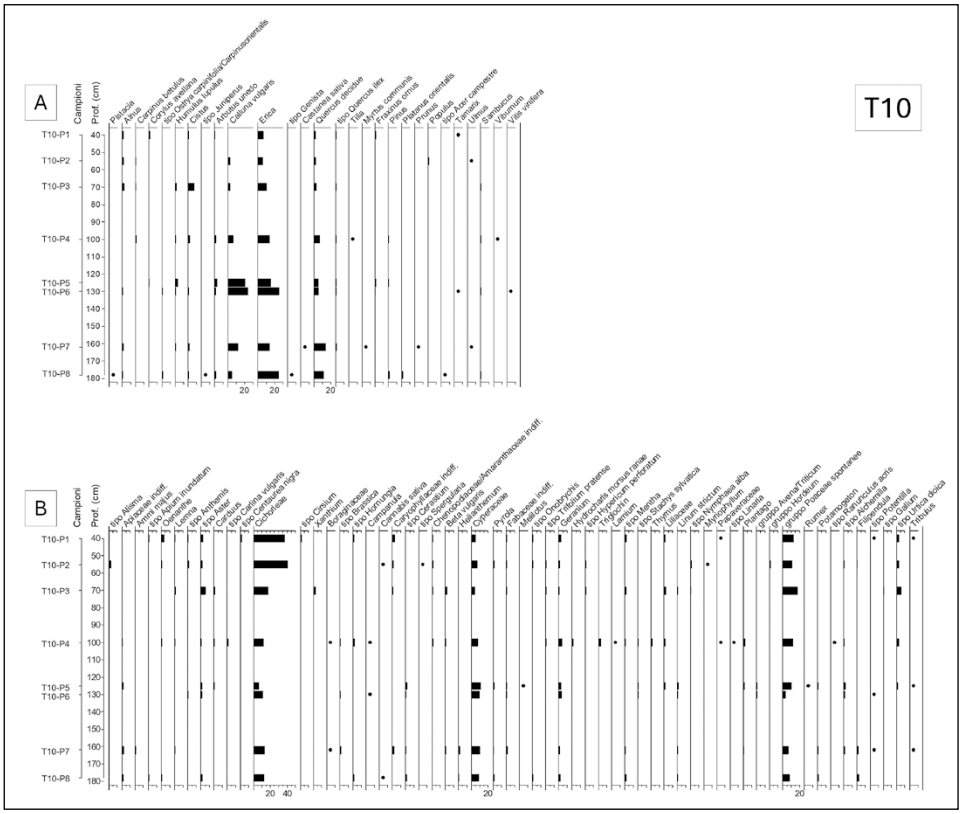


Fig. 7 – Roselle-Salica, Test di scavo 1000 (T10): diagrammi pollinici percentuali degli 8 campioni studiati (A: piante arboree, arbustive e liane; B: piante erbacee). Sono mostrati solo i taxa con percentuali ≥ 0,5% (il pallino nero è il simbolo di presenza che corrisponde al valore soglia di 0,5%). Per consentire la visualizzazione delle curve sono stati sommati alcuni taxa pollinici: Boraginaceae include *Cynoglossum* e *Anchusa*, Liliaceae include tipo *Allium* tipo e Liliaceae indiff., Papaveraceae include *Fumaria* e *Papaver*, *Plantago* include *P. lanceolata* e *P.* indiff.

– Querceto misto (6,9%): oltre alle querce, forse *Quercus pubescens* (roverella), include *Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Ostrya carpinifolia*, *Tilia*, *Ulmus*.
– Bosco e macchia mediterranea (3%): con *Quercus ilex* e altre legnose (*Pistacia*, *Cistus*, *Arbutus unedo*, *Myrtus communis*).
– Ericeti (23,6%) con specie diverse di Ericaceae, soprattutto appartenenti ai generi *Erica* e *Calluna*.
– Ambienti umidi (10,1%): costituiti da Cyperaceae (7,8%) quali limnotelmatofite, e *Potamogeton*, *Myriophyllum* e tipo *Nymphaea alba* quali acquatiche radicanti indicatrici, assieme a *Lemna*.

– Ambienti antropici rappresentati principalmente dai taxa pollinici del gruppo API (4,9%, escluse Cichorieae; Mercuri *et al.* 2013a): dominanza di *Urtica* che risulta abbondante in tutti i campioni (2,2% mediamente).

4.4 *Analisi palinologica: il Test di scavo 2000-T20*

I nove campioni di questo sondaggio (Tab. 2), provenienti da 5 UUSS, sono risultati tutti polliniferi. Le concentrazioni polliniche hanno mostrato un valore medio di ca. 2300 p/g, con un intervallo compreso tra ca. 600 e ca. 4000 p/g, risultando pienamente coerente con quanto già riscontrato in T10.

4.4.1 Palino-diversità

La diversità pollinica è risultata complessivamente composta da 79 taxa pollinici, con valori per campione che variano tra 22 (T20-P1) e 33 (T20-P9) taxa. Questi dati risultano inferiori a quanto registrato in T10, probabilmente perché in questi spettri la presenza di alcune specie dominanti ha mascherato una maggiore diversità vegetale tipica delle regioni mediterranee. Tra i taxa prevalenti, infatti, emerge il polline di *Erica* (44,5% in media; max 58,1% in T20-P3) e di specie di *Quercus* decidue (9,3%) tra le legnose; tra le erbacee, sono dominanti Cichorieae (14,1%), gruppo Poaceae spontanee (5,7%), Cyperaceae (3,1%) e *Geranium* (2,2%).

4.4.2 Tasso di forestazione (copertura AP/NAP, percentuale media: 61/39; Fig. 8)

Questo rapporto risulta invertito rispetto a quanto registrato in T10, ma questo è sostanzialmente determinato dalla maggiore sovra-rappresentazione di *Erica*, che con varie specie raggiunge in media il 44,5%, più del doppio rispetto a T10. Escludendo l'incidenza di questo arbusto, la copertura legnosa (AP) diviene pari al 14% in media (max 19% in T20-P6), incidenza simile a quanto registrato in T10 e indicatrice di uno stesso paesaggio aperto con boscaglia rada.

Campioni pollinici	US	Prof. (cm)	Conc. (p/g)	Somma Pollinica	Palino-diversità
T20-P1	US1	80	4607	214	22
T20-P2		100	2730	204	28
T20-P3		120	1228	272	32
T20-P4		140	1949	412	28
T20-P5	US2	160	1606	227	28
T20-P6		180	603	205	24
T20-P7	US4	200	3662	298	28
T20-P8	US7	220	2372	230	29
T20-P9		240	1928	205	33

Tab. 2 – Test di scavo 2000 - T20: Concentrazione (p/g = granuli pollinici/grammo), Somma Pollinica (totale di granuli pollinici contati) e Palino-diversità (numero di taxa pollinici) in ogni campione.

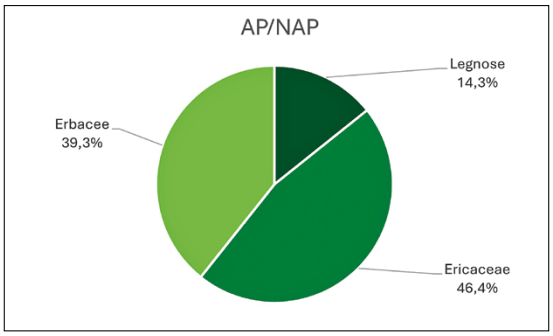


Fig. 8 – Incidenza AP (Legnose + Ericaceae) / NAP (Erbacee), valori medi da T20. AP: dall'inglese Arboreal Pollen; NAP: dall'inglese Non-Arboreal Pollen.

4.4.3 Associazioni vegetazionali e ambienti (Fig. 9)

I principali elementi vegetazionali identificati in T20 rispecchiano le associazioni già individuate in T10, relative a un paesaggio aperto con diverse componenti e una significativa incidenza delle attività antropiche:

– Querceto misto (9,6%): composizione arborea simile a T10, ma mancano le tracce di *Ostrya carpinifolia* e *Tilia*.
– Bosco e macchia mediterranea (2,3%): ancora rappresentati da *Quercus ilex* e *Cistus*, ai quali si aggiungono *Olea europaea* e *Phillyrea*.
– Ericeti (46,4%): costituiti prevalentemente da varie specie di *Erica*.
– Ambienti umidi (4,0%): costituiti ancora da Cyperaceae (3,1%) con tipo *Sparganium emersum* e tipo *Typha latifolia* (0,3%) quali limno-telmatofite, e piante acquatiche rappresentate unicamente dalla flottante *Lemna* (solo in T20-P8 con 0,4%).
– Ambienti antropici rappresentati principalmente dai taxa pollinici del gruppo API (1,4%, escluse Cichorieae; Mercuri *et al.* 2013a).

5. Discussione

Nonostante la particolare tipologia dei campioni pollinici esaminati in questo sito, gli spettri hanno restituito informazioni inedite sia sul paesaggio sia su alcune attività economiche e aspetti della vita quotidiana a Roselle. Le analisi polliniche delle due brevi serie di Roselle-Salica hanno evidenziato differenze interpretabili in senso vegetazionale-ecologico, da un lato, come variazioni riferibili a un livello locale di micro-scala, e, dall'altro, come caratteristiche comuni riconducibili alle linee principali del paesaggio attorno al sito, un ambiente collinare a bassa quota a livello di meso-scala.

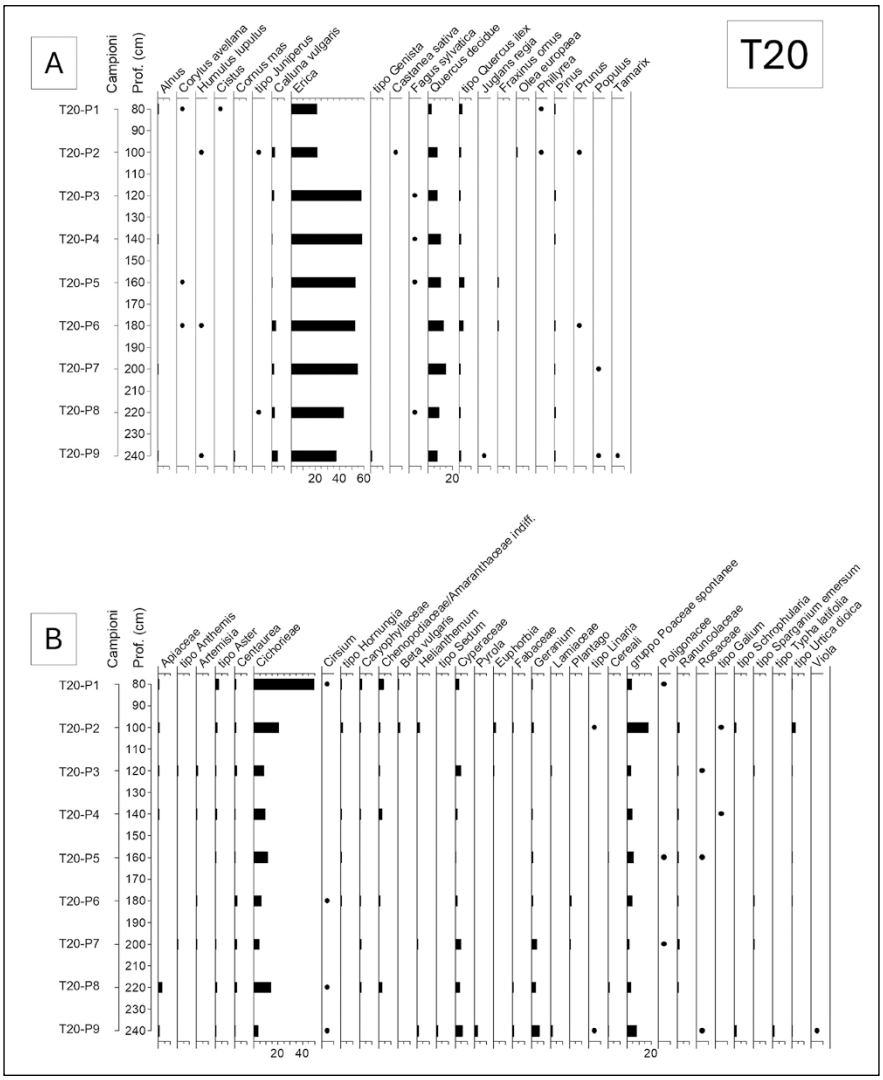


Fig. 9 – Roselle-Salica, Test di scavo 2000 (T20): diagrammi pollinici percentuali ottenuti dai 9 campioni studiati (A: piante arboree, arbustive e liane; B: piante erbacee). Sono mostrati solo i taxa con percentuali ≥ 0,5% (il punto nero è il simbolo di presenza che corrisponde al valore soglia di 0,5%). Per consentire la visualizzazione delle curve sono stati sommati alcuni taxa pollinici: Apiaceae include tipo *Apium inundatum* e Apiaceae indiff., *Centaurea* include tipo *C. nigra* e tipo *C. jacea*, Caryophyllaceae include tipo *Cerastium*, *Herniaria* e Caryophyllaceae indiff., Fabaceae include tipo *Trifolium pratense*, tipo *T. repens* e Fabaceae indiff., Lamiaceae include tipo *Mentha* tipo e tipo *Stachys sylvatica* tipo, Cereali include gruppo *Avena/Triticum*, gruppo *Hordeum* e *Panicum*, Polygonaceae include tipo *Polygonum aviculare* e *Rumex*, Ranuncolaceae include tipo *Ranunculus acris* e tipo *Thalictrum flavum*, Rosaceae include tipo *Alchemilla* e tipo *Potentilla*.

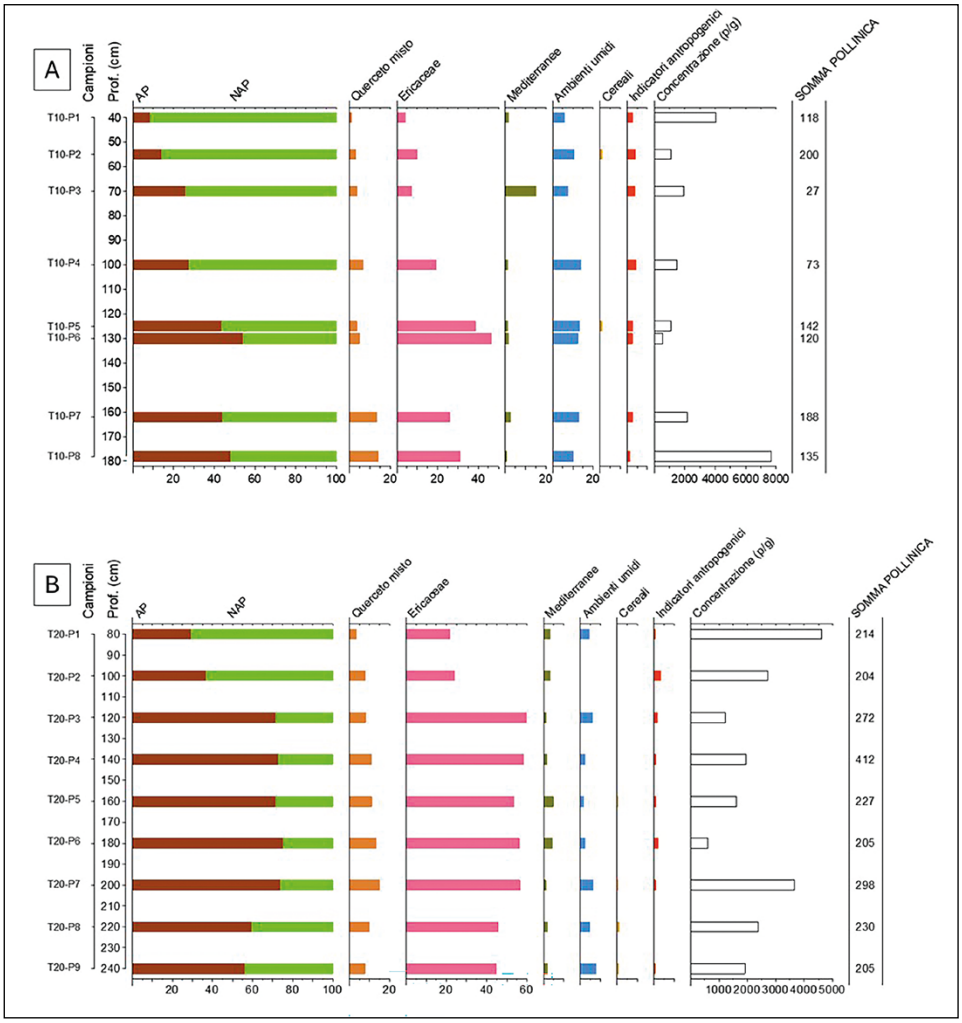


Fig. 10 – Roselle T10 (A) e T20 (B): tratti generali con dati rappresentati come sommatorie (AP: dall'inglese Arboreal Pollen, NAP: dall'inglese Non-Arboreal Pollen, querceto misto, Ericaceae, mediterranee, ambienti umidi, cereali e indicatori antropogenici), concentrazione (p/g) e Somma Pollinica.

Gli assemblaggi pollinici mostrano una forte componente di piante erbacee e arbustive, con dominanza di Ericaceae tipiche di substrati acidi, una distribuzione relativamente equilibrata tra i taxa principali e una bassa incidenza degli alberi. Ad esempio, le querce (*Quercus* decidue), che sono anemofile e quindi sono note per produrre moltissimo polline, raggiungono negli spettri

solo 6-9% in media, suggerendo un paesaggio aperto che per questo aspetto rimane relativamente stabile durante le fasi cronologiche esaminate.

I diagrammi pollinici percentuali delle due serie, rappresentati in Fig. 10, mostrano i tratti generali dei campioni con i dati aggregati in sommatorie dei principali gruppi pollinici (AP, NAP, querceto misto, Ericaceae, macchia mediterranea, ambienti umidi, cereali e indicatori antropogenici), evidenziando sia le differenze locali tra T10 e T20 sia le caratteristiche comuni del paesaggio attorno al sito. La biodiversità vegetale che emerge da queste analisi polliniche, inoltre, porta a compilare una lista floristica che ammonta a ca.120 taxa complessivi.

I paragrafi successivi si concentrano in particolare sulle Ericaceae che caratterizzano questi spettri, sulle piante di ambienti umidi utili a evidenziare significative differenze tra i due sondaggi e sulla distribuzione delle colture.

5.1 *Ericaceae ed ericeti*

La rilevante presenza di granuli di Ericaceae in questi spettri, in particolare appartenenti al genere *Erica*, rende necessario un approfondimento sulle potenziali specie presenti nei contesti studiati. La morfologia pollinica osservata in T10 e T20 porta a ritenere che siano presenti più specie di *Erica*, con tetradi polliniche di dimensioni variabili da piccole a grandi, oltre a granuli appartenenti anche ai generi *Calluna* e *Arbutus* (Reille 1992, 1998). In Italia centrale le specie di *Erica* rappresentano elementi acidofili, spesso mediterranei-submediterranei, generalmente associati a substrati silicei. Si tratta di specie pioniere, capaci di colonizzare rapidamente aree disturbate (incendi, pascolo, tagli), contribuendo a rallentare i processi erosivi e a preparare il suolo per una futura ricolonizzazione forestale. Nei campioni analizzati non si osserva però alcun segnale chiaro di una dinamica di ripresa boschiva, anche se la percentuale di polline di erica mostra una flessione nei livelli più recenti di entrambe le serie (6% in T10-P1 e T10-P2; 22% in T20-P1 e T20-P2).

Dal punto di vista ecologico, è noto che *Erica arborea* L., *E. scoparia* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hull e *Arbutus unedo* L. crescono su suoli acidi o debolmente acidi, poveri di nutrienti e caratterizzati da ambienti ben drenati e aridi, quali macchie, garighe o versanti collinari degradati. La Maremma grossetana ospita attualmente *E. arborea*, *E. multiflora* L. (o *E. terminalis* Salisb.) ed *E. scoparia* sui versanti collinari acidi (da 50 a 400 m s.l.m.), mentre *E. cinerea* L. è caratteristica delle zone più acide (sabbie, graniti), ed *E. carnea* L. è relegata al Monte Amiata (Pignatti *et al.* 2017-2019). Anche considerando questi elementi, è verosimile che nel contesto studiato la specie localmente più abbondante fosse *E. arborea*, arbusto sempreverde a ecologia pirofita (Furia *et al.* 2024), ritenuto importante risorsa di legname di primaria importanza lungo la costa tirrenica toscana sin dal periodo etrusco.

Diversi studi archeobotanici e palinologici confermano infatti un impiego intensivo di *E. arborea* nelle attività metallurgiche, grazie all'elevato potere calorifico del suo legno. I dati pollinici di Val Petraia mostrano, ad esempio, che *Erica* – con ogni probabilità *E. arborea* – era dominante durante l'età etrusca, suggerendo la presenza estesa di macchie a erica nei distretti collinari circostanti (Sadori *et al.* 2010).

Tale dominanza potrebbe riflettere una condizione naturale, come ipotizzato da Reille (1992) per la Corsica, dove *E. arborea* può costituire lo stadio climax dei boschi acidofili; in alternativa, potrebbe derivare da pratiche di ceduazione a turni brevi in boschi precedentemente dominati da *Quercus*, che in quei contesti risulta essere il secondo taxon arboreo in ordine di importanza. In entrambi i casi, l'uso sistematico di *E. arborea* e la gestione del soprassuolo avrebbero contribuito a mantenere un paesaggio dominato da macchie a erica cedua, funzionali alle esigenze della metallurgia del ferro (Mariotti Lippi *et al.* 2000; Sadori *et al.* 2010; Clò *et al.* 2024). È probabile che in garighe e pascoli degradati su colline basse e pendii aridi, situati a pochi chilometri dal sito, fosse presente anche *E. scoparia*. Inoltre, *A. unedo*, verosimilmente comune in età etrusca, romana e medievale come oggi, doveva essere frequente in macchie e querceti misti degradati dell'area grossetana. *Calluna vulgaris*, infine, poteva trovare condizioni favorevoli nelle porzioni più acide e fresche delle colline (oggi rare, ma probabilmente più estese in passato).

Nella Toscana costiera, incluse la Maremma e le Colline Metallifere, l'associazione tra specie di *Erica*, *Arbutus* e *Cistus* caratterizza una macchia mediterranea acidofila tipica degli ambienti termo- e meso-mediterranei. Si sviluppa su substrati silicei o acidi, generalmente aridi e ben drenati, e può includere anche *Phillyrea angustifolia* L., *Myrtus communis* L. e *Pistacia lentiscus* L. (Viciani *et al.* 2011). Nell'Appennino centrale, Ericaceae (ad es., *Erica arborea* e *Calluna vulgaris*) e alcune specie di *Geranium*, anch'esso tra i reperti pollinici di questo sito, possono coesistere in differenti contesti fitosociologici. In alcuni casi, ciò avviene lungo margini forestali, radure e prati aridi, dove diverse specie di *Geranium* (ad es., *G. sanguineum*, *G. robertianum*, *G. nodosum*) possono trovarsi a contatto con arbusteti a *Erica e Calluna*. In altri casi, dove la co-occorrenza si verifica nel sottobosco di boschi igrofili che si sviluppano come strette fasce lungo i torrenti di una certa portata, ambienti in cui *Geranium* può comparire tra le specie erbacee caratteristiche (Prodromo della Vegetazione d'Italia, prodromo-vegetazione-italia.org+1; Bertacchi *et al.* 2005).

Nell'insieme, le informazioni ecologiche e fitosociologiche relative a *Erica*, *Calluna* e *Arbutus* delineano un quadro vegetazionale pienamente compatibile con il paesaggio ricostruito a partire dagli spettri pollinici. In entrambe le serie questi taxa dominano infatti le percentuali polliniche,

suggerendo che gli ericeti costituissero un elemento strutturale e stabile del territorio circostante, sebbene con differenze locali nella loro estensione e composizione. In T20, gli ericeti e la macchia mediterranea acidofila dovevano essere particolarmente sviluppati, coerentemente con condizioni più aride e con una maggiore esposizione dei versanti; in T10, gli stessi ambienti risultano comunque ben rappresentati, ma si inseriscono in un contesto più umido e articolato, con la presenza di specchi d'acqua e condizioni microclimatiche leggermente più fresche.

La diffusione di ericeti su suoli poveri e acidi può riflettere anche l'influenza di disturbi di origine antropica, quali pascolo o incendi ricorrenti (citati prima), che possono aver ostacolato la ricolonizzazione di querceti e boschi misti. A conferma della varietà degli ambienti presenti, la comparsa regolare di *Geranium* nei campioni indica fasce erbacee e microhabitat legati a margini forestali, radure o aree leggermente umide, coerenti con quanto osservato nelle attuali comunità vegetali dell'Italia centrale. Nel complesso, l'insieme dei dati suggerisce un paesaggio a mosaico, dinamico e strutturalmente aperto, nel quale ericeti, macchia mediterranea, lembi boschivi e piccole aree umide coesistevano *in loco* e si estendevano nell'area, a breve distanza, contribuendo alla diversità vegetale rilevata negli spettri pollinici.

5.2 *La distribuzione e la composizione floristica delle aree umide*

Di particolare interesse è la ricostruzione degli ambienti umidi che, pur presentando in entrambe le serie polliniche una componente significativa di piante erbacee tipiche di prati umidi – Cyperaceae – risultano distribuiti in modo sensibilmente diverso quando si confrontano gli spettri pollinici di T10 e T20. In T10, ubicata in prossimità di un'area depressa o comunque prossima a un punto di ristagno idrico (Fig. 3), è presente un contingente ben definito di piante acquatiche costituito da specie di *Hydrocharis*, *Potamogeton*, *Myriophyllum* e *Nymphaea*. Queste idrofite, assieme a *Lemna*, sono indicatori di acque dolci ferme, poco profonde ma non soggette a prosciugamento. Molte di queste specie sono radicanti sul fondo: *H. morsus-ranae* L. può vivere in acque poco profonde, lente (non più di 2 m/s; Efremov *et al.* 2023), calcaree, mesotrofiche o meso-eutrofiche, tipiche di stagni, canali e fossati (Blasi *et al.* 2023); *Nymphaea alba* L. cresce anch'essa in acque calme o a flusso molto lento, con profondità compresa tra ~0,3 e 1,5 m; anche le specie di *Myriophyllum* si trovano a ~0.5-3 m, sebbene *M. spicatum* L. possa spingersi a profondità maggiori in grandi stagni, laghi e canali; il genere *Potamogeton* include specie sommerse comuni tra ca. 0,5 e 4 m di profondità.

Il punto di campionamento della serie T10 sembra infatti interessare un'area con esposizione relativamente umida e fresca. Sulla base di queste evidenze, la profondità dello specchio d'acqua presente in corrispondenza del punto di campionamento può essere ricondotta a un intervallo verosimilmente

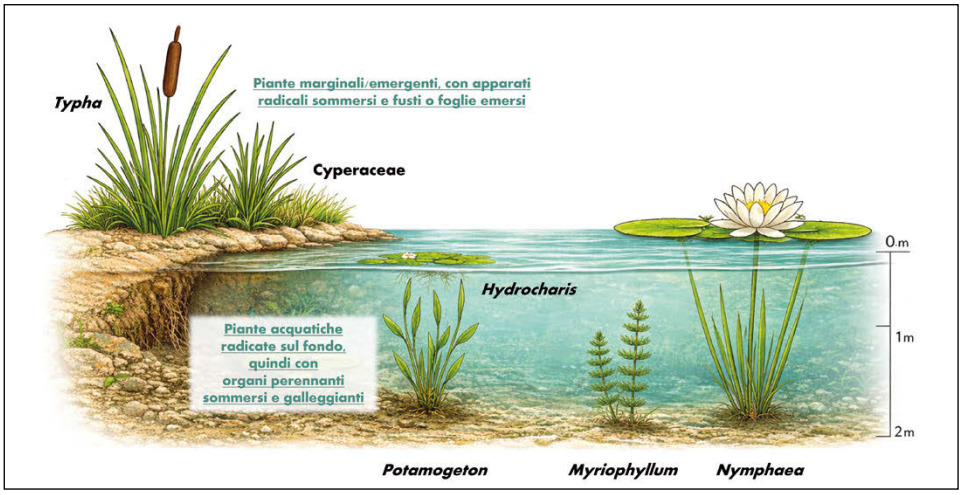


Fig. 11 – Rappresentazione stilizzata delle principali piante acquatiche presenti nei campioni, con indicazione della profondità relativa dello specchio d'acqua. Le specie radicate sul fondo occupano le zone più profonde, mentre le emergenti/marginali crescono lungo le sponde o in acque poco profonde.

compreso tra poche decine di centimetri e 1-2 m, indicativo di un corpo idrico dolce, stabile e relativamente protetto dal disseccamento (Fig. 11). In questo contesto, l'ambiente in T10 sembra caratterizzato da una maggiore presenza di acqua dolce, la cui scarsa o discontinua manutenzione potrebbe aver favorito la fioritura in loco di diverse piante acquatiche. In T20, invece, le idrofite risultano quasi assenti e si registra solo *Lemna* in tracce (T20-P8), mentre tra le limnotelmatofite sono stati identificati granuli di *Typha latifolia* e Cyperaceae. Se da un lato questo suggerisce l'assenza di specchi d'acqua permanenti in questo settore del sito, dall'altro la mancanza di fioriture di idrofite potrebbe riflettere anche interventi di gestione idraulica e manutenzione con eliminazione delle piante acquatiche.

A completare questo quadro, in entrambe le serie, la significativa quantità di eterocisti di *Rivularia*, un cianobatterio che prospera in acque dolci soggette a oscillazioni nei livelli di nutrienti, è coerente con ambienti umidi dinamici, potenzialmente influenzati da attività agricole e pastorali nelle immediate vicinanze; queste attività antropiche possono contribuire all'aumento del carico trofico nei corpi idrici locali (Clò, Florenzano 2022).

5.3 *La ricostruzione ambientale* (Fig. 12)

Il paesaggio del sito di Roselle doveva presentarsi aperto e a mosaico, dominato da ericeti distribuiti nelle aree con suoli acidi e poveri, spesso associati a incendi ricorrenti e a pratiche di pascolo. La copertura forestale,

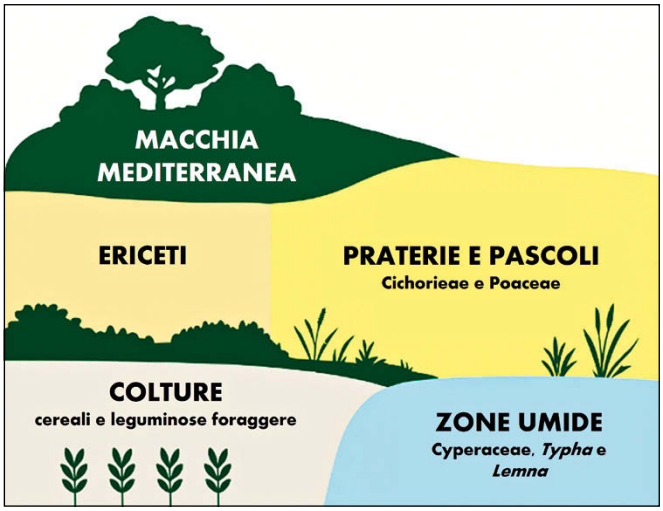


Fig. 12 – Tratti generali con elementi vegetazionali ed ecologici della ricostruzione ambientale dell'area di Roselle, come ottenuta dai due sondaggi studiati.

generalmente rada nelle fasi intercettate dai campioni, includeva lembi di querceto misto, probabilmente con roverella, sviluppati nei punti a esposizione più fresca e umida, mentre le tracce di faggio testimoniano apporti a distanza dalle fasce collinari-montane. La macchia mediterranea includeva leccio, olivo e fillirea, mentre le aree umide erano presenti localmente sotto forma di piccoli stagni o depressioni soggette ad allagamenti temporanei. Attorno agli specchi più ampi poteva svilupparsi un canneto misto, affiancato da tratti limitati di bosco igrofilo con ontani e pioppi, e in alcuni punti anche salici. La frequenza di Cichorieae e Poaceae in questi spettri è coerente con la diffusione di prati, pascoli e radure disturbate, tipiche di aree soggette a uso agro-pastorale (Florenzano *et al.* 2015).

Gli spettri pollinici indicano inoltre una presenza frequente di indicatori antropogenici e sinantropici (Behre 1981; Mercuri *et al.* 2013a). La presenza di tracce isolate di OJC (*Olea*, *Juglans*, *Castanea*; Mercuri *et al.* 2013b) suggerisce che nell'area dovesse svolgersi la gestione di alberi tipici della cultura arboricola mediterranea; la disponibilità di alberi da frutta è pure testimoniata dalle tracce di diverse Rosaceae presenti probabilmente in forma spontanea o semicoltivata, tra le quali *Prunus*, che potevano anche crescere in boschi misti soggetti a pratiche di gestione locale. Le coltivazioni erbacee sono testimoniate soprattutto nelle fasi più antiche – etrusche e romane – rappresentate dai tipi pollinici attribuibili a orzo e grano (rispettivamente gruppo *Hordeum*

e gruppo *Avena/Triticum*). Tuttavia, non sono state individuate evidenze di lavorazione o stoccaggio di cereali nei pressi dei punti di campionamento pollinico. Pertanto, sebbene la loro coltivazione sia documentata, questi dati suggeriscono che i campi a cereali fossero posizionati ad una certa distanza dai sondaggi studiati, mentre la coltivazione di leguminose foraggere potrebbe essere stata più prossima o addirittura presente *in loco*.

6. Conclusioni

Il confronto tra le due serie polliniche dei Test di scavo esaminati permette di mettere in luce alcune caratteristiche della distribuzione floristico-vegetazionale nell'area di studio a livello di microscala. Sebbene la copertura arborea sia così bassa da escludere la presenza di boschi *in loco* in entrambi i punti campionati, la distribuzione degli ericeti e delle aree umide differisce sensibilmente tra i due contesti. La presenza consistente di Ericaceae può indicare una riduzione e degradazione dei querceti sui versanti vicini, forse legata a fenomeni di erosione e acidificazione dei suoli con conseguente sviluppo secondario di macchie a eriche, mentre il trasporto anemofilo da zone collinari a pochi chilometri di distanza pare più improbabile. In generale, le fonti polliniche più probabili si collocano entro un raggio di 3-10 km dal sito, ossia nei versanti collinari orientali e nord-orientali che circondano la conca di Roselle.

I temi del rapporto tra territorio e insediamento urbano hanno in questi dati la possibilità di trovare spunti finora inediti, che potranno essere approfonditi grazie alla discussione interdisciplinare, l'analisi delle fonti storiche e lo studio delle tradizioni agricole ed etnobotaniche del territorio studiato. Dal punto di vista strettamente palinologico, lo studio di ulteriori campionamenti *in loco* e il confronto con altre serie già disponibili per la Toscana e l'alto Lazio, potranno contribuire a chiarire le dinamiche vegetazionali ed ecologiche emerse in questo studio, consentendo una discriminazione più precisa tra ricostruzione locale e visione regionale del paesaggio.

Anna Maria Mercuri, Eleonora Clò*, Marta Bandini Mazzanti, Paola Torri, Assunta Florenzano

LPP - Laboratorio di Palinologia e Paleobotanica
Dipartimento di Scienze della Vita, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
annamaria.mercuri@unimore.it, eleonora.clo@unimore.it, marta.mazzanti@unimore.it
paola.torri@unimore.it, assunta.florenzano@unimore.it

Davide Susini, Stefano Campana

Laboratory of Landscape Archaeology and Remote Sensing (LAP&T)
Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali, Università degli Studi di Siena
davide.susini2@unisi.it, stefano.campana@unisi.it

**Autore corrispondente*

BIBLIOGRAFIA

Arrigoni P.V., Mazzanti A., Ricceri C. 1990, *Contributo alla conoscenza dei boschi della Maremma grossetana*, «Webbia», 44, 1, 121-150.

Arrigoni P.V. 2017, *Flora analitica della Toscana*, 2, Firenze, Polistampa.

Behre K.E. 1981, *The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams*, «Pollen Spores», 23, 25-245.

Bellotti P., Caputo C., Davoli L., Evangelista S., Garzanti E., Pugliese F., Valeri P. 2004, *Morpho-sedimentary characteristics and Holocene evolution of the emergent part of the Ombrone River delta (southern Tuscany)*, «Geomorphology», 61, 71-90 (https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2003.11.007).

Bertacchi A., Sani A., Tomei P.E. 2005, *La vegetazione del Monte Pisano*, Pisa, Felici Editore.

Blasi L., Zavattero G., Capotorti S., Bonacquisti R., Copiz E., Del Vico L., Facioni L. 2023, *Lista rossa degli ecosistemi d'Italia*, Comitato Italiano IUCN, Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica.

Bonari G., Selvi F., Minniti F., Frignani F., Angiolini C. 2018, *Contribution to the vascular flora of Castelvecchio Reserve (Central Tuscany, Italy)*, «Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie», Serie B (https://doi.org/10.2424/ASTSN.M.2018.13).

Bravetti L., Pranzini G. 1987, *L'evoluzione Quaternaria della pianura di Grosseto (Toscana): prima interpretazione dei dati del sottosuolo*, «Geografia Fisica e Dinamica del Quaternario», 10, 85-92.

Bryant V.M., Holloway R.G. 1983, *The role of palynology in archaeology*, in M.B. Schiffer (ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory*, 6, New York, Elsevier, 191-224.

Carmignani L., Conti P., Cornamusini G., Meccheri M. 2004, *The Internal Northern Apennines, the Northern Tyrrhenian sea and the Sardinia-Corsica block*, in V. Crescenti, S. D'Offizi, S. Merlino, L. Sacchi (eds.), *Geology of Italy. Special Volume of the Italian Geological Society for the IGC Florence 2004*, Roma, Società Geologica Italiana, 59-77.

Carmignani L., Decandia F.A., Disperati L., Fantozzi P.L., Lazzarotto A., Liotta D., Oggiano G. 1994, *Relationship between the Tertiary structural evolution of the Sardinia-Corsica Provencal Domain and the Northern Appennines*, «Terra Nova», 7, 128-137.

Carmignani L., Decandia F.A., Disperati L., Fantozzi P.L., Lazzarotto A., Liotta D., Oggiano G., Tavarnelli E. 1995, *Relazioni tra il bacino balearico, il Tirreno Settentrionale e l'evoluzione neogenica dell'Appennino Settentrionale*, «Studi Geologici Camerti», 255-268.

Carmignani L., Kligfield R. 1990, *Crustal extension in the Northern Apennines: Transition from compression to extension in the Alpi Apuane Core Complex*, «Tectonics», 9, 1275-1303.

Clò E., Florenzano A. 2022, *Heterocysts of Rivularia Type for interpreting a palaeoenvironmental context of the Late Quaternary in Northern Italy*, «Sustainability», 14, 22, 15332 (https://doi.org/10.3390/su142215332).

Clò E., Furia E., Florenzano A., Mercuri A.M. 2024, *Flora-vegetation history and land use in Medieval Tuscany: The palynological evidence of a local biodiversity heritage*, «Quaternary International», 705, 1-15 (https://doi.org/10.1016/j.quaint.2023.03.017).

Dimbleby G.W. 1985, *The Palynology of Archaeological Sites*, London, Academic Press.

Efremov A.N., Sviridenko B.F., Li Z.-Z., Mesterhazy A., Ngansop Tchatchouange E., Toma C., Grishina V.S., Murashko Yu.A. 2023, *Genus Hydrocharis (Hydrocharitaceae): Ecology of communities and their tolerance to abiotic factors*, «Inland Water Biology», 16, 428-438 (https://doi.org/10.1134/S1995082923030057).

Erdtman G. 1960, *The acetolysis method, a revised description*, «Svensk Botanisk Tidskrift», 54, 561-564.

Faegri K., Iversen J. 1989, *Textbook of Pollen Analysis*, 4th ed., New York, John Wiley & Sons Ltd.

Florenzano A., Marignani M., Rosati L., Fascetti S., Mercuri A.M. 2015, *Are Cichorieae an indicator of open habitats and pastoralism in current and past vegetation studies?*, «Plant Biosystems», 149, 154-165 (https://doi.org/10.1080/11263504.2014.998311).

Florenzano A., Mercuri A.M., Pederzoli A., Torri P., Bosi G., Olmi L., Rinaldi R., Bandini Mazzanti M. 2012, *The significance of intestinal parasite remains in pollen samples from Medieval pits in the Piazza Garibaldi of Parma, Emilia-Romagna, Northern Italy*, «Geoarchaeology», 27, 34-47 (https://doi.org/10.1002/gea.21390).

Furia E., Clò E., Florenzano A., Mercuri A.M. 2024, *Human-induced fires and land use driven changes in tree biodiversity on the northern Tyrrhenian coast*, «Quaternary International», 705, 37-52 (https://doi.org/10.1016/j.quaint.2023.12.002).

Grimm E.C. 2004, *TILIA and TGView*, Springfield, Illinois State Museum.

Huntley B., Webb III T. (eds.) 1988, *Vegetation history*, in *Handbook of Vegetation Science*, 7, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Innocenti L., Pranzini E. 1993, *Geomorphological evolution and sedimentology of the Ombrone River Delta, Italy*, «Journal of Coastal Research», 9, 481-493.

Lechterbeck J., Jensen C.E. 2020, *Exploring the potential of palynology in archaeological contexts*, in *Proceedings of the Session Held at the 24th Annual Meeting European Association of Archaeologists in Barcelona 2018*, *Vegetation History and Archaeobotany*, 29, 111-112 (https://doi.org/10.1007/s00334-020-00773-3).

Lucci F., Massella V. 2012, *Evoluzione geologica del basamento metamorfico toscano*, «Il Cercapietre», 1-2, 47-55.

Mariotti Lippi M., Giachi G., Paci S., Di Tommaso P.L. 2000, *Studi sulla vegetazione attuale e passata della Toscana meridionale (Follonica) e considerazioni sull'impatto ambientale dell'attività metallurgica etrusca nel VI-V secolo a.C.*, «Webbia», 55, 2, 279-295.

Mercuri A.M. 2014, *Genesis and evolution of the cultural landscape in central Mediterranean: The "where, when and how" through the palynological approach*, «Landscape Ecology», 29, 1799-1810 (https://doi.org/10.1007/s10980-014-0093-0).

Mercuri A.M., Sadori L., Blasi C. 2010, *Archaeobotany for cultural landscape and human impact reconstructions*, «Plant Biosystems», 144, 860-864 (https://doi.org/10.1080/11263504.2010.514137).

Mercuri A.M., Bandini Mazzanti M., Florenzano A., Montecchi M.C., Rattighieri E., Torri P. 2013a, *Anthropogenic Pollen Indicators (API) from archaeological sites as local evidence of human-induced environments in the Italian peninsula*, «Annali di Botanica (Roma)», 3, 143-153 (https://doi.org/10.4462/annbotrm-10316).

Mercuri A.M., Bandini Mazzanti M., Florenzano A., Montecchi M.C., Rattighieri E. 2013b, *Olea, Juglans and Castanea: The OJC group as pollen evidence of the development of human-induced environments in the Italian peninsula*, «Quaternary International», 303, 24-42 (https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.01.005).

Moore P.D., Webb J.A., Collins M.E. 1991, *Pollen Analysis*, 2nd ed., Oxford, Blackwell Scientific Publications.

Mudie P.J., Marret F., Rochon A., Aksu A.E. 2010, *Non-pollen palynomorphs in the Black Sea corridor*, «Vegetation History and Archaeobotany», 19, 531-544 (https://doi.org/10.1007/s00334-010-0268-9).

Pignatti S., Guarino R., La Rosa M. 2017-2019, *Flora d'Italia*, 2ª ed., 1-4, Bologna, Edagricole.

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. 1998, *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*, Marseille, Laboratoire de botanique historique et palinologie.

Revelles J. 2021, *The role of palynology in archaeoecological research: Reconstructing human environment interactions during Neolithic in the Western Mediterranean*, «Applied Sciences», 11, 9, 4073 (https://doi.org/10.3390/app11094073).

Sadori L., Mercuri A.M., Mariotti Lippi M. 2010, *Reconstructing past cultural landscape and human impact using pollen and plant macroremains*, «Plant Biosystems», 144, 940-951 (https://doi.org/10.1080/11263504.2010.491982).

Van Geel B. 2001, *Non-pollen palynomorphs*, in J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*, vol. 3, *Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 99-119 (https://doi.org/10.1007/0-306-47668-1).

Viciani D., Albanesi D., Dell'Olmo L., Foggi B. 2011, *Contributo alla conoscenza della vegetazione dell'Isola di Gorgona (Arcipelago Toscano)*, «Fitosociologia», 48, 2, 45-64.

Webb III T. 1993, *Constructing the past from late-Quaternary pollen data: Temporal resolution and a zoom lens space-time perspective*, «Short Courses in Paleontology», 6, 79-101 (https://doi.org/10.1017/S2475263000001069).

ABSTRACT

The reconstruction of the main features of the past landscape surrounding the archaeological site of Roselle-Salica during the Etruscan, Roman, and Medieval periods was achieved through targeted stratigraphic sampling and detailed palynological analyses. The archaeopalynological research carried out for this study included field surveys and pollen sampling, stratigraphic descriptions, and laboratory palynological analyses. Interpretation was developed through the integration of geomorphological, chronological, archaeological, floristic, and vegetation data. The pollen samples from test excavations 1000 and 2000 (pollen series T10 and T20) made it possible to document generally low woodland cover, the widespread distribution of heathlands, the presence of wet environments and Mediterranean elements, thus delineating a partially anthropogenic landscape characterised by limited cereal cultivation and more extensive areas used for grazing. The environmental reconstruction, defining forest-cover transformation and specific landscape features, is also discussed in relation to occupational phases and land use by the populations inhabiting the area within the chronological framework of the project.