

# DATAZIONE ASSOLUTA DI ALCUNI RELITTI DAL CONTESTO DELLE NAVI DI PISA. RISULTATI PRELIMINARI DELLE INDAGINI DENDROCRONOLOGICHE E RADIOMETRICHE COL $^{14}\text{C}^{(*)}$

Nicoletta Martinelli, Olivia Pignatelli

Dendrodata s.a.s., Verona

Giovedì 6 Dicembre  
2007  
5° Intervento

La dendrocronologia è un metodo di datazione del legno che consente di ottenere risultati di precisione annuale perché basato, come noto, sullo studio e sulla misurazione degli anelli di accrescimento presenti su reperti lignei.

Questa metodologia di indagine costituisce uno strumento indispensabile per gli studi di archeologia navale non solo per la datazione estremamente precisa degli scafi, ma anche per gli altri tipi di informazione che può fornire, individuando, ad esempio, gli elementi provenienti da uno stesso tronco, o da uno stesso soprassuolo boschivo, o localizzando la zona geografica di approvvigionamento del legname.

Allo stato attuale delle ricerche la dendrocronologia, tuttavia, associa alle grandi potenzialità, alcuni limiti. La datazione di relitti antichi rinvenuti nell'area del bacino Mediterraneo occidentale risulta ancora difficile, nonostante questa metodologia venga sempre più frequentemente applicata, per il numero limitato di cronologie di riferimento disponibili per questa regione per i periodi più antichi.

Nessuna datazione definitiva è stata finora ottenuta per i relitti di età romana analizzati in Italia<sup>1</sup> e nemmeno per i numerosi relitti rinvenuti lungo le coste francesi o in loro prossimità, e datati sulla base del carico fra il IV secolo a.C. e il IV secolo d.C.<sup>2</sup>; l'unica eccezione è rappresentata dal relitto di Arles venuto alla luce nel Rodano e realizzato con fusti di quercia, il cui abbattimento è avvenuto nell'intervallo di tempo fra il 114 e il 133 d.C.<sup>3</sup>.

Per tale motivo il contesto delle navi antiche di Pisa San Rossore, con i suoi numerosi reperti lignei, costituisce un importante archivio non solo dal punto di vista archeologico, ma anche da quello dendrocronologico. Lo stato di conservazione della parte lignea degli scafi, infatti, ha consentito l'applicazione sia delle indagini dendrocronologiche, effettuate presso il laboratorio della Dendrodata s.a.s (Verona), sia delle analisi col radiocarbonio, affidate al Laboratorio per il  $^{14}\text{C}$  (*Radiometrische Alterbestimmung von Wasser und Sedimenten*) dell'Università di Heidelberg (Germania).

In particolare si è proceduto all'applicazione della tecnica del *wiggle-matching*, che associa le analisi dendrocronologiche alle indagini radiometriche col  $^{14}\text{C}$  e consente di ottenere risultati di alta precisione trasformando le curve dendrocronologiche fluttuanti in cronologie datate. L'obiettivo è quello di disporre di curve dendrocronologiche di riferimento utilizzabili per altre navi attraverso nuove analisi con la sola dendrocronologia, potendo applicare metodologie completamente non distruttive.

In questa memoria vengono presentati i risultati del primo lotto di indagini condotte su cinque scafi relativi ai relitti denominati B, D, E, I e P, facenti parte del nuovo ciclo di indagini e ricerche per la datazione assoluta di precisione delle navi messe in luce intrapreso nel 2004 e affidato al laboratorio della Dendrodata s.a.s. dalla Soprintendenza Archeologica della Toscana.

## I materiali

Di ognuno degli scafi relativi ai relitti B, D, E, I e P sono stati indagati alcuni elementi a cui è stato possibile accedere nel corso dei lavori di scavo e di restauro<sup>4</sup>. La selezione degli elementi da sottoporre ad indagine dendrocronologica è stata preceduta da un accurato esame macroscopico al fine di individuare gli elementi idonei all'indagine sia come specie, sia come numero di anelli.

Per ottenere una datazione di precisione, il più possibile vicina al momento dell'abbattimento dei fusti, si è cercato di identificare i manufatti che conservassero la porzione più esterna del tronco. Per tale motivo nel corso dei sopralluoghi si è data preferenza al campionamento delle ordinate, una tipologia di elemento che, sulla base delle esperienze già acquisite, più frequentemente conserva gli anelli più esterni del tronco originario, contrariamente a quanto avviene

negli elementi del fasciame che, nella rifilatura delle tavole, ne sono solitamente privati. Anche nel caso degli elementi selezionati per la sola indagine radiometrica, per il medesimo motivo, si è prestata particolare attenzione alla presenza degli ultimi anelli di accrescimento<sup>7</sup>. Sei elementi appartenenti ai relitti B ed E sono stati campionati per l'indagine dendrocronologica e successivamente hanno fornito sei campioni per la datazione radiocarbonica; i restanti sei campioni sottoposti a datazione col <sup>14</sup>C provengono da altri sei elementi relativi agli scafi D, I e P che non disponevano di elementi idonei alle indagini dendrocronologiche.

### L'indagine dendrocronologica

Il campionamento dendrocronologico è una delle fasi più delicate delle indagini, soprattutto nel caso di reperti per i quali sia prevista una successiva fruizione museale. Esso deve infatti conciliare le esigenze della ricerca, per le quali è necessario disporre di campioni in cui sia possibile individuare con chiarezza le sequenze anulari formatesi nel tronco originario, preferibilmente in corrispondenza della sezione trasversale, e nello stesso tempo rispettare le esigenze della conservazione.

Nel contesto archeologico delle navi di Pisa San Rossore è stata valutata la possibilità di ricorrere a campionamenti non distruttivi, utilizzando alcune tecniche ampiamente sperimentate nel campo dei manufatti di pregio storico-artistico e già testate sui relitti di Olbia, quali la lettura diretta e l'analisi di riprese fotografiche<sup>6</sup>. Su alcuni elementi di dimensioni maggiori, come travi o pali, si è anche proceduto al tentativo di estrarre delle carote con carotatori modificati per l'uso su legno bagnato, purtroppo in questo caso senza successo.

Lo stato di conservazione del legno, nonché l'esigenza di disporre di materiale su cui effettuare anche la datazione radiometrica, ha comunque reso necessario il prelievo di rotelle dello spessore di qualche centimetro da alcuni degli elementi selezionati. Questa tecnica di prelievo è comunemente utilizzata su reperti in legno imbibito, in quanto gli elementi da analizzare assumono, a causa della lunga permanenza in ambiente umido, una colorazione nerastra ed una consistenza spugnosa, che, in genere, impediscono sia l'estrazione di carote che la lettura diretta.

L'indagine dendrocronologica dei reperti lignei è stata condotta con il duplice scopo di ottenere la datazione assoluta degli elementi in legno di quercia e/o di individuare gli elementi fra loro contemporanei per poter procedere alla selezione delle sequenze da sottoporre a datazione radiometrica con la tecnica del *wiggle-matching*.

Nel caso del primo gruppo di scafi interessati dal primo lotto di indagini, solo nei relitti B ed E sono stati individuati elementi idonei all'indagine dendrocronologica. Dal relitto E provengono due campioni in legno di frassino, mentre dal relitto B o da strutture ad esso pertinenti provengono quattro campioni in legno di quercia.

Il legno di frassino è poco studiato dal punto di vista dendrocronologico e non sono disponibili cronologie di riferimento plurisecolari. Per la datazione di campioni di frassino è tuttavia possibile ricorrere a eteroconnessioni con elementi in quercia dello stesso sito<sup>7</sup>. L'impiego nella carpenteria navale romana è raramente documentato, tuttavia campioni in legno di frassino provenienti da antichi relitti sono già stati oggetto di indagini dendrocronologiche<sup>8</sup>.

La quercia è, invece, un legno per il quale si dispone di una vasta letteratura dendrocronologica; allo stato attuale le ricerche svolte in Italia non hanno ancora permesso la costruzione di curve standard della quercia, che coprano tutto il I e il II millennio d.C. Si è ritenuto comunque indispensabile procedere al tentativo di teleconnessione (confronto con cronologie di altre zone geografiche) con le cronologie quercine straniere elaborate da E. Hollstein per la Germania centrooccidentale (700 a.C.-1964 d.C.)<sup>9</sup> e da B. Becker e collaboratori per la Germania centromeridionale (7237 a.C.-1963 d.C.)<sup>10</sup>.

Nello studio dei relitti navali di età storica rinvenuti nel Mediterraneo uno dei principali problemi è costituito dalla mancanza di dati sulla localizzazione dei cantieri di costruzione delle imbarcazioni, che impedisce di conoscere a priori le curve regionali su cui operare i tentativi di sincronizzazione. Per tale motivo da qualche anno è stata instaurata una collaborazione fra vari laboratori europei per l'analisi incrociata dei dati. Le serie elaborate per gli scafi di Pisa, come quelle ottenute dagli altri relitti esaminati presso il laboratorio Dendrodata s.a.s., sono state confrontate con le serie disponibili per il bacino occidentale del Mediterraneo.

L'indagine dendrocronologica ha seguito le procedure dendrocronologiche classiche<sup>11</sup>.

La misurazione dello spessore degli anelli di accrescimento è stata effettuata procedendo dalla zona midollare alla corteccia con strumentazione di precisione al centesimo di millimetro. I dati raccolti sono stati registrati ed elaborati con i programmi Catras© (*Computer Aided Tree Ring Analysis*)<sup>12</sup> e TSAP© (*Time Series Analysis Program*) di F. Rinn (Tabella I).

campione	provenienza	taxon	centro assiale	sequenza anulare	alburno	Waldkante
<i>dendro 1 R.B</i>	Relitto B VI ordinata Nord-Est	Quercus sp. sez. Robur	assente	69 anelli	incerto	assente
<i>dendro 2 R.B</i>	Relitto B puntello Nord-Est	Quercus sp. sez. Robur	assente	76 anelli	incerto	assente
<i>dendro 3 R.B</i>	Relitto B IV ordinata Nord-Est	Quercus sp. sez. Robur	assente	39 anelli	incerto	assente
<i>dendro 4 R.B</i>	Relitto B palo	Quercus sp. sez. Robur	assente	99 anelli	assente	assente
<i>dendro 1 R.E</i>	Relitto E V ordinata Est	Fraxinus sp.	presente	108 anelli	–	assente
<i>dendro 4 R.E</i>	Relitto E IX ordinata Est	Fraxinus sp.	assente	101 anelli	–	assente

**Tabella I.** Caratteri dendrocronologici dei campioni indagati

I due campioni in legno di frassino esaminati nel relitto E provengono da due ordinate denominate *Dendro1 Relitto E* e *Dendro 4 Relitto E*. Essi sembrano conservare gli anelli più esterni del tronco e hanno fornito le sequenze anulari più lunghe, pari a 108 e 101 anelli; trattandosi di un legno a durame indifferenziato non è possibile riconoscere la presenza della parte alburnosa. Entrambe le sequenze sono caratterizzate da un andamento fortemente irregolare cui si deve probabilmente imputare l'assenza di sincronizzazioni.

Tre dei quattro campioni in legno di quercia caducifolia della sezione *Robur* (*Quercus* sp. sez. *Robur*) (due ordinate e il puntello Nord-Est) provengono dal relitto B, un campione è stato prelevato, invece, da un palo situato in prossimità dello scafo di questo relitto.

Il numero di anelli presenti nelle sequenze elaborate per i quattro campioni quercini è compreso tra 39 e 99. Nessuno dei campioni presenta il centro assiale. A causa dello stato di conservazione del legno, che a volte presenta alterazioni di colore lungo la superficie esterna, è risultato difficile individuare con certezza la presenza dell'alburno, che parrebbe presente nei campioni delle ordinate (*Dendro 1 Relitto B* e *Dendro 3 Relitto B*) e del puntello (*Dendro 2 Relitto B*).

Il confronto ottico fra le serie definitive elaborate ha permesso di individuare la contemporaneità delle sequenze elaborate per i campioni prelevati dal puntello Nord-Est (*Dendro 2 Relitto B*) e dal palo (*Dendro 4 Relitto B*), entrambi elementi correlati al relitto B. Esse hanno dato origine a una curva media lunga 105 anelli.

L'ultimo anello presente sui campioni interdatati si colloca in cronologia relativa all'anno 105 per il puntello N-E e all'anno 99 per il palo. L'eventuale presenza dell'alburno quasi completo nel campione del puntello indicherebbe come l'abbattimento della pianta matrice potesse essere avvenuto in un anno di poco successivo al 105 della cronologia relativa.

La serie dendrocronologica elaborata dai due campioni, l'unica ad avere lunghezza superiore ai 100 anelli, è stata confrontata con le curve standard straniere disponibili per il periodo di interesse per la datazione assoluta, senza alcun risultato.

#### La datazione radiometrica col <sup>14</sup>C

I dodici campioni prelevati per il <sup>14</sup>C provengono dagli elementi lignei degli scafi dei relitti B, D, E, I e P. Sia nel relitto B, sia nel relitto E è stato possibile identificare tramite l'analisi dendrocronologica la presenza di almeno un elemento con serie anulare sufficientemente lunga per

l'applicazione della tecnica del *wiggle-matching*.

Allo scopo sono stati prelevati due campioni provenienti dalla VI ordinata Nord-Est del relitto B (*Dendro 1 Relitto B*), corrispondenti ai gruppi di anelli 1-15 e 55-69 della sequenza definitiva, e tre campioni della V ordinata Est del relitto E, corrispondenti ai gruppi di anelli 1-10, 30-40 e 70-100 della sequenza definitiva del campione *Dendro 1 Relitto E*.

Poiché le indagini dendrocronologiche hanno permesso di identificare la contemporaneità fra il puntello Nord-Est del relitto B e il palo situato in sua prossimità, mettendone in dubbio la pertinenza allo scafo stesso, si è preferito escludere questo elemento dalle datazioni col *wiggle-matching*, sebbene da esso provenisse la più lunga sequenza anulare elaborata dalle analisi dendrocronologiche.

Gli altri elementi lignei sottoposti a datazione radiometrica sono stati selezionati, quando possibile, per la presenza dell'alburno e/o dell'ultimo anello di accrescimento del tronco, o comunque di una zona prossima alla corteccia, per evitare che i risultati potessero presentare il cosiddetto *old-wood effect*<sup>13</sup>. Dai reperti selezionati è stato prelevato un campione contenente le cerchie più esterne, di cui sono indicate in tabella caratteristiche dendrologiche e peso<sup>14</sup> (Tabelle II e III).

nome campione	provenienza	specie legnosa	caratteri	n. anelli	peso gr
SAN ROSSORE 1	Relitto D ordinata VII dalla prua	<i>Pinus</i> sp.	sequenza con probabile anello cambiale	10	80
SAN ROSSORE 2	Relitto D ordinata XII dalla prua	<i>Pinus</i> sp.	sequenza con gli anelli più esterni	20	76
SAN ROSSORE 5	Relitto B IV ordinata Nord-Est	<i>Quercus</i> sp. sez. <i>Robur</i>	sequenza con alburno	10	35
SAN ROSSORE 6	Relitto P ordinata I Nord	<i>Quercus</i> sp. sez. <i>Robur</i>	sequenza con alburno <sup>(*)</sup>	17	20
SAN ROSSORE 7	Relitto P ordinata 12 Sud	<i>Quercus</i> sp. sez. <i>Robur</i>	sequenza di durame <sup>(*)</sup>	10	39
SAN ROSSORE 8	Relitto I ordinata 10 Sud	<i>Quercus</i> sp.	sequenza di durame <sup>(*)</sup>	13	21
SAN ROSSORE 9	Relitto I ordinata 23 Sud	<i>Quercus</i> sp. sez. <i>Robur</i>	sequenza con alburno e anello cambiale	3	15

**Tabella II.** Caratteri dendrologici e peso dei campioni sottoposti a datazione radiometrica; il simbolo (\*) indica i casi in cui il riconoscimento della presenza/assenza dell'alburno risulta incerta a causa dello stato di conservazione del legno

I campioni lignei selezionati hanno fornito età radiometriche (Tabella IV) comprese fra 2176 e 1443 anni BP, accompagnate da un errore compreso fra 16 e 31 anni. In cronologia calibrata, l'arco cronologico interessato va dal 4° secolo cal BC al 7° secolo cal AD (1 $\sigma$ ).

Le età radiometriche convenzionali determinate presso il laboratorio per il <sup>14</sup>C di Heidelberg sono state calibrate utilizzando la curva di calibrazione IntCal04 e i programmi Calib (ver. 5.1) e OxCal (ver. 3.1) (Figura 1, Tabella IV)<sup>15</sup>.

Sono soprattutto i risultati delle elaborazioni col *wiggle-matching* a consentire un'attribuzione cronologica di maggior precisione dei resti lignei indagati.

Nel caso del Relitto B l'applicazione della tecnica sulla sequenza della VI ordinata Nord-Est (*Dendro 1 Relitto B*), ha permesso di collocare l'anello 1 della serie dendrocronologica in corrispondenza dell'anno 204 cal BC  $\pm$  26 (1 $\sigma$ ) e conseguentemente l'ultimo anello della serie, lunga 69 anelli, all'anno 136  $\pm$  26 (1 $\sigma$ ) (Figura 2).

Poiché il campione pare conservare almeno un anello di alburno, risulta possibile collocare l'abbattimento della pianta matrice nell'intervallo tra il 126 e il 116 cal BC  $\pm$  26 (1 $\sigma$ ). Allo stesso ambito cronologico, anche se con minor precisione, riconduce il risultato ottenuto

nome campione	provenienza	specie legnosa	caratteri	n. anelli	peso gr
SAN ROSSORE 3	Relitto B VI ordinata Nord-Est	<i>Quercus</i> sp. sez. <i>Robur</i>	sequenza degli anelli 1-15 di solo durame	15	33
SAN ROSSORE 4	Relitto B VI ordinata Nord-Est	<i>Quercus</i> sp. sez. <i>Robur</i>	sequenza degli anelli 55-69 con probabile albume	15	33
SAN ROSSORE 10	Relitto E V ordinata Est	<i>Fraxinus</i> sp.	sequenza degli anelli 1-15	15	65
SAN ROSSORE 11	Relitto E V ordinata Est	<i>Fraxinus</i> sp.	sequenza degli anelli 30-40	11	115
SAN ROSSORE 12	Relitto E V ordinata Est	<i>Fraxinus</i> sp.	sequenza degli anelli 70-100	31	65

Tabella III. Caratteri dendrologici e peso dei campioni sottoposti a datazione radiometrica per il wiggle-matching

dall'ordinata 2 (*Dendro 3 Relitto B*), 175-110 cal BC ( $1\sigma$ ), che pure pare conservare alcune cerchie di albume.

L'applicazione della tecnica del *wiggle-matching*, utilizzata anche sulla sequenza della V ordinata Est del relitto E (*Dendro 1 Relitto E*), ha permesso di datare l'anello 5 della serie dendrocronologica, lunga 108 anelli, all'anno 175 cal BC con un errore di  $+25/-35$  anni ( $1\sigma$ ). Poiché l'elemento pare conservare l'anello cambiale (*Waldkante*) è possibile datare l'abbattimento della pianta matrice all'anno 72 cal BC ( $+25/-35$ ), o ad uno degli anni immediatamente successivi. Il reperto ligneo selezionato per la datazione radiometrica risale quindi all'intervallo cronologico 107 – 47 cal BC ( $1\sigma$ )(Figura 3).

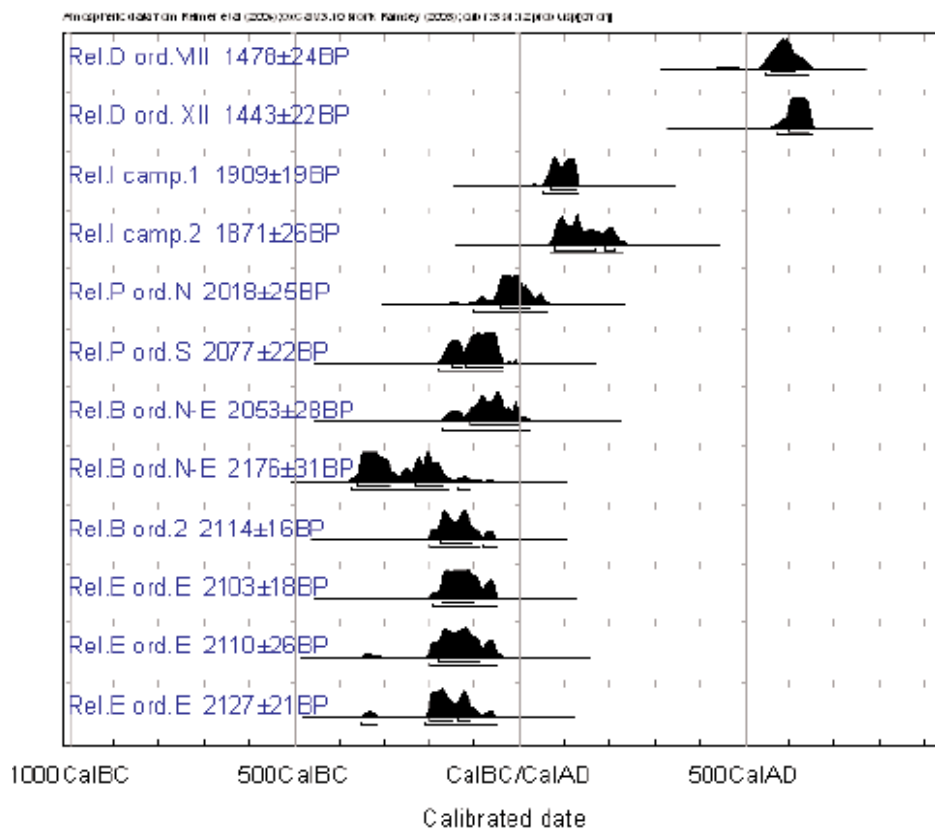


Figura 1. Analisi della distribuzione delle probabilità delle età calibrate; la calibrazione è stata effettuata sulla curva di calibrazione IntCal04 col programma OxCal (ver. 3.1)

codice laboratorio	nome campione	provenienza	età <sup>14</sup> C anni BP	δ <sup>13</sup> C ‰	età calibrata anni cal BC/AD (1σ)	età calibrata anni cal BC/AD (2σ)
Hd-24750	SAN ROSSORE 1	Relitto D ordinata VIII	1478 ± 24	-25.6	563 AD - 611 AD (1,00)	547 AD - 637 AD (1,00)
Hd-24732	SAN ROSSORE 2	Relitto D ordinata XII	1443 ± 22	-25.3	604 AD - 641 AD (1,00)	577 AD - 649 AD (1,00)
Hd-24751	SAN ROSSORE 3	Relitto B VI ordinata Nord-Est anelli 1-15	2176 ± 31	-28.1	353 BC - 293 BC (0,62) 230 BC - 218 BC (0,09) 213 BC - 180 BC (0,29)	364 BC - 163 BC (0,99) 130 BC - 120 BC (0,01)
Hd-24725	SAN ROSSORE 4	Relitto B VI ordinata Nord-Est anelli 55-69	2053 ± 28	-28.5	109 BC - 37 BC (0,84) 30 BC - 21 BC (0,07) 11 BC - 2 BC (0,09)	166 BC - 4 AD (0,99) 14 AD - 15 AD (0,01)
Hd-24745	SAN ROSSORE 5	Relitto B IV ordinata Nord-Est	2114 ± 16	-27.5	175 BC - 110 BC (1,00)	197 BC - 90 BC (0,95) 73 BC - 59 BC (0,05)
Hd-24733	SAN ROSSORE 6	Relitto P ordinata 1 Nord	2018 ± 25	-25.6	46 BC - 7 AD (0,94) 11 AD - 17 AD (0,06)	91 BC - 70 BC (0,05) 60 BC - 54 AD (0,95)
Hd-24752	SAN ROSSORE 7	Relitto P ordinata 12 Sud	2077 ± 22	-27.3	151 BC - 139 BC (0,13) 112 BC - 50 BC (0,87)	169 BC - 43 BC (1,00)
Hd-24724	SAN ROSSORE 8	Relitto I ordinata 10 Sud	1909 ± 19	-26.6	72 AD - 90 AD (0,44) 100 AD - 124 AD (0,56)	55 AD - 130 AD (1,00)
Hd-24753	SAN ROSSORE 9	Relitto I ordinata 23 Sud	1871 ± 26	-27.7	82 AD - 139 AD (0,74) 154 AD - 169 AD (0,13) 195 AD - 209 AD (0,13)	75 AD - 221 AD (1,00)
Hd-24734	SAN ROSSORE 10	Relitto E V ordinata Est anelli 1-10	2110 ± 26	-27.4	178 BC - 93 BC (1,00)	198 BC - 53 BC (1,00)
Hd-24754	SAN ROSSORE 11	Relitto E V ordinata Est anelli 30-40	2127 ± 21	-27.5	198 BC - 154 BC (0,68) 137 BC - 113 BC (0,32)	342 BC - 326 BC (0,04) 204 BC - 90 BC (0,93) 74 BC - 58 BC (0,03)
Hd-24755	SAN ROSSORE 12	Relitto E V ordinata Est anelli 70-100	2103 ± 18	-26.4	169 BC - 97 BC (1,00)	181 BC - 54 BC (1,00)

**Tabella IV.** Risultati delle datazioni radiometriche col <sup>14</sup>C sui campioni lignei; la calibrazione è stata effettuata sulla curva di calibrazione IntCal04 col programma Calib (ver. 5.1)

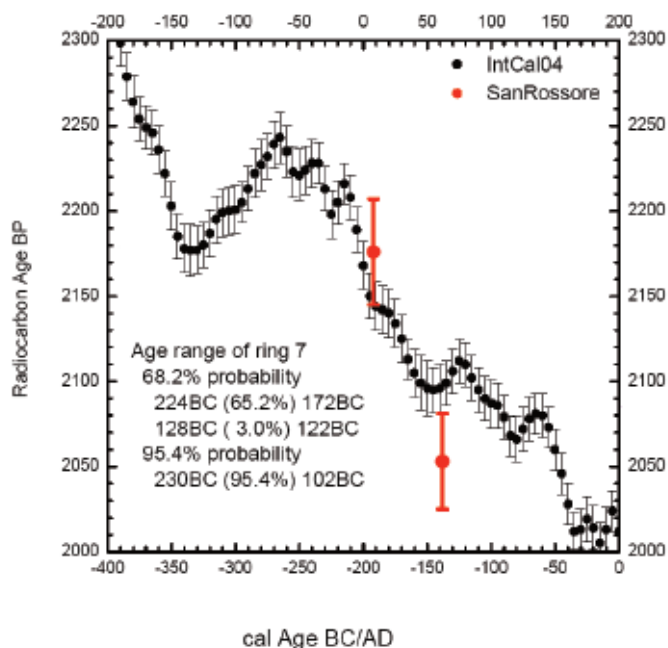
Nel caso del relitto P lo scarto cronologico individuabile fra i due campioni potrebbe essere da imputare all'assenza degli anelli della porzione più esterna del tronco sul campione dell'ordinata 12 Sud, che viene a risultare poco più antico (*old-wood effect*). In tal caso solo la datazione ottenuta dall'ordinata 1 Nord, 46 cal BC – 7 cal AD (1σ), potrebbe riferirsi ad un momento prossimo alla preparazione degli elementi lignei per lo scafo.

Un analogo fenomeno, anche se di minore entità, potrebbe essere ravvisabile nel confronto fra i due campioni provenienti dall'area 5, nei pressi del relitto I, entrambi comunque attribuibili ai primi due secoli della nostra era.

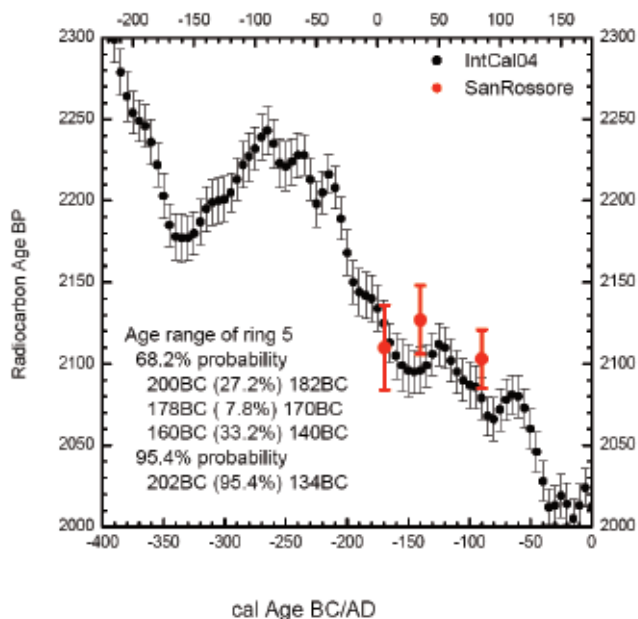
Dal relitto D provengono due campioni lignei, ottenuti da due diverse ordinate in legno di pino, entrambi contenenti gli anelli più esterni delle piante matrici. Per tale motivo, pur non essendo stato possibile procedere all'indagine dendrocronologica<sup>16</sup>, è stato comunque possibile considerare due età radiometriche pertinenti al medesimo episodio di abbattimento e procedere all'elaborazione statistica dei dati attraverso dell'opzione *sum probabilities* del programma Oxcal 3.5. I risultati, (Figura 4), portano all'individuazione dell'arco cronologico 580 – 640 cal AD (1σ).

### Conclusioni

Nell'ambito del nuovo ciclo di indagini e ricerche per la datazione assoluta di precisione delle navi messe in luce negli scavi di Pisa San Rossore sono state sinora eseguite 12 datazioni radiocarboniche su elementi lignei provenienti dai relitti B, D, E, I e P. Essi hanno fornito età



**Figura 2.** Elaborazione col metodo del wiggle-matching delle età radiometriche ottenute per il campione Dendro 1 del Relitto B (IntCal04, programma OxCal)



**Figura 3.** Elaborazione col metodo del wiggle-matching delle età radiometriche ottenute per il campione Dendro 1 del Relitto E (IntCal04, programma OxCal)

radiometriche comprese fra 1443 e 2176 anni BP, corrispondenti, in cronologia calibrata, ad un ampio arco cronologico, compreso fra il IV secolo cal BC e il VII secolo cal AD.

L'esecuzione di osservazioni dendrologiche e di indagini dendrocronologiche, quest'ultime limitate a sei elementi lignei, ha consentito di procedere ad elaborazioni statistiche delle età radiometriche per ridurre i limiti degli ambiti cronologici così individuati.

Dal relitto B provengono gli elementi lignei più antichi fra quelli datati, poiché le ordinate sottoposte ad analisi risalgono ad un periodo compreso fra la seconda metà del II secolo cal BC e i primi decenni del I secolo cal BC. I relitti E e P paiono risalire al I secolo cal BC, anche se l'elemento datato del relitto E si colloca più precisamente nella prima metà del secolo e l'elemento ordinata 1 Nord del relitto P si colloca tra la seconda metà del secolo e i primi due decenni del successivo ( $1\sigma$ ).

Risale, invece, ad un periodo compreso fra la seconda metà del I secolo cal AD e la prima

metà del 2° secolo cal AD la fabbricazione degli elementi indagati dalla zona del relitto I. Ad un ambito cronologico ben più tardo, a cavallo fra VI e VII secolo cal AD, risulta appartenere il relitto D.

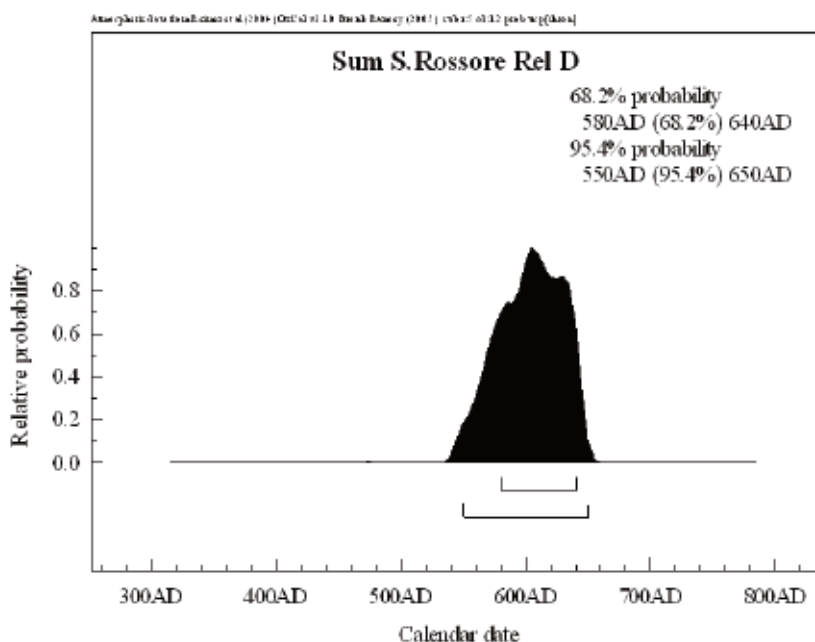


Figura 4. Elaborazione tramite l'opzione *sum probabilities* delle età radiometriche ottenute per il relitto D (IntCal04, programma OxCal)

Tali risultati sembrano sostanzialmente in accordo con la successione deposizionale evidenziata dallo scavo stratigrafico condotto nel contesto delle navi di Pisa. In particolare la datazione radiocarbonica del relitto D ha permesso di circoscrivere all'intervallo cronologico 580-640 cal AD ( $2\sigma$ ) l'episodio di abbattimento del legname utilizzato per la costruzione dello scafo, per cui si disponeva di una più generica attribuzione ad un periodo successivo al V secolo d.C.<sup>17</sup>. Questo dato cronologico può essere particolarmente importante nel definire i tempi e le modalità della chiusura del canale, essendo tale imbarcazione riempita dai livelli sterili di abbandono.

Nel sostanziale accordo tra i dati archeologici e i dati radiocarbonici l'unica eccezione è rappresentata dal relitto B, dove i due elementi sottoposti ad analisi hanno fornito una datazione compresa fra la seconda metà del II secolo cal BC e i primi decenni del I secolo cal BC, a fronte del rinvenimento nel carico di materiali attribuibili all'ultimo quarto del I secolo a.C. o all'inizio del I secolo d.C.<sup>18</sup>. A questo proposito si può sottolineare che l'elaborazione col metodo del *wiggle-matching* individua la più alta probabilità per la datazione dell'ultimo anello della serie della VI ordinata Nord-Est negli anni  $136 \pm 26$  con  $1\sigma$  (65.2%). Anche considerando il più ampio intervallo individuabile con  $2\sigma$  (95.4%), esso non può comunque essersi formato dopo il 34 cal BC; a ciò si aggiunga il fatto che anche l'abbattimento della IV ordinata Nord-Est non può essere avvenuto dopo il 59 cal BC. Alla luce di tali risultati non si può escludere che i due elementi indagati siano entrambi elementi di reimpiego, o di stoccaggio<sup>19</sup>.

Pur nelle problematiche sollevate da alcune delle datazioni radiometriche ottenute, si deve comunque sottolineare come le ricerche effettuate abbiano reso disponibili alcune curve dendrocronologiche di riferimento, utilizzabili per le sincronizzazioni con altre navi. Ciò consentirà di indagare altri contesti attraverso nuove analisi con la sola dendrocronologia, con metodologie completamente non distruttive, quali la lettura diretta, la lettura fotografica e il *frottage*.

## Bibliografia

- ANIOL 1983: R. Aniol, *Tree-ring analysis using Catras*, in *Dendrochronologia* I, Verona 1983, pp. 45-54
- BAILLIE 1982: M.G.L. Baillie, *Tree-ring dating and archaeology*, London – Canberra 1982
- BILLAMBOZ 1995: A. Billamboz, *Proxyséries dendrochronologiques et occupation néolithique des bords du lac de Costance*, in *Palynosciences* III, 1995, pp. 69 - 81
- CAMILLI 2005: A. Camilli, *Il contesto delle navi antiche di Pisa. Un breve punto della situazione*, in *Fastionline* 2005, pp. 1 - 7, [www.fastionline.org/docs/2005-31.pdf](http://www.fastionline.org/docs/2005-31.pdf)
- CAMILLI et al. 2005: A. Camilli, E. Remotti, S. Giannini, D. Barreca, *Pisa. Cantiere delle navi antiche: risultati preliminari delle attività di scavo condotte nel corso degli anni 2004 e 2005*, in *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana* 1/2005, pp. 214-220
- FRITTS 1986: H.C. Fritts, *Tree ring and climate*, Academic Press, London-New York-San Francisco 1986
- GUIBAL 1991: F. Guibal, *Première datation d'une épave de navire en Méditerranée occidentale*, in *Dendrochronologia* X, Verona 1991, pp. 147-156
- GUIBAL 1992: F. Guibal, *Dendrochronologie des épaves de navire en Méditerranée occidentale*, in *Actes du Colloque d'Ethnologie Hist.Medit.*, Lisboa 1992
- GUIBAL 1998: F. Guibal, *Dendrochronologie et dendromorphologie*, in *Archeologia subacquea. Come opera l'archeologo. Storie delle acque*. VIII ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia, Firenze (1996) 1998, pp. 425-446
- HOLLSTEIN 1980: E. Hollstein, *Mitteleuropäische Eichenchronologie*, in *Trier Grabungen und Forschungen* II, Trier 1980
- MARTINELLI, PIGNATELLI 1999: N. Martinelli, O. Pignatelli, *Datazione assoluta della piroga di Lova (Venezia)*, in *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Venezia* XLIX (1998), 1999, pp. 207-212
- PIGNATELLI 2006: O. Pignatelli, *Dendrochronologia e archeologia navale*, in *Atti del Convegno Diagnostica e conservazione di manufatti lignei*, Firenze (2005) 2006
- RAMSEY 2005: C.B. Ramsey, *OxCal programma v3.10*. Manual, University of Oxford Radiocarbon Accelerator Unit (<http://www.rlaha.ox.ac.uk/O/oxcal.php>), Oxford 2005
- REIMER et al. 2004: P.J. Reimer P.J., M.G.L. Baillie, E. Bard, A. Bayliss, J.W. Beck, C.J.H. Bertrand, P.G. Blackwell, C.E. Buck, G.S. Burr, K.B. Cutler, P.E. Damon, R.L. Edwards, R.G. Fairbanks, M. Friedrich, T.P. Guilderson, A.G. Hogg, K.A. Hughen, B. Kromer, G. McCormac, S. Manning, C.B. Ramsey, R.W. Reimer, S. Remmele, J.R. Southon, M. Stuiver, S. Talamo, F.W. Taylor, J. Van Der Plicht, C.E. Weyhenmeyer, *INTCAL04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP*, in *Radiocarbon* XLVI, 3, 2004, pp. 1029-1058
- RIVAL 1991: M. Rival, *La charpenterie navale romaine*, Paris 1991
- SPURK et al. 1998: M. Spurk, M. Friedrich, J. Hofmann, S. Remmele, B. Frenzel, H. Leuschner, B. Kromer, *Revision and extension of the Hohenheim oak and pine chronologies: new evidence about the timing of younger Dryas/Preboreal transition*, in *Radiocarbon* XL, 3, 1998, pp. 1107-1116
- STUIVER & REIMER 1993: M. Stuiver, P.J. Reimer, *Extended <sup>14</sup>C data base and revised Calib 3.0 <sup>14</sup>C age calibration program*, in *Radiocarbon* XXXV, 1, 1993, pp. 215-230
- VAN STRYDONCK et al. 1998: M. Van Strydonck, D.E. Nelson, P. Crombè, C.B. Ramsey, E.M. Scott, J. Van Der Plicht, R.E.M. Hedges, *What's in a <sup>14</sup>C date*, "Pré-actes du 3<sup>ème</sup> Congrès International <sup>14</sup>C et Archéologie", 1998, pp. 12-19

## Note

(\*) Ricerche finanziate dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali tramite stanziamento Fondi Lotto 2001-2003

1 PIGNATELLI 2006

2 GUIBAL 1991, pp. 147-156; GUIBAL 1998, pp. 425-446

3 GUIBAL 1992

4 Il prelievo dei campioni è stato eseguito da O. Pignatelli nel corso di più sopralluoghi nel cantiere di scavo, fatta eccezione per i campioni da sottoporre a datazione radiometrica dai relitti I e P.

5 Ogni anello di accrescimento contiene, infatti, il carbonio radioattivo assorbito attraverso il processo di fotosintesi nel periodo di sua formazione, corrispondente all'anno vegetativo. Dopo la formazione la cerchia legnosa viene ad essere rapidamente isolata dall'atmosfera nell'arco di 2-3 anni, così che si può considerare che gli anelli nel tronco di un albero conservino traccia permanente della concentrazione <sup>14</sup>C/<sup>12</sup>C del sistema nell'anno in cui ognuno di essi si è formato. Risulta evidente che, nel caso di analisi di reperti in legno ottenuti da tronchi di età notevole, è di fondamentale importanza sapere da quale porzione del tronco proviene il campione sottoposto a datazione radiometrica, in quanto un anello interno avrà un'età radiometrica maggiore di quella di un anello esterno. A riguardo si veda: VAN STRYDONCK et al. 1998, pp. 12-19

6 Cfr. PIGNATELLI 2006

7 BILLAMBOZ 1995, pp. 69-81

8 RIVAL 1991; Cfr. GUIBAL 1998; MARTINELLI, PIGNATELLI dati inediti

9 HOLLSTEIN 1980

10 SPURK et al. 1998, pp. 1107-1116

11 BAILLIE 1982; FRITTS 1986

12 ANIOL 1983, pp. 45-54

*Giovedì 6 Dicembre*  
2007  
*5° Intervento*

13 MARTINELLI, PIGNATELLI 1999

14 Nel caso dei campioni dei relitti P e I il peso indicato è quello secco, negli altri casi è riportato il peso umido

15 STUIVER & REIMER 1993; RAMSEY 2005; REIMER et al. 2004

16 Gli elementi del relitto D sono stati esclusi dalle indagini dendrocronologiche a causa della brevità delle sequenze anulari

17 CAMILLI 2005

18 CAMILLI et al. 2005

19 Per una corretta interpretazione dei risultati finora conseguiti per il relitto B si prevede di effettuare un nuovo campionamento per le analisi radiocarboniche su quegli elementi dello scafo che più difficilmente possono essere ottenuti riutilizzando parti provenienti da precedenti imbarcazioni