

IV.4 *Il restauro dei manufatti lignei e degli elementi strutturali: risultati delle analisi effettuate pre- e post-restauro della palificata α*

IV.4.1 *Introduzione*

È ormai noto che fin dalle epoche più antiche il legno veniva utilizzato dall'uomo per la sua ampia reperibilità in natura e facilità di lavorazione, anche se non va tuttavia dimenticato che nei contesti archeologici la conservazione di oggetti, strutture e materiali lignei è principalmente dovuta a particolari situazioni o a casuali condizioni che hanno consentito a tali reperti di giungere pressoché inalterati fino ai giorni nostri.

I numerosi ritrovamenti di materiali lignei segnalati nei diversi siti archeologici del Nord Italia hanno dimostrato che la condizione ideale e comunque indispensabile per la loro preservazione nel tempo è strettamente legata alla costante e permanente presenza di acqua, elemento fondamentale per creare un ambiente anaerobico favorevole alla conservazione del legno.

Queste particolari circostanze hanno infatti consentito il recupero di reperti e manufatti rimasti immersi casualmente o volontariamente in ambienti ricchi d'acqua, come ad esempio nei fondali marini o sotto falda oppure depositati sul fondo di laghi o in ambienti artificiali quali pozzi, buche, fossati, canali, ecc.

Tuttavia, pur conservandosi nel tempo, il legno rinvenuto in ambienti umidi generalmente presenta le componenti dello xilema (cellulosa, lignina) più o meno degradate, per cui una volta recuperato e quindi sottratto al suo contesto originario ed esposto all'aria, perde più o meno velocemente la componente acquosa di cui era impregnato, diventando in tempi stretti un ammasso compatto e deformato.

Per evitare la disintegrazione e la perdita completa di questa tipologia di materiali si rendono quindi indispensabili alcuni interventi specifici fin dalle primissime fasi di recupero, come ad esempio il lavaggio dei reperti con acqua demineralizzata, la desalinizzazione, l'immersione in vasche di conservazione a temperatura controllata con aggiunta di antimicotico/antibatterico, ecc. Queste semplici ma efficaci operazioni consentono di bloccare il deterioramento del reperto ligneo e di procedere,

anche in tempi non immediati, alle successive fasi di restauro.

Durante questa fase e comunque prima di procedere al restauro effettivo è consigliabile sottoporre i reperti ad analisi specialistiche di laboratorio (xilologiche, morfologiche, chimico-fisiche, ecc.) in modo da evidenziare non solo le principali caratteristiche del legno, ma anche valutare il suo stato di conservazione per meglio individuare quale tecnica di consolidamento risulti più idonea, con quale tempistica intervenire e con quali risorse.

Questo protocollo d'intervento, che abbina analisi specialistiche sui manufatti lignei al tipo di metodologia conservativa da utilizzare, è stato adottato in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna per la prima volta sui reperti rinvenuti nel nostro *castrum* altomedievale dove, in circa quattro anni di scavi, sono stati recuperati più di 400 elementi strutturali fra cui numerosi pali, paletti, palificate (fig. 1), travi, oltre ad una ventina di manufatti di uso domestico (pettini, doghe, cesti, soles) (Marchesini, Marvelli *infra*; Marchesini, Marvelli, Pancaldi *infra*; Marchesini *et al. infra*).

Nonostante l'insediamento fosse realizzato con materiali deperibili, sono giunti fino ai giorni nostri numerose strutture lignee ancora in sito e abbondanti reperti vegetali perfettamente conservati, grazie all'ambiente umido e anaerobico creatosi all'interno dei fossati e ad uno spesso strato alluvionale che ha ricoperto e sigillato l'intero villaggio, proteggendolo così nel corso del tempo dalle successive occupazioni e attività nell'area fino al momento del rinvenimento.

Il restauro ha interessato tutti i manufatti lignei ed un campione significativo degli elementi strutturali. In particolare vengono di seguito esposti in modo esemplificativo i risultati dei trattamenti e delle analisi preliminari e post-restauro effettuate sui 21 reperti lignei della palificata α del Fossato dell'US neg. 1567 dopo la loro estrazione dal contesto originario di scavo e il lungo percorso che li ha condotti alla musealizzazione e all'esposizione permanente presso il Museo Archeologico Ambientale di San Giovanni in Persiceto (Bologna).

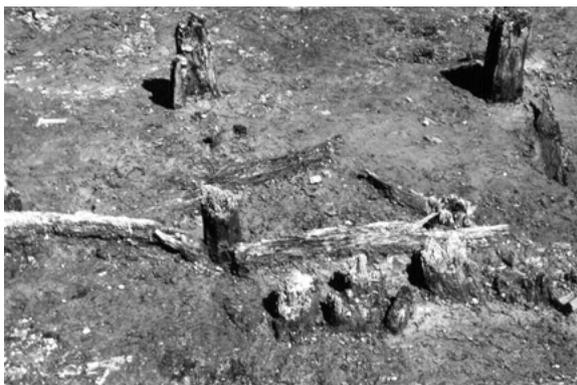


fig. 1 – Palificata di contenimento del terrapieno (Fossato dell'US neg. 1567 – lato ovest).



fig. 2 – Vasca di conservazione temporanea.

IV.4.2 *Materiali e metodi*

Una volta estratti dal terreno secondo gli standard archeoxilologici (MARCHESINI, AROBBA 2003), tutti gli elementi lignei della palificata sono stati trasportati nel Laboratorio di Palinologia e Archeobotanica del C.A.A. “Giorgio Nicoli” dove sono stati sottoposti ad analisi macroscopiche e microscopiche specialistiche.

Ogni reperto è stato lavato e sottoposto ad un primo esame visivo per valutare lo stato di conservazione; tutte le osservazioni sono state registrate su apposite schede già predisposte per documentare le specifiche del reperto e corredate da foto, disegni, misure (lunghezza, larghezza, spessore, peso). Da ogni elemento ligneo è stato poi prelevato un subcampione significativo utile per il riconoscimento botanico della specie e per la valutazione della presenza di biodeteriogeni.

Eseguite queste preliminari e fondamentali operazioni, tutti i reperti sono stati immersi in apposite vasche di conservazione temporanea (fig. 2) riempite di acqua demineralizzata con aggiunta di antimicotico/antibatterico per evitare lo sviluppo di microrganismi. Questo periodo, definito di “*stand-by*”, ha garantito il mantenimento pressoché inalterato di tutti gli elementi lignei in attesa di essere sottoposti al restauro, come hanno dimostrato diversi controlli e verifiche sullo stato di conservazione effettuate a intervalli di circa sei mesi sui reperti stessi. L'acqua demineralizzata con aggiunta di antimicotico/antibatterico è stata periodicamente cambiata fino al momento dell'estrazione dei pali dalle vasche per le successive fasi di restauro. Si segnala che per alcuni di questi pali il cosiddetto periodo di “*stand-by*” si è protratto per circa sei anni, consentendo così di verificare la validità di questo metodo conservativo in un arco temporale mediamente lungo e prolungato.

In laboratorio ciascun reperto è stato sottoposto ad analisi microscopica specifica per la determinazione botanica della specie; in particolare l'indagine è stata eseguita allo stereomicroscopio (ingrandimenti da 8 a 80) e su sezioni sottili analizzate al microscopio ottico (oculari 10x e obiettivi 10x, 25x e 40x). Le determinazioni sono basate sui correnti atlanti/testi/chiaavi xilotomiche (CAMBINI 1967; GIORDANO 1981; GREGUSS 1959; GROSSER 1977; JACQUIOT, TRENARD, DIROL 1973, SCHWEINGRUBER 1990) e sulla xiloteca del Laboratorio di Palinologia e Archeobotanica del C.A.A. “Giorgio Nicoli”.

È stata inoltre eseguita l'analisi della composizione della struttura dello xilema evidenziando eventuali deformazioni dovute sia al peso del terreno sia all'attacco di microrganismi, il calcolo del contenuto di acqua presente nei vari reperti da sottoporre al restauro ed, infine, un'ulteriore analisi volta ad individuare la parte di provenienza di ogni singolo palo dalla pianta di origine oltre alla presenza di tracce di lavorazione (tagli, utilizzo di utensili quali maglio, martello, ascia, ecc.).

I risultati di queste analisi specialistiche hanno permesso di considerare non solo aspetti legati alla tipologia dei reperti rinvenuti e alla loro funzione all'interno del villaggio, ma anche di fornire preziose informazioni sullo stato di conservazione e degrado delle diverse componenti lignee nel corso del tempo in aggiunta ad alcune valutazioni/misurazioni sulle dimensioni dei vasi del legno, informazioni particolarmente utili per stabilire con quali soluzioni/tecniche di restauro può essere più conveniente e vantaggioso intervenire.

Confrontando i risultati delle analisi eseguite con i dati presenti in bibliografia (HOFFMANN 1982, 1985, 1986, 1999; HOFFMANN, JONES 1990), la metodologia migliore da utilizzare per il restauro dei pali della palificata è risultata l'impregnazione

CICLI DI RESTAURO	CAMPIONE	TAXA	PESO (Kg)			LUNGHEZZA (cm)			LARGHEZZA (cm)						SPESSORE (cm)					
			Iniziale	Finale	D px %	Iniziale	Finale	D lx	Testa palo			Base punta			Testa palo			Base punta		
									Iniziale	Finale	D L1x	Iniziale	Finale	D L2x	S1 iniz.	S1 fin	D S1 x	S2 iniz.	S2 fin.	D S2 x
I ciclo	A	Quercus sez. robur	4,80	2,27	52,71	99,45	97,50	1,96	13,10	10,90	16,79	10,30	8,80	14,56	6,90	4,90	28,99	8,20	4,00	51,219
	B	Quercus robur	4,30	2,10	51,16	72,50	71,80	0,97	19,10	16,80	12,04	14,50	13,50	6,90	5,50	4,50	18,18	3,00	2,50	16,666
	C	Quercus sez. robur	4,90	2,60	46,94	63,60	62,70	1,42	16,60	15,00	9,64	18,10	15,00	17,13	7,80	6,50	16,67	9,40	5,80	38,30
	D	Quercus robur	2,60	1,79	31,15	50,90	50,50	0,79	20,10	18,30	8,96	21,40	18,50	13,55	4,50	3,50	22,22	8,80	4,50	48,863
	E	Quercus robur	8,50	4,05	52,35	103,80	103,00	0,77	16,20	14,70	9,26	12,80	10,80	15,63	7,80	6,90	11,54	9,10	6,10	32,967
	F	Quercus robur	10,60	5,15	51,42	110,90	109,70	1,08	17,10	14,80	13,45	16,20	12,30	24,07	10,00	6,20	38,00	8,00	6,80	15,00
	G	Quercus robur	6,30	3,00	52,38	106,20	103,80	2,26	22,30	19,40	13,00	13,90	11,50	17,27	7,50	5,20	30,67	5,80	4,20	27,586
	H	Quercus sez. robur	3,30	1,68	49,09	61,50	61,00	0,81	18,90	17,50	7,41	11,50	9,20	20,00	6,60	4,00	39,39	6,10	3,50	42,622
	I	Quercus sez. robur	1,70	1,00	41,18	59,80	58,50	2,17	13,30	12,00	9,77	16,60	13,50	18,67	4,10	2,80	31,71	4,50	3,00	33,333
	L	Quercus sez. robur	5,30	2,55	51,89	88,90	87,00	2,14	22,20	18,40	17,12	18,00	16,40	8,89	4,00	3,50	12,50	2,50	2,00	20,00
	M	Quercus robur	6,50	3,20	50,77	73,50	71,00	3,40	22,80	20,50	10,09	19,30	15,40	20,21	7,50	5,50	26,67	4,25	3,50	17,647
R	Quercus caducif.	3,20	1,60	50,00	54,30	54,00	0,55	17,90	16,00	10,61	19,70	16,40	16,75	4,50	3,80	15,56	4,10	3,00	26,829	
II ciclo	P	Quercus robur	7,20	3,40	52,777	116,50	116,40	0,09	14,50	11,50	20,69	17,80	14,00	21,35	5,10	4,20	17,65	5,50	2,80	49,090
	T	Quercus robur	2,00	0,99	50,50	61,00	60,10	1,48	10,50	9,50	9,52	10,00	8,40	16,00	4,00	2,40	40,00	4,00	1,50	62,50
	U	Quercus robur	9,35	4,90	47,593	113,50	109,70	3,35	18,50	15,40	16,76	16,20	16,10	0,62	7,50	5,70	24,00	6,25	4,20	32,80
	V	Quercus sez. robur	10,20	5,72	43,921	115,00	115,00	0,00	18,20	16,50	9,34	19,80	14,90	24,75	7,55	5,50	27,15	8,50	7,45	12,352
	W	Quercus sez. robur	6,20	2,85	54,032	86,50	86,40	0,12	13,20	11,30	14,39	11,50	7,00	39,13	7,50	4,40	41,33	10,50	5,50	47,619
	Z	Quercus robur	6,40	2,96	53,75	82,50	80,50	2,42	19,00	17,20	9,47	14,20	10,50	26,06	9,0	7,90	12,22	8,50	5,50	35,294
III ciclo	O	Quercus robur	9,25	4,80	48,108	105,00	105,00	0,00	17,00	15,50	8,82	13,50	13,40	0,74	6,9	5,20	24,64	7,10	5,10	28,17
	Q	Quercus sez. robur	13,25	6,96	47,471	135,00	134,40	0,44	15,00	11,80	21,33	18,00	15,80	12,22	9,50	7,20	24,21	10,00	6,80	32,00
	S	Quercus caducif.	0,54	0,29	46,30	51,00	48,50	4,90	12,10	12,00	0,83	11,50	11,00	4,35	1,1	0,50	54,55	1,00	0,40	60,00

tab. 1 – Risultati delle analisi pre- e post restauro dei 21 elementi della palificata



fig. 3 – Lavaggio degli elementi della palificata.



fig. 4 – Vasca termoriscaldata.

Il primo intervento di restauro, effettuato dopo circa due anni dal recupero dei reperti lignei della palificata, ha interessato 21 reperti provenienti dal Fossato dell'US neg. 1567. Tutti i reperti sono di medie dimensioni, alcuni con lunghezza inferiore al metro, altri di poco superiori al metro e tutti hanno una larghezza compresa fra 13,10 cm e 22,80 cm (vedi *tab. 1*).

Dopo l'estrazione dalle vasche di conservazione temporanea, i materiali lignei sono stati nuovamente lavati con acqua demineralizzata (*fig. 3*) e collocati in una vasca termoriscaldata (*fig. 4*) riempita con acqua demineralizzata e PEG 4000 al 10%. Progressivamente la temperatura della vasca è stata innalzata da 30° a 75°C per facilitare l'evaporazione dell'acqua e la sua lenta e graduale sostituzione per osmosi con il PEG (*fig. 5*). Questo processo ha

con il Polietilenglicole (PEG 4000 al 10%), metodologia che garantisce al manufatto restaurato robustezza ed equilibrio mantenendone inalterato l'aspetto.



fig. 5 – Pali nella vasca termoriscaldata durante le fasi finali del restauro.



fig. 6 – Estrazione dei pali dalla vasca termoriscaldata.

richiesto tempi molto lunghi e controlli ravvicinati, soprattutto nella delicata fase di progressivo innalzamento della temperatura in quanto eventuali cambiamenti di stato all'interno della vasca (ad esempio un improvviso rialzo o un repentino abbassamento della temperatura) avrebbero potuto compromettere l'esito finale del restauro. Per portare a termine questo lungo e delicato procedimento (evaporazione dell'acqua e sostituzione

per osmosi con il PEG) sono occorsi circa 13 mesi più un ulteriore mese per la stabilizzazione dei reperti a temperatura ambiente controllata che ha consentito così di consolidarli nel tempo senza che si producessero spaccature o fratture dovute al cambiamento repentino di temperatura. Tutti i reperti, ormai consolidati, sono poi stati estratti dalla vasca (fig. 6), lavati con acqua calda per eliminare i residui di PEG e lasciati asciugare a temperatura ambiente. Successivamente, una volta asciutti, i reperti frammentati sono stati assemblati con un composto a base di cera e terre naturali (I76). Su tutti i reperti è poi stata passata una protezione finale con cera microcristallina.

Lo stesso trattamento di consolidamento con PEG, rispettando le medesime tempistiche e procedure, è stato applicato ai restanti elementi della palificata in due diversi cicli di restauro in vasca termoriscaldata (vedi tab. 1).

Per valutare la riuscita degli interventi di restauro è stato effettuato uno studio analitico dei reperti post-restauro, in particolare ogni singolo elemento ligneo è stato nuovamente fotografato, misurato e pesato; questi dati sono poi stati aggiunti alle apposite schede già predisposte e compilate prima di immergere i reperti nelle vasche di conservazione. Inoltre, durante le fasi di assemblaggio, ogni reperto è stato nuovamente sottoposto ad analisi di laboratorio per valutare la penetrazione del PEG nel legno e registrare, ripetendo le operazioni di misura/pesatura, la diminuzione di peso e l'eventuale deformazione degli oggetti.

Nella tab. 1 vengono riportati i risultati ottenuti mettendo a confronto le dimensioni (lunghezza, larghezza e spessore) e il peso prima e dopo il restauro evidenziando la variazione percentuale tra le due misure. La larghezza dei pali è stata misurata alla testa del palo e alla base della punta, lo stesso parametro è stato applicato anche per lo spessore e, in alcuni casi, quando lo spessore aveva un valore minimo ed uno massimo, è stato considerato il valore medio.

IV.4.3 Risultati

Analisi specialistiche dei reperti lignei pre-restauro

Vengono di seguito illustrati i risultati delle analisi specialistiche effettuate sulla palificata e le relative osservazioni scaturite dalle indagini.

ANALISI MACROSCOPICA

L'esame macroscopico dei pali non ha evidenziato biodeterioramenti marcati; a questa prima analisi

lo stato di conservazione dei reperti risultava discreto sia dopo l'estrazione dal contesto archeologico originario sia durante le fasi di "stand by" nelle vasche temporanee di conservazione.

L'analisi della morfologia esterna dei reperti ha messo in luce che tutti gli elementi della palificata sono stati ottenuti spaccando longitudinalmente in due o più parti pezzi di tronco provenienti da alberi di medie dimensioni. Dopo il taglio, i singoli pezzi sono stati appuntiti ad una estremità con una decina di colpi d'ascia (da otto a quattordici) e, in seguito, ancora rivestiti di corteccia, infissi nel canale mediante percussione con grossi magli, i cui segni sono ancora visibili nell'estremità superiore dei pali stessi. Questa tecnica, largamente utilizzata nelle epoche passate, consentiva di ottenere un maggior numero di pali partendo da una quantità limitata di legname.

Nel complesso, considerando la morfologia e la taglia dei pali, si può ritenere che la palificata fu con tutta probabilità funzionale allo scopo, cioè adatta a contenere e sostenere il terrapieno. Dei 21 reperti recuperati, 14 risultano di lunghezza ragguardevole (da 72,5 a 135,0 cm), mentre 7 di dimensioni minori (da 50,90 a 72,0 cm); questi ultimi venivano probabilmente utilizzati per riempire gli spazi esistenti fra i pali più grossi. La palificata sembra quindi essere stata ben realizzata.

ANALISI XILOLOGICA

L'esame xilologico eseguito al microscopico ottico sui 21 pali ha evidenziato che tutti i reperti appartengono a *Quercia/Quercus* e, più precisamente, 2 sono stati identificati come appartenenti a *Quercus* caducifoglie e 19 a *Quercus* sez. *robur* che comprende tre specie comuni nella nostra regione quali *Farnia/Quercus robur* L. s.s. = *Quercus pedunculata* Ehrh., *Rovere/Quercus petraea* (Mattuschka) Lieblein e *Roverella/Quercus pubescens* Willd. e il *Farnetto/Quercus frainetto* Ten., specie propria dell'Italia centro-meridionale. Nell'ambito del gruppo *Quercus* sez. *robur*, da un ulteriore affinamento dell'indagine, sembra di poter attribuire 11 pali alla *Farnia/Quercus robur* soprattutto in base al numero delle file di vasi nella cerchia porosa, alla disposizione dei vasi tardivi, alla frequenza e altezza dei raggi pluriseriati e agli elementi costituenti la massa fondamentale.

L'analisi delle sezioni sottili al microscopio ottico ha inoltre rilevato la presenza di alcune ife settate di *Asco* e/o *Basidiomiceti*, mentre non sono emerse evidenze di attacchi batterici.

Si può dunque affermare che la scelta del legno di *Quercia* fu consapevole ed appropriata, non casuale, infatti il legno di questa pianta e, in par-

icolare della *Farnia*, che risulta essere la specie maggiormente utilizzata per i pali della palificata e forse l'unica dal momento che le determinazioni non specifiche non escludono questa specie, ha una elevata durabilità sia all'asciutto che in ambienti ricchi di acqua e tollera bene anche l'alternanza di secco e umido. Inoltre questo tipo di legno di colore giallo-cenere, pesante, duro, elastico e tenace, resistente agli sforzi e di facile lavorazione risultava sicuramente adatto alla funzione di contenimento del terrapieno a ridosso del fossato. L'assenza di biodeterioramento conferma l'idoneità della scelta. Nel formulare questi giudizi sulla scelta del legname e senza togliere valore alla consapevolezza con cui essa fu probabilmente fatta, si deve comunque ricordare che diversificati tipi di *Quercia* erano presenti nelle vicinanze dell'area indagata, come confermano le analisi polliniche (Marvelli *et al. infra*) e quelle xilo-antracologiche (Marchesini, Marvelli *infra*); in particolare la *Farnia* è stata la specie dominante nel querceto mesoigrofilo della pianura emiliana a partire dal Boreale (Accorsi *et al.* 1997, 1997a, 1999).

Restauro e post-restauro

Il restauro dei reperti lignei è stato effettuato utilizzando la tecnica del consolidamento con PEG in vasca termoriscaldata, metodologia considerata più idonea alla fine degli anni Novanta del secolo scorso tra quelle utilizzate nel restauro del legno bagnato in considerazione sia del buono stato di conservazione dei reperti sia del tipo di legno da sottoporre a trattamento (= legno poroso, zonato, con trachee primaverili ampie occupanti nel complesso un terzo del volume del legno, con masse compatte di fibre di piccolo raggio).

Terminati i vari cicli di restauro in vasca termoriscaldata e i relativi trattamenti prima di essere musealizzati, tutti i pali sono stati nuovamente sottoposti a documentazione fotografica, rilevamento delle misure finali (lunghezza, larghezza e spessore) e controllo del peso specifico finale.

In *tab.* 1 vengono riportate le dimensioni (lunghezza, larghezza e spessore) e il peso dei pali prima e dopo le operazioni di restauro in aggiunta alla variazione percentuale tra le due misure. I reperti sono ordinati per cicli di restauro in vasca termoriscaldata per evidenziare meglio le variazioni rilevate in seguito alle operazioni di restauro. I parametri riportati sono: p = peso, l = lunghezza, L1 = larghezza presa all'apice opposto alla parte lavorata, L2 = larghezza alla base della lavorazione, S1 = spessore preso nel punto di rilevazione di L1, S2 = spessore nel punto di rilevazione di L2.



fig. 7 – Musealizzazione della palificata presso il Museo Archeologico Ambientale di San Giovanni in Persiceto (BO).

Da queste operazioni è risultato che tutti i reperti restaurati hanno sostanzialmente mantenuto la loro forma, ma hanno mostrato variazioni sia nelle dimensioni che nel peso.

In particolare, le variazioni delle dimensioni hanno riguardato principalmente la larghezza (variazione tra 1% e 39%) e lo spessore (variazione tra 12% e 63%), mentre la lunghezza è variata decisamente poco (0-5%). Molto elevate sono state invece le variazioni del peso che hanno riportato oscillazioni comprese tra 31% e 54%. Non sono state invece osservate differenze di variazione nei tre cicli di restauro della palificata.

Queste variazioni sono verosimilmente dovute all'evaporazione dell'acqua di cui i reperti erano impregnati e che li aveva molto probabilmente deformati rispetto alla morfologia che essi avevano al momento della costruzione della palificata. Si può quindi ipotizzare che il restauro abbia in qualche modo restituito ai pali una forma più simile e vicina a quella reale che essi avevano prima della costruzione della palificata, ipotesi in corso di verifica con ulteriori prove sperimentali.

Terminati tutti i controlli, i reperti sono stati montati nel 2004 su speciali pannellature ed esposti in mostra permanente presso il Museo Archeologico Ambientale di San Giovanni in Persiceto (BO) (fig. 7).

IV.4.4 Conclusioni

Le indagini specialistiche pre- e post-restauro condotte sui 21 elementi della palificata rinvenuti nel fossato del nostro *castrum* altomedievale hanno permesso non solo di identificare il legno utilizzato per realizzarla, approfondendo anche le tecniche/metodologie adottate per la sua costruzione, ma anche hanno consentito di valutare lo stato di conservazione dei reperti una volta estratti dall'originale contesto archeologico e tenerlo monitorato con controlli successivi nel corso del tempo. È stato inoltre possibile individuare la procedura migliore da adottare per il restauro dei reperti, valutandone scientificamente la sua riuscita in un lungo arco temporale.

Nel complesso si può affermare che tutti i reperti della palificata sono stati ricavati da alberi di medie dimensioni appartenenti a Querce caducifoglie, in particolare la maggioranza (= 90%) dei 21 pali appartiene a *Quercus* sez. *robur* e, tra questi, più della metà appartiene quasi certamente alla Farnia (*Quercus robur* s.s. = *Quercus pedunculata* Ehrh).

Il prelievo dei tronchi è avvenuto con tutta probabilità da boschi limitrofi all'insediamento; la Farnia infatti risulta essere componente caratterizzante di boschi mesoigrofilo e igrofilo padani, in particolare specie predominante insieme a Carpino bianco, Olmo campestre, Acero campestre e Frassino meridionale del querceto-carpinetto mesoigrofilo, tipica associazione climatica e paleoclimatica della pianura padana (ACCORSI *et al.* 1997, 1999; BERTOLANI MARCHETTI 1969-70).

La scelta del tipo di legno è stata selettiva ed appropriata, infatti il legno di Quercia è particolarmente indicato per le palificate in ambiente sommerso in quanto può resistere anche per lungo tempo in ambienti ricchi di acqua (CECCHINI 1952). Si può quindi affermare che la scelta venne fatta consapevolmente essendo stata selezionata la Quercia nell'ambito di boschi planiziali che ospitavano varie altre specie arboree, come risulta dalle analisi polliniche (Marvelli *et al. infra*). Infatti l'utilizzo di specifici tipi di legno per la costruzione di strutture, attrezzi e oggetti vari è una competenza che era già entrata da molto tempo nella cultura etnobotanica emiliana, certamente dall'Età del Bronzo (ACCORSI *et al.* 2004).

I singoli elementi della palificata sono stati ottenuti spaccando tronchi di medie dimensioni secondo piani longitudinali radiali e tangenziali, ottenendo pali semicilindrici o piatti. I pali sono poi stati appuntiti con asce e infissi nel terreno a colpi di maglio, costituendo una funzionale barriera di contenimento. La sequenza di pali così ottenuta

ha formato un funzionale manufatto di contenimento del terrapieno che cingeva l'abitato.

I legni, al ritrovamento, si presentavano in buono stato di conservazione, come è emerso dall'analisi effettuata, che ha rivelato solo tracce di ife fungine e non ha evidenziato biodeterioramenti marcati. Il primo intervento di restauro è stato effettuato dopo circa due anni dal recupero degli elementi lignei, periodo nel quale i reperti sono stati immersi in acqua demineralizzata e aggiunta di antimicotico/antibatterico in vasche temporanee di conservazione; la tecnica utilizzata è stata quella del consolidamento con PEG 4000, ritenuta la metodologia più idonea in quegli anni considerando sia il buono stato di conservazione dei reperti sia il tipo di legno da sottoporre ad operazioni di restauro. Tutti i cicli di restauro hanno interessato un periodo di tempo di circa 13 mesi più un ulteriore mese per la stabilizzazione dei reperti a temperatura ambiente.

Dai controlli post-restauro effettuati è risultato che i reperti hanno sostanzialmente conservato la loro forma, ma sono diventati più stretti, più sottili e più leggeri; infatti solo la lunghezza è rimasta inalterata, mentre la larghezza e lo spessore sono diminuiti di circa 1/3 e il peso è diminuito notevolmente passando ad 1/2 e, in alcuni casi, anche ad 1/3.

Per queste variazioni, in assenza di dati in letteratura, si fa qui l'ipotesi che esse siano da collegare alla perdita di acqua che il legno aveva assorbito durante la permanenza in ambiente sommerso, con ritorno del legno ad una forma più simile a quella originaria stabilizzata poi dal PEG. I pali restaurati potrebbero essere quindi più simili a quelli altomedievali originali al momento della messa in opera alla base del terrapieno rispetto a quelli che invece sono stati rinvenuti durante le fasi di scavo.

Il restauro della palificata, iniziato nel 1999 e terminato nel 2002, ha fornito nel complesso buoni risultati: ad oltre un decennio dal primo intervento di consolidamento con PEG i pali, musealizzati presso il Museo Archeologico Ambientale di San Giovanni in Persiceto (BO) dal 2004, si presentano stabili e non mostrano alterazioni che ne compromettono la stabilità; non sono inoltre emersi biodeterioramenti post-restauro.

Il lavoro condotto e l'esperienza maturata da questo protocollo permette quindi di proporre per il

recupero di reperti archeologici importanti destinati alla musealizzazione la seguente sequenza di interventi:

- 1) analisi macroscopica con rilievo dei vari parametri morfologici (colore, forma, dimensioni) e stato di conservazione;
- 2) analisi microscopica allo stereomicroscopio e microscopio ottico con identificazione della specie, dei parametri anatomici interessanti e degli eventuali biodeteriogeni;
- 3) restauro con il metodo apparso più opportuno in base alle considerazioni emerse;
- 4) analisi morfologica immediata post restauro;
- 5) monitoraggio successivo dei reperti in museo con ripetizione di analisi opportune per verificare la loro conservazione nel tempo.

La metodologia adottata per il restauro degli elementi lignei rispecchia le conoscenze dell'epoca in cui è stato eseguito, ovvero alla fine degli anni Novanta del secolo scorso. Attualmente le tecniche e le metodologie di restauro del legno bagnato archeologico sono notevolmente cambiate: le analisi pre-restauro sono state perfezionate ed oltre al riconoscimento specifico del legno, viene effettuato per ogni reperto una caratterizzazione fisica, con determinazione della densità basale (Db), della perdita di sostanza legnosa (LWS = Loss of Wood Substance) e del contenuto massimo percentuale d'acqua (MWC = Maximum Water Content). Viene inoltre effettuata la caratterizzazione chimica dei polisaccaridi della parete cellulare (cellulosa, emicellulosa, lignina, estratti organici e inorganici) e per ultima la caratterizzazione del degrado biologico da parte di funghi, batteri e organismi superiori, sia a livello macroscopico che microscopico.

Anche le tecniche di restauro sono notevolmente cambiate: per ottenere un migliore consolidamento dei legni si utilizzano miscele di PEG con molecole diverse, da 400 a 4.000. Per evitare il degrado del PEG, che ad alte temperature si deteriora, si utilizzano procedimenti di riscaldamento indiretto e la soluzione di PEG viene portata a temperatura attraverso serpentine in cui corre acqua calda a bassa temperatura. Ciò permette al legno di raggiungere una maggiore stabilità e di mantenere il suo colore originario.