

Indicazioni paleovegetazionali dai carotaggi MAPPA

Emilia Allevato, Daniele Arobba, Gaetano Di Pasquale, Marta Pappalardo, Cristiana Ribecai

I risultati delle analisi palinologiche e sui macroresti vegetali estratti da campioni provenienti dai carotaggi MAPPA, qui riportati nella loro forma completa, hanno consentito di tratteggiare la vegetazione naturale della Pianura di Pisa nel tardo Olocene e di rilevare le evidenze d'impatto antropico nell'area. Questo set di dati fornisce utili spunti di approfondimento per ricerche di carattere paleoclimatico e paleovegetazionale, anche in relazione all'insediamento archeologico.

Keywords: Analisi paleovegetazionale, Palinologia, Xilo-Antracologia, Paleocarpologia, Indicatori antropici.

1. Introduzione

Nell'ambito delle attività del progetto MAPPA, sono state effettuate analisi specifiche di tipo palinologico, xilo-antracologico e paleocarpologico su diversi campioni prelevati ad hoc da livelli significativi dei 18 carotaggi eseguiti nell'area urbana e periurbana della città di Pisa. Queste analisi vanno a corredo delle indagini sedimentologiche in senso lato effettuate sui medesimi materiali ed illustrate in altri report (AMOROSI *et alii* 2012a, b). L'analisi qualitativa a livello microscopico del contenuto organico ha contribuito alla determinazione delle facies sedimentarie, ampliando la possibilità di sicure attribuzioni basate sulla determinazione delle microfaune. Ulteriori dati sulle associazioni polliniche di livelli selezionati nei vari carotaggi sono stati ottenuti allo scopo di trarre, oltre ad indicazioni stratigrafiche, anche specifiche indicazioni paleoambientali. Le analisi xilo-antracologiche e quelle palinologiche quantitative, invece, sono state pianificate allo scopo di caratterizzare il paesaggio vegetazionale della Pianura di Pisa e dei suoi rilievi contermini nel tardo Olocene, evidenziandone, quando possibile, eventuali variazioni. Inoltre, le analisi palinologiche quantitative sui materiali dei carotaggi MAPPA 4 e MAPPA 26 sono state realizzate con la finalità di mettere in rilievo la presenza e le variazioni di frequenza di *taxa* d'interesse agrario e sinantropico, nel tentativo di caratterizzare il paesaggio dell'area periurbana anche sotto l'aspetto dei

cambiamenti indotti dall'uomo. Le numerose tracce di centuriazione evidenziate dalla fotointerpretazione nelle prime fasi del progetto MAPPA (BINI *et alii* 2012) dimostrano, infatti, che almeno in Età Romana la pianura di Pisa era intensamente coltivata grazie anche a capillari interventi di regimazione delle acque. Infine, le variazioni diacroniche nella frequenza dei carboni sono state stimate in quanto indicative delle variazioni della pressione antropica sul territorio.

2. Dati xilo-antracologici e paleocarpologici

Le identificazioni dei materiali legnosi, carbonizzati o meno, sono possibili perché i loro tessuti sono fortemente differenziati e con caratteristiche anatomiche tali che consentono, a chi ne osserva la struttura in microscopia ottica, di poter risalire alla pianta di origine (DI PASQUALE 2011).

I *taxa* identificati (Tab. 1) sono per lo più riferibili ad una vegetazione di bosco planiziale meso-igrofilo, con *Quercus t. decidua*, *Quercus t. cerris*, *Carpinus betulus*, *Corylus avellana* e *Ulmus*. *Alnus* (cfr. *A. glutinosa*), *Populus* e *Salix* costituiscono invece elementi propri della vegetazione ripariale. Interessante la presenza di *Abies alba* in due campioni datati rispettivamente pre

VII secolo a.C e VIII secolo a.C.-VII secolo d.C. Questo dato è coerente con le analisi polliniche effettuate nell'ambito del presente lavoro, ma anche con altre

indagini paleobotaniche condotte in precedenza sul territorio, che suggeriscono la diffusione di abetine a bassa quota nel Pisano dall'Atlantico (tra 6000 e 5000

Campione (profondità dal PDC)	Taxa identificati	Contesto
MAPPA 2 (- 8,7 m)	<i>Fagus sylvatica</i>	Canale fluviale
MAPPA 3 (- 6,9 m)	<i>Quercus decidua</i>	Palude
MAPPA 3 (- 5,7 m)	<i>Quercus decidua</i>	Palude
MAPPA 4 (- 7,70 m)	Inidentificabili	Palude
MAPPA 5 (- 8,70 m)	<i>Quercus decidua</i>	Palude
MAPPA 5 (- 1,5 m)	Sterile (macroresto di vite)	Palude
MAPPA 6 (- 7,30 m)	<i>Pinus gruppo sylvestris, Quercus decidua, Ostrya - Carpinus, Carpinus betulus, Sorbus</i>	Canale distributore
MAPPA 6 (- 7 m)	<i>Quercus, cistus, Arbutus unedo, Salix</i>	Canale distributore
MAPPA 6 (- 6,3 m)	sterile	Palude periurbana
MAPPA 6 (- 5 m)	<i>Abies, Quercus decidua</i>	Rotta fluviale
MAPPA 7A (- 5,50 m)	Sterile	Rotta fluviale
MAPPA 7B (- 5,50 m)	Sterile	Rotta fluviale
MAPPA 7 (- 3,40 m)	<i>Quercus decidua Quercus cerris, Carpinus</i>	Argine
MAPPA 9 (- 5,80 m)	Sterile	Piana inondabile drenata
MAPPA 17 (- 10,80-10,90 m)	<i>Quercus decidua</i>	Palude
MAPPA 17 (- 9,70 m)	Sterile	Palude
MAPPA 17 (- 5,15 m)	<i>Fagus sylvatica</i>	Rotta fluviale
MAPPA 17 (- 4,58- 4,60 m)	Non identificabili	Rotta fluviale
MAPPA 18 (- 5,20-5,25 m)	<i>Arbutus</i>	Piana inondabile
MAPPA 18 (- 4,83-4,88 m)	<i>Abies, Alnus</i>	Piana inondabile
MAPPA 18 (- 4,56-4,62 m)	<i>Fagus sylvatica, Quercus decidua, Alnus</i>	Palude
MAPPA 18 (- 4,37-4,43 m)	<i>Quercus decidua, Quercus cerris</i>	Palude

Campione (profondità dal PDC)	Taxa identificati	Contesto
MAPPA 19 (- 7,63 - 7,76 m)	Sterile	Canale fluviale
MAPPA 19 (- 6,85-6,78 m)	Sterile	Canale fluviale
MAPPA 19 (- 6,48-6,42 m)	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Quercus decidua</i> , <i>Quercus cerris</i> , <i>Alnus</i>	Palude
MAPPA 19 (- 5,54-5,45 m)	<i>Abies</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Populus</i> , <i>Sorbus</i>	Palude
MAPPA 19 (- 5,32-5,28 m)	<i>Quercus decidua</i> , <i>Quercus</i> sempreverde, <i>Alnus</i>	Palude
MAPPA 19 (- 4,90 - 4,79 m)	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Quercus</i> sempreverde, <i>Ostrya</i> - <i>Carpinus</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Erica</i> , <i>Sorbus</i>	Palude
MAPPA 19 (- 4,40 m)	<i>Ulmus</i> , <i>Alnus</i>	Piana inondabile
MAPPA 19 (- 4,26-4,30 m)	<i>Quercus decidua</i> , <i>Carpinus</i> <i>betulus</i> , <i>Alnus</i>	Piana inondabile drenata
MAPPA 25 (- 6,80 m)	<i>Quercus cerris</i> , <i>Sorbus</i> , <i>rosacea</i> <i>prunoidea</i> , <i>Ligustrum vulgare</i>	Palude
MAPPA 25 (- 6,55-6,52 m)	<i>Quercus decidua</i> , <i>Quercus cerris</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Alnus</i>	Palude
MAPPA 25 (- 6,42-6,40 m)	<i>Quercus decidua</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Fraxinus</i>	Palude
MAPPA 25 (- 5,64-5,68 m)	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Quercus decidua</i> , <i>Quercus cerris</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>Alnus</i>	Palude
MAPPA 25 (- 5,57-5,55 m)	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Quercus decidua</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>Erica</i>	Palude
MAPPA 26 (- 3,94-3,88 m)	<i>Quercus decidua</i> , <i>Ostrya/Carpinus</i>	Palude
MAPPA 26 (- 2,78-2,83 m)	<i>Erica</i> , (<i>macroresto di vite</i>)	Palude

Tabella 1. Risultati delle analisi xilo-antracologiche e paleocarpologiche.

Nella pagina accanto. Tabella 2. Risultati delle analisi palinologiche quantitative.

anni cal. BP circa) nella zona di Massaciuccoli (BELLINI *et alii* 2009) al periodo pre-romano (MARIOTTI LIPPI *et alii* 2006). Anche il faggio (*Fagus sylvatica*), oggi presente in Toscana solo al di sopra dei 900 m, poteva essere diffuso a quote più basse sino all'Olocene recente, come ipotizzato anche da BERTACCHINI (2008) almeno fino al primo periodo Imperiale. La foresta sclerofilla mediterranea è scarsamente rappresentata in pochi campioni e da pochi taxa (*Quercus* t. sempreverde, *Erica*, *Cistus*, *Arbutus unedo*, *Ligustrum vulgare*); questo tipo di vegetazione poteva essere presente sia sui sistemi dunali costieri sia sui versanti collinari carbonatici esposti a sud dei Monti Pisani. Di particolare rilievo è l'identificazione di *Pinus* gruppo *sylvestris* in un

campione datato 1746-1628 a.C.; all'interno di questo livello tassonomico di riconoscimento sono comprese tre specie di pino (*P. mugo*, *P. sylvestris*, *P. nigra*) che non sono distinguibili tra loro sulla base dell'anatomia del legno. Sulla base della distribuzione attuale di queste specie è possibile escludere come possibili identificazione sia *P. sylvestris* (proprio dei boschi montani delle valli alpine) che *P. mugo* che vegeta tra 1500- 2700 m s.l.m.. L'identificazione di *P. nigra* potrebbe essere particolarmente importante in virtù del fatto che sul versante orientale dei Monti Pisani è segnalata una piccola stazione di *P. nigra* subsp. *Lario* che viene però considerata un impianto artificiale avvenuto nel medioevo. È interessante notare che *P.*

		n. reperti conteggiati				valori percentuali			
		MAPPA 4	MAPPA 26		MAPPA 4	MAPPA 26			
SONDAGGIO PROFONDITA' (m p.c.)		-3,85	-2,60/-2,65	-3,32/-3,24	-4,45/-4,35	-3,85	-2,60/-2,65	-3,32/-3,24	-4,45/-4,35
N. CAMP. SONDAGGIO		-	5	4	2	-	5	4	2
DATAZIONE		338-532 d.C.	Medioevo?	Romanità?	863-479 a.C.	338-532 d.C.	Medioevo?	Romanità?	863-479 a.C.
N. CAMP. LAB.		1	2	3	4	1	2	3	4
AP (TAXA ARBOREO-ARBUSTIVI)	ABIES	19	4	1	5	7,1	1,1	0,3	1,2
	PICEA	-	1	-	1	-	0,3	-	0,2
	PINUS	60	59	21	32	22,5	17,0	5,3	7,8
	CUPRESSACEAE	1	1	-	-	0,4	0,3	-	-
	FAGUS	-	-	-	2	-	-	-	0,5
	QUERCUS T. CADUCIFOLIA	7	16	22	27	2,6	4,6	5,6	6,6
	QUERCUS T. SEMPREVERDE	2	8	6	9	0,7	2,3	1,5	2,2
	ULMUS	-	2	5	2	-	0,6	1,3	0,5
	TILIA T. CORDATA	1	-	-	-	0,4	-	-	-
	CORYLUS	1	3	-	1	0,4	0,9	-	0,2
	CARPINUS	2	2	1	1	0,7	0,6	0,3	0,2
	FRAXINUS T.	-	4	4	3	-	1,1	1,0	0,7
	OLEA T.	-	3	18	2	-	0,9	4,6	0,5
	PHILLYREA T.	-	-	2	4	-	-	0,5	1,0
	ALNUS T. GLUTINOSA	2	2	4	3	0,7	0,6	1,0	0,7
	SALIX	2	-	-	1	0,7	-	-	0,2
	JUGLANS	-	4	-	-	-	1,1	-	-
	CASTANEA	1	1	1	1	0,4	0,3	0,3	0,2
	VITIS	-	1	5	-	-	0,3	1,3	-
	CORNUS	-	-	1	-	-	-	0,3	-
SAMBUCUS	2	-	1	3	0,7	-	0,3	0,7	
ERICACEAE	6	3	11	4	2,2	0,9	2,8	1,0	
EPHEDRA T. FRAGILIS	-	-	-	1	-	-	-	0,2	
NAP (TAXA ERBACEE)	CYPERACEAE	86	19	27	150	32,2	5,5	6,9	36,5
	POACEAE SELVATICHE	31	33	55	30	11,6	9,5	14,0	7,3
	AVENA-TRITICUM T.	-	5	9	9	-	1,4	2,3	2,2
	HORDEUM T.	-	-	-	2	-	-	-	0,5
	ARTEMISIA	1	-	3	4	0,4	-	0,8	1,0
	XANTHIUM	-	-	2	2	-	-	0,5	0,5
	CENTAUREA T. SOLSTITIALIS	1	-	-	-	0,4	-	-	-
	ALTRE ASTEROIDEAE	5	10	8	1	1,9	2,9	2,0	0,2
	CICHORIODEAE T. MINOR	1	39	12	30	0,4	11,2	3,0	7,3
	CHENOPODIACEAE	6	78	113	45	2,2	22,4	28,7	10,9
	PRIMULACEAE	-	4	2	-	-	1,1	0,5	-
	CARYOPHYLLACEAE	2	4	5	2	0,7	1,1	1,3	0,5
	SANGUISORBA T.	-	-	-	1	-	-	-	0,2
	ALTRE ROSACEAE	2	-	2	1	0,7	-	0,5	0,2
	LAMIACEAE	-	-	5	-	-	-	1,3	-
	BRASSICACEAE	1	8	8	-	0,4	2,3	2,0	-
	APIACEAE	-	1	2	1	-	0,3	0,5	0,2
	CISTACEAE	-	-	1	-	-	-	0,3	-
	RANUNCULACEAE	2	1	-	3	0,7	0,3	-	0,7
	HUMULUS T.	-	-	-	1	-	-	-	0,2
	MALVACEAE	4	-	-	-	1,5	-	-	-
	FABACEAE	1	3	9	3	0,4	0,9	2,3	0,7
	RUMEX	-	-	2	-	-	-	0,5	-
	POLYGONUM T. AVICULARE	-	1	4	2	-	0,3	1,0	0,5
	POLYGONUM T. PERSICARIA	-	-	-	1	-	-	-	0,2
	PLANTAGO T. MEDIA/MAJOR	1	1	2	-	0,4	0,3	0,5	-
	PLANTAGO T. LANCEOLATA	2	2	-	-	0,7	0,6	-	-
	DIPSACUS/CEPHALARIA	-	1	-	-	-	0,3	-	-
	TYPHA	1	1	5	7	0,4	0,3	1,3	1,7
	MYRIOPHYLLUM T. ALTERNIFLORUM	3	-	-	-	1,1	-	-	-
	TOFIELDIA T.	1	4	2	1	0,4	1,1	0,5	0,2
	LILIUM	1	-	-	-	0,4	-	-	-
	ALTRE LILIACEAE	-	3	1	3	-	0,9	0,3	0,7
	NYMPHAEA	2	3	2	2	0,7	0,9	0,5	0,5
	POLYPODIUM	-	2	1	1	-	0,6	0,3	0,2
	ALTRE FILICALES MONOLETE	4	5	4	3	1,5	1,4	1,0	0,7
	FILICALES TRILETE	3	4	3	3	1,1	1,1	0,8	0,7
	NAP INDETERMINABILI	-	2	2	2	-	0,6	0,5	0,5
	TOT. AP	106	114	103	101	39,7	32,8	26,1	24,6
	TOT. NAP	161	234	291	310	60,3	67,2	73,9	75,4
TOT. REPERTI	267	348	394	411	100,0	100,0	100,0	100,0	
VALORI F. %	PSEUDOSCHIZAEA	1	12	8	4	0,3	3,3	1,9	0,9
	CISTI DINOFLAGELLATI	-	3	-	-	-	0,8	-	-
	ZYGNEMA	95	-	1	-	26,0	-	0,2	-
	TRICHURIS	-	-	13	12	-	-	3,1	2,8
	PALINOMORFI PREQUATERNARI	2	4	2	2	0,5	1,1	0,5	0,5
SCOLECODONTI	-	1	-	-	-	0,3	-	-	
FPA (n. reperti sporopollinici/grammo)	2789	4234	8015	4869					
TOT. GENERALE	365	368	418	429					

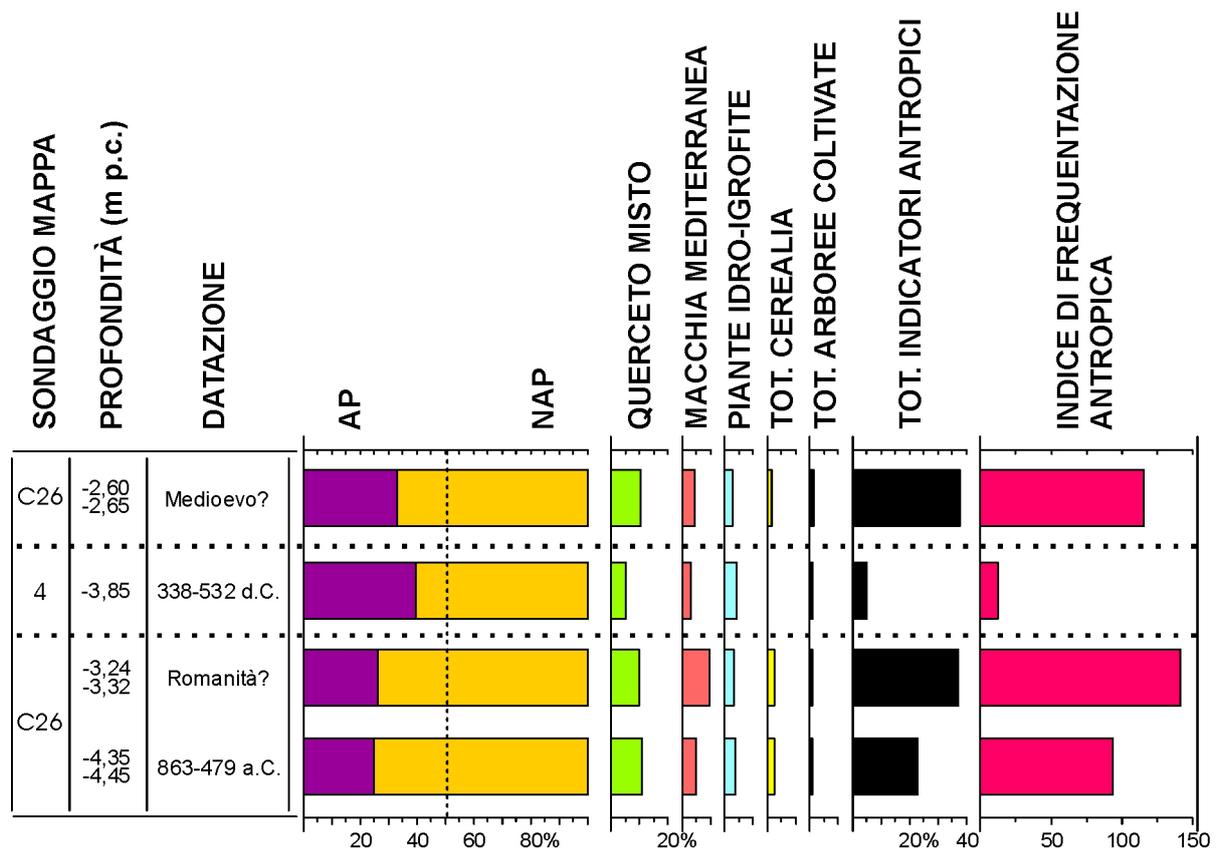


Fig.1. Diagramma percentuale di categorie palinologiche.

Nella pagina accanto, Tabella 3. Sondaggio M4: risultati dell'analisi palinologica quantitativa.

gruppo *sylvestris* è il *taxon* prevalente nei campioni antracologici provenienti dal sito di Massaciuccoli Romana; entrambi i ritrovamenti potrebbero dunque essere indicativi di un probabile indigenato di questa specie nel territorio in questione.

Per quanto riguarda le evidenze di impatto antropico, la stessa presenza di carboni è indice di antropizzazione del territorio. Infatti, i carboni sono in prevalenza il risultato di attività umane, in quanto derivati da fuochi domestici e/o artigianali, nonché da incendi boschivi di origine prevalentemente artificiale, che spesso erano provocati per creare radure adatte al pascolo o a coltivi. Nel complesso le analisi xilo-antracologiche hanno evidenziato elenchi floristici coerenti con l'area di provenienza del materiale e in linea con le formazioni forestali naturali diffuse sul territorio. Un dato degno di nota è l'assenza tra le determinazioni di legni/carboni di *taxa* arborei di chiara derivazione agraria.

3. Analisi palinologica quantitativa

Il trattamento di laboratorio ha ricalcato le linee guida in uso presso il Laboratorio di Archeobotanica del Museo Archeologico del Finale (CARAMIELLO, AROBBA 2003). È stata effettuata sia l'estrazione della frazione

pollinica con liquido pesante (Thoulet di densità 2,1), sia la separazione della frazione argillosa (particolarmente abbondante nei campioni analizzati) con filtrazione su rete calibrata, impiegando ulteriori pratiche standard (HCl, KOH, HF, ecc.). L'analisi è stata condotta a 400-600x e sono stati conteggiati almeno 100 granuli di essenze arboree per campione. La frequenza pollinica assoluta è risultata buona (tra 2789 e 8015 reperti/grammo) e ciò ha permesso di portare a termine l'analisi attraverso l'allestimento di un solo vetrino 24x40mm per campione.

Dei quattro campioni analizzati uno proviene dal carotaggio MAPPA 4, livello a -3,85 m dal p.c. che ha restituito una datazione ¹⁴C (338-532 anni d.C.) compatibile con un'attribuzione al periodo tardo-antico. Dal punto di vista stratigrafico il campione deriva da un ambiente di palude in un contesto di pianura alluvionale. La ricostruzione paleogeografica in corso, ci suggerisce si tratti di una zona umida relativamente effimera, sviluppatasi in un contesto periurbano probabilmente a seguito di una divagazione del corso del fiume Serchio. Gli altri tre campioni provengono dal carotaggio MAPPA 26, rispettivamente da livelli a -2,60, -3,32 e -4,45 m dal p.c. Il campione inferiore ha restituito un'età ¹⁴C di 863-479 anni a.C. I due campioni superiori, ancora non datati mediante radiocarbonio, sono riferibili rispettivamente all'età romana e a

MAPPA 4		Età contemporanea					Basso Medioevo		Romano		Etrusco		Protostorico				
							532-338 AD				2029-1902 BC						
		-1,5	-2,7	-3,85	-5,15	-6,2	-6,9	-7,3	-7,5	-7,9	-8,3	-8,7	-9,05	-9,45			
AP (TAXA ARBORE O-ARBUSTI VI)	Quercus t. cad.		3	2	3		2	3	8	7	5	10	4	2			
	Corylus	1	2		2		2	6	8	1	4	2	1	6			
	Carpinus						1		1	1	1						
	Fraxinus t.		1		4	2	1	4		1	2	1	1				
	Ulmus	1	1		1		1	1				1	1				
	Juglans						1	1				1					
	Tilia						1	1	1	1	1						
	others MOW			3	4	6	2	1	4	2	6	5	1				
	Quercus ilex t.							3	6		5			3			
	Ericaceae		2	1	16	3	2	6	3	2	1	1		2			
	others Mediterraneans				9	2	1	4	6		1	1	1				
	Salix	1				1	1	4		1	9	2		4			
	Alnus			1	1	3	7	10	10	5	8	5	3	7			
	Abies		2	2	1	1	6	3	10	3	2	5	2	3			
	Fagus								2								
Picea								1									
Pinus		11	10	2	2	13	7	19	5	7	17	7	4	5			
Cichorioideae		9	5		5		6	1	1		2						
others ubiqists		2	6	4	28	6	20	13	33	2	18	9	1	1			
Poaceae		1	6	3	2	2	1	6	8		11	2	1	7			
Chenopodiaceae		2	1	1	8		4			3	1	2	1	3			
other steppics			2					1	1	1	1	1					
Myriophyllum					1						1	1		1			
Cyperaceae			2	1	9	2	6	14	16	13	6	9	11	21			
Sparganium			1		8	1	8	1	38		5		1				
Juncaceae			3	4	3	3	12	1	3	25		10	15				
Potamogetonaceae			1	4				5	13	20	1	4	2				
Typha							1	1	3		1			2			
Butomus					1		1		8	2							
others Aquatics		2	1				6	1					1				
Trilete Spores		2	5	4	15	25	16	28	4	47	23	17	8	9			
Monolete Spores		2	2	2	1	4	6	22	2	6	7	2	3	2			
Fungal Spores		110	60	60	90	81	66	17	50	28	77	65	54	61			
Pseudoschizaea		1	3		2	1	10	9	1	2	1	1	1	1			
Spirogyra			1	8	4	15	1	2			1	1					
Leiosphaerae			4	4	7	16	33	13	13	6	10	10	3	2			
others algae		5	1	9	9	18	1	3	1	4	1	5	1				
Dinocysts	Reworked Dinocysts						1	3									
Forams	reworked FL	1						2									
	Indeterminate	8	4	6	8	10	15	6	7	4	6	4	4	6			
	totale	163	129	120	236	210	228	239	259	193	236	183	125	148			

MAPPA 4

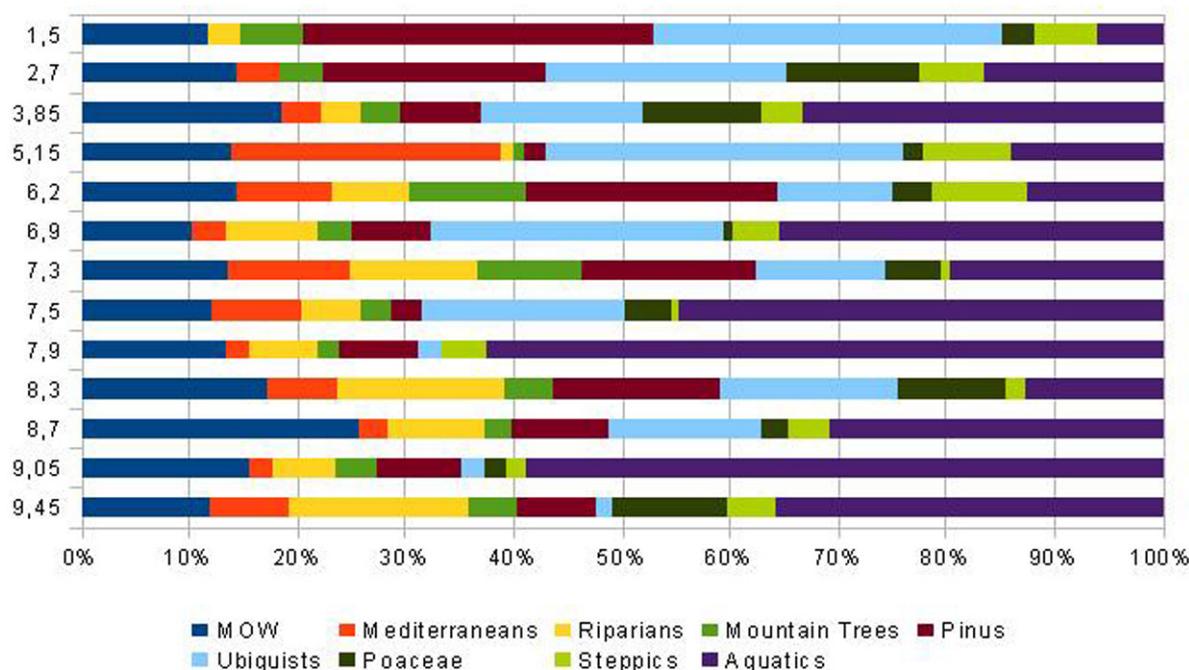


Fig. 2. Percentuali relative alle analisi quantitative del sondaggio M4.

Nella pagina accanto, Tabella 4. Sondaggio M5: risultati dell'analisi palinologica quantitativa.

quella medievale. Per questi ultimi prelievi il contesto paleoambientale è quello di una palude in ambiente urbano, persistente nel tempo, con tracce di frequentazione antropica alla base e al tetto.

In Tab. 2 sono riportati i valori assoluti dei conteggi pollinici e quelli percentuali calcolati sulla base di AP+NAP (*taxa* arboreo-arbustivi + *taxa* erbacei). Gli scarsi palinomorfi algali ed altri reperti non sporopollinici sono stati esclusi dal calcolo percentuale. È stato valutato anche il grado di deterioramento pollinico (su 50 granuli) ai fini di una successiva comparazione con i caratteri sedimentologici del deposito. Nei quattro prelievi è stata sempre osservata un'alta concentrazione di particelle carboniose, al momento non ancora valutata a livello quantitativo.

In tutti i campioni di MAPPA 26 sono emersi elementi riconducibili a pratiche agricole, testimoniate sia da piante coltivate, sia da *taxa* sinantropici. In Fig. 1 sono riportati i valori percentuali cumulativi di alcune categorie palinologiche (Querceto misto, Macchia mediterranea, Piante idro-igrofile, ecc.) per agevolare l'interpretazione dei dati.

Le indicazioni che derivano da queste analisi, in merito alle caratteristiche della vegetazione spontanea, sono in linea con quanto emerso dalle analisi xilo-antracologiche; in particolare va certamente evidenziata la coerenza tra polline e carbone per quanto riguarda la presenza di abete bianco (*Abies alba*) e di pino (*Pinus*) nella vegetazione attorno a Pisa. È interessante notare che per *Pinus* le identificazioni dei

carboni suggeriscono trattarsi del gruppo *sylvestris*, a cui appartiene anche il pino laricio (*Pinus laricio*), specie attualmente presente come elemento relitto solo sul Monte Pisano (<http://www.msn.unipi.it/wp-content/uploads/2013/02/MONTE-PISANO-programma-2013.pdf>).

Ulteriori elementi di raccordo tra il dato palinologico e quello antracologico appaiono nelle attestazioni relative al bosco planiziale meso-igrofilo, di particolare rilievo a livello quali-quantitativo e ad una presenza marginale della flora tipicamente "mediterranea".

Per quanto riguarda gli indicatori di coltivazioni cerealicole (*Avena-Triticum t.* e *Hordeum t.*), essi sono più frequenti in epoca etrusca e romana, mentre sembrano ridursi nella tarda Antichità e nel Medioevo.

Per quanto concerne la categoria delle arboree coltivate, si osserva una lieve ma graduale crescita a livello palinologico del castagno (*Castanea*) dal periodo etrusco al Medioevo, mentre appare sporadica l'attestazione del noce (*Juglans*). La vite (*Vitis*) e l'olivo (*Olea*) risultano maggiormente diffuse nel periodo romano, anche se su base palinologica non possono essere distinte le forme domestiche da quelle selvatiche.

A margine si segnala la presenza di uova di tricocefalo (*Trichuris sp.*) in due campioni di MAPPA 26 indice di deiezioni animali anche domestici (capra, cane, maiale, diversi ruminanti), riferibili a scarichi di latrina in contesti urbani/rurali o ad attività di allevamento di bestiame.

MAPPA 5

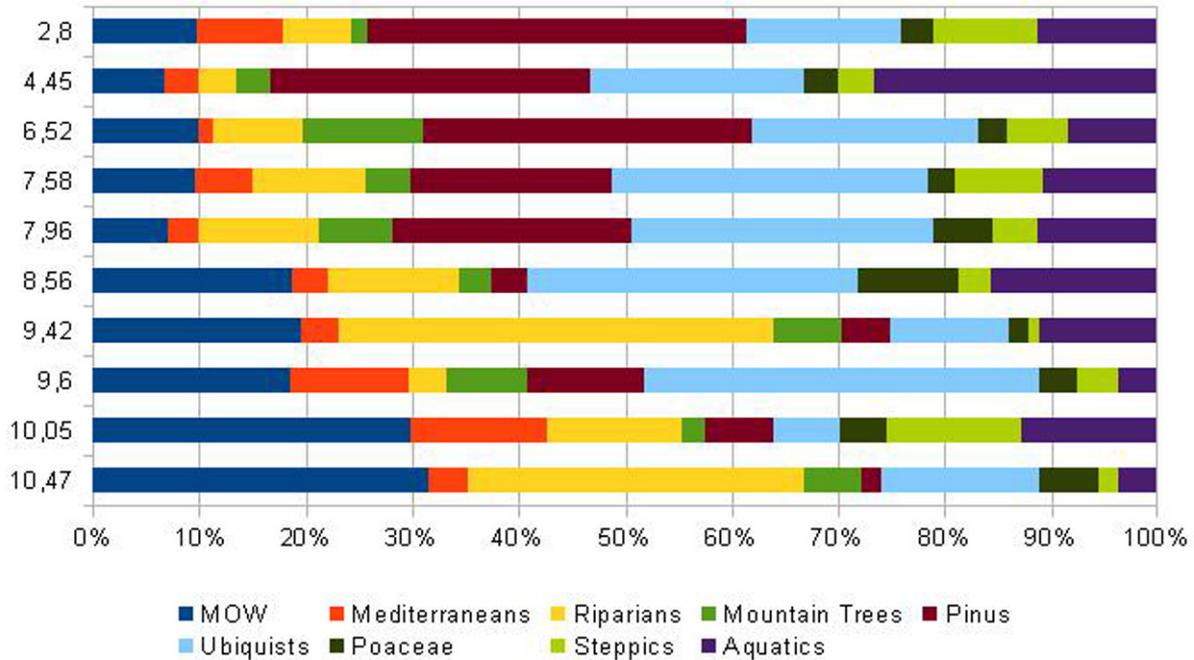


Fig. 3. Percentuali relative alle analisi quantitative del sondaggio M5.

Tabella 5. Risultati delle analisi palinologiche qualitative.

4. Analisi palinologica qualitativo-quantitativa

La metodologia utilizzata per questo tipo di analisi è illustrata in un precedente report (AMOROSI *et alii* 2012a). In sostanza il trattamento effettuato, essendo finalizzato *in primis* al riconoscimento delle palinofacies, comporta una minore concentrazione della frazione pollinica, rendendo meno attendibile un approccio statistico. Tuttavia, quando possibile, sono stati contati fino a 200 palinomorfi per vetrino e calcolate le percentuali dei *taxa* presenti. Anche se normalmente si dovrebbero contare un maggior numero di granuli pollinici per avere dati significativi, indicazioni di un certo significato emergono anche da questo metodo d'indagine, che ha interessato 13 campioni dal carotaggio MAPPA 4 e 10 campioni dal carotaggio MAPPA 5. Altri campioni dai carotaggi MAPPA 1, 2, 3, 6, 8, 19 e 25 sono stati analizzati solo qualitativamente, indicando per ciascun campione la presenza/assenza dei *taxa* e la loro generica abbondanza dove questa è valutabile. Un campione prelevato da MAPPA 4 (livello a -3,85) è stato analizzato in parallelo a livello strettamente quantitativo (cfr. § 3), per consentire una comparazione tra i due metodi. In generale le associazioni polliniche riconosciute nei sedimenti lagunari e in parte in quelli palustri sembrano essere rappresentative di una vegetazione costituita essenzialmente da *taxa* appartenenti sia al Querceto misto (MOW) che a formazioni ripariali

(Riparians) e subordinati *taxa* mediterranei (Mediterraneans) nonché a piante tipicamente presenti a quote più alte (Mountain trees) che in questi livelli hanno percentuali al di sotto del 10%. Nei sedimenti di piana alluvionale si registra un incremento di *Pinus* e dei *taxa* erbacei, un aspetto comune nel quadro vegetazionale di questo ambiente.

In Tab. 3 sono riportati i risultati relativi al sondaggio MAPPA 4. Per ogni singola entità riconosciuta sono indicati il numero di granuli conteggiati e la categoria palinologica di appartenenza. Nella Fig. 2 sono invece riportate, per ogni campione analizzato, le percentuali relative ad ogni categoria palinologica delle piante arboree (AP), delle non arboree (NAP) e quella delle piante acquatiche.

Analizzando la Fig. 2, tenendo conto del numero di granuli conteggiati e dei pochi vincoli cronologici, le variazioni in percentuale più evidenti sono quelle legate alle entità idro-igrofile (Acquatics). Le percentuali relative a questo gruppo di piante evidenziano una loro larga diffusione in epoca preistorica, in un contesto ambientale palustre, con un picco negativo in prossimità del livello datato ¹⁴C a 2029-1902 anni a.C.. Nei livelli in cui si ha la massima diffusione delle Aquatics si osserva la presenza di sostanza organica non strutturata (AOM), che rappresenta il prodotto della degradazione della materia organica da parte dei batteri in ambienti anaerobici od anossici (BATTEN 1996). Nei livelli relativi alla piana alluvionale le Aquatics decrescono fino all'Età Romana per

Altri sondaggi		M1 - 11,30	M2 - 14,50	M3 -2,69	M3 -6,90	M3 - 10,45	M6 - 6,48	M6 - 7,38	M6 - 15,10	M8 -4,62/- 4,71	M8 -1,85/- 1,90	M19 -4,70/- 4,72	M19 -3,86/- 3,92	M25 -6,85/- 6,95	
AP (TAXA ARBOREO-ARBUSTIVI)	Quercus t. cad.	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•		•	
	Corylus	•	•		•	•	•	•	•	•	•				
	Carpinus				•	•	•	•	•	•	•				
	Fraxinus t.		•		•	•	•	•	•	•	•		•		
	Ulmus		•		•	•	•	•	•	•	•				
	Carya		•		•	•	•	•	•	•	•				
	Juglans						•	•	•	•	•			•	
	Castanea						•	•	•	•	•				
	Tilia		•		•	•	•	•	•	•	•				
	others MOW				•	•	•	•	•	•	•				
	Quercus t. ilex		•		•	•	•	•	•	•	•			•	
	Olea europea				•	•	•	•	•	•	•			•	
	Ericaceae		•		•	•	•	•	•	•	•				
	others Mediterraneans		•		•	•	•	•	•	•	•				
	Riparians		•		•	•	•	•	•	•	•				
	Riparians		•		•	•	•	•	•	•	•			•	
	Mountain trees		•		•	•	•	•	•	•	•			•	
	Mountain trees		•		•	•	•	•	•	•	•			•	
	Mountain trees		•		•	•	•	•	•	•	•			•	
	Pinus		•		•	•	•	•	•	•	•			•	
NAP (TAXA ERBACEI)	Cistaceae						•	•	•	•					
	Chloroideae			•			•	•	•	•			•	•	
	others ubiquests		•		•		•	•	•	•			•	•	
	Poaceae		•		•		•	•	•	•			•	•	
	Cerealia				•		•	•	•	•			•	•	
	Chenopodiaceae		•		•		•	•	•	•			•	•	
	others steppics				•		•	•	•	•			•	•	
	Steppics				•		•	•	•	•			•	•	
	Aquatics				•		•	•	•	•			•	•	
	Aquatics		•		•		•	•	•	•			•	•	
	Aquatics				•		•	•	•	•			•	•	
	Aquatics				•		•	•	•	•			•	•	
	Potamogetonaceae									•					
	Typha				•					•					
	Butomus									•					
	others Aquatics				•					•					
	Spores	Trilete Spores	•	•											•
		Monolete Spores	•	•		•									•
	Fungi	Fungal Spores	•	•		•									•
		Pseudoschizaea	•	•		•									•
Algae	Spirogyra													•	
	Leiosphaerae													•	
Dinocysts	others algae	•			•									•	
	Spiniferites	•	•		•									•	
	Lingulodinium	•	•		•									•	
	Reworked Dinocysts				•									•	
Forams	Foram.lining	•			•									•	
	reworked FL				•									•	
policheti	Scolecodonts				•									•	

umentare nuovamente in corrispondenza del livello datato ^{14}C 532-338 d.C., contestualmente al noto incremento delle aree palustri legato all'abbandono delle pratiche di regimazione delle acque. La presenza di Cichorioideae t. *minor* potrebbe segnalare un incremento delle pratiche agricole dell'area anche se non sono stati osservati pollini che testimonino, per esempio, la coltivazione dei cereali.

In Tab.4 e Fig. 3 sono riportati i conteggi effettuati sui dieci campioni del sondaggio MAPPA 5 e le relative percentuali. Il sondaggio comprende campioni di sedimenti lagunari che sono caratterizzati dalla presenza di cisti di dinoflagellati, scolecodonti e parti organiche interne di foraminiferi. In questo sondaggio, in cui l'oscillazione della percentuale delle piante acquatiche sembra essere meno evidente rispetto a MAPPA 4, si segnala una riduzione delle MOW e un incremento di *Pinus* a partire dai sedimenti palustri che precedono lo sviluppo della piana alluvionale. Da segnalare un evidente incremento nei sedimenti al tetto della laguna di *Alnus* (Riparians), incremento che è stato segnalato nello stesso intervallo di tempo in diverse aree costiere tirreniche e che viene messo in relazione ad una variazione climatica (DI RITA, MAGRI 2012) verso condizioni più umide. Le Cichorioideae t. *minor* sono presenti a partire dal campione -7,96 in sedimenti di palude e piana inondabile sia drenata che non drenata. Come per il sondaggio MAPPA 4 non è stato osservato polline di Cerealia.

In Tab. 5 sono sinteticamente espressi, in termini di presenze-assenze, i risultati delle analisi qualitative effettuate su alcuni prelievi degli altri carotaggi precedentemente citati. I campioni profondi dei sondaggi MAPPA 1, 2, 3 e 6, riferibili ad un ambiente lagunare, sono principalmente caratterizzati dalla presenza di elementi marini (dinoflagellati, scolecodonti e interni di foraminiferi). I pollini osservati sono riferibili a formazioni arboree che comprendono il Querceto misto (MOW), le specie ripariali (idro-igrofiti), rare essenze montane e *Pinus*. Le erbacee sono scarsamente rappresentate. Gli altri due campioni del carotaggio MAPPA 6 (-7,38 e -6,48) sono collocati in un intervallo cronologico compreso tra le datazioni ^{14}C di 3361-3079 e 1746-1628 anni a.C. I due campioni presentano una flora arborea simile a quella riscontrata nei sedimenti lagunari (con l'aggiunta di *Castanea*) mentre tra le essenze erbacee sono attestati Cerealia e Cichorioideae t. *minor*. Sono da segnalare sia la presenza di *Fagus*, in entrambi i campioni, che potrebbe essere indicativa di una piccola oscillazione climatica in senso umido e freddo sia la presenza di numerose cellule (akinetes) di *Anabaena* (cianobatterio) nel campione -6,48 che indicherebbero un incremento di pratiche agricole e di allevamenti (VAN

GEEL 2001). In livelli equivalenti del sondaggio MAPPA 3 (-6,90) tra le arboree osservate sono riconosciuti elementi del Querceto misto, specie delle formazioni ripariali e tipiche piante mediterranee come *Olea*, mentre non compaiono conifere montane ed altri taxa caratteristici. Tra le erbacee sono abbondanti le Poaceae, associate ad ambienti aperti, riferibili al prato-pascolo.

I due campioni del carotaggio MAPPA 8, pur in assenza di datazioni ^{14}C , sono vincolabili, su base archeologica (datazione ceramica), rispettivamente ad un periodo immediatamente successivo al VI secolo a.C. (livello inferiore) e ad una fase antecedente il XIII secolo d.C (livello superiore). Nei due campioni sono presenti in buona parte gli stessi taxa; in entrambi compaiono pollini di cereali e di Cichorioideae, mentre le essenze arboree sono scarsamente rappresentate e subordinate alle erbacee.

I due campioni del carotaggio MAPPA19 sono molto ravvicinati nel tempo, in quanto appartengono, il più basso ad un livello di VII-V secolo a.C. ed il più alto al V-IV a.C.; essi presentano pressoché gli stessi taxa, (fra i quali cereali e Cichorioideae t. *minor*), sebbene nel campione più recente siano assenti le piante tipiche di aree umide (Aquatics), a testimonianza del prosciugamento delle paludi al termine dell'epoca etrusca.

Nel campione MAPPA 25 -6,85/-6,95 sono da segnalare alcune arboree d'interesse agrario, quali *Castanea* ed *Olea*, mentre tra le più abbondanti sono presenti piante coltivate (cereali) e taxa sinantropici (Cichorioideae t. *minor*). Uova di tricocefalo (*Trichuris* sp.) associate a spore di funghi coprofilici confermerebbero quanto riportato in precedenza circa la presenza di scarichi urbani di latrine o di attività legate all'allevamento del bestiame.

Cenni conclusivi

Le analisi palinologiche, xilo-antracologiche e sui rari carpororesti estratti da campioni provenienti dai carotaggi MAPPA hanno consentito di ricavare dati preliminari sulle caratteristiche del paesaggio vegetale della pianura di Pisa e di ottenere prime informazioni sulla diffusione di piante d'interesse agrario e di taxa sinantropici che di solito segnalano e caratterizzano aree destinate ad un progressivo insediamento antropico. I dati ottenuti, riportati in questo report in una forma ancora parziale e di iniziale elaborazione, intendono fornire un primo contributo utile al fine di pianificare successive indagini mirate, sia di carattere paleoclimatico e paleovegetazionale sia più propriamente archeologico.

Bibliografia

- AMOROSI A., BINI M., FABIANI F., GIACOMELLI S., PAPPALARDO M., RIBECAL C., RIBOLINI A., ROSSI V., SANMARTINO I., SARTI G. 2012a, *I carotaggi MAPPA: un'integrazione interdisciplinare*, in «MapPapers 4, 2012», pp.96-148.
- AMOROSI A., GIACOMELLI S., RIBECAL C., ROSSI V., SANMARTINO I., SARTI G. 2012b, *Il sottosuolo dell'area urbana e periurbana di Pisa: architettura deposizionale ed evoluzione paleoambientale durante il medio-tardo olocene*, in «MapPapers 7, 2012», pp. 247-256 .
- BATTEN D.J. 1996, *Palynofacies and palaeoenvironmental interpretation*, in JANSONIUS J., MCGREGOR D.C. (eds.), *Palynology: Principles and applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 3, pp. 1011-1064.
- BINI M., CAPITANI M., PAPPALARDO M., POCOBELLI G. F. 2011, *Vecchi e nuovi dati dalla fotointerpretazione aerea*, in ANICHINI F., FABIANI F., GATTIGLIA GUALANDI M.L. (a cura di), *MAPPA. Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico - Volume 1*, pp. 131-156.
- BELLINI C., MARIOTTI-LIPPI M., MONTANARI C. 2009, *The Holocene landscape history of the NW Italian coasts*, in «The Holocene», 19, pp. 1161-1172.
- BERTACCHI A., LOMBARDI T., SANI A., TOMEI P.E. 2008, *Plant macroremains from the Roman harbour of Pisa (Italy)*, in «Environmental Archaeology 13», pp. 181-88.
- CARAMIELLO R., AROBBA D. 2003, *Analisi palinologiche*, in CARAMIELLO R., AROBBA D. (a cura di), *Manuale di archeobotanica. Metodiche di recupero e studio*, Franco Angeli Editore, Milano, pp. 67-113.
- DI PASQUALE G. 2011, *Che cosa è l'archeobotanica*, Carocci, Roma.
- DI RITA F., MAGRI D. 2012, *An overview of the Holocene vegetation history from the central Mediterranean coasts*, in «Journal of Mediterranean Earth Sciences», 4, pp.35-52.
- MARIOTTI LIPPI M., BELLINI C., TRINCI C., BENVENUTI M., PALLECCHI P., SAGRI M. 2006, *Pollen analysis of the ship site of Pisa San Rossore, Tuscany, Italy: the implications for catastrophic hydrological events and climatic change during the late Holocene*, in «Vegetation History and Archaeobotany », 16, pp. 453-465.
- VAN GEEL B. 2001, *Non pollen palynomorphs*, in SMOL J. P., BIRKSH J. B., LAST W. M. (eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceo Indicators*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 99-119.



Quest'opera è stata rilasciata con licenza Creative Commons Attribuzione 3.0 Unported. Per leggere una copia della licenza visita il sito web <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/> o spedisci una lettera a Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.