

Leonardo Bortolami

IMBARCAZIONI IN LEGNO IL RESTAURO CONSAPEVOLE

Progettare e realizzare un intervento efficace

il Frangente
EDIZIONI

Contenuto

VII Prefazione

XIII Introduzione

1 1. Il recupero delle imbarcazioni

- 1 1.1 L'attenzione per le imbarcazioni storiche e d'interesse
- 4 1.2 L'intervento di restauro
- 5 1.3 L'intervento di rivalorizzazione

9 2. La disciplina del restauro nel patrimonio marittimo

- 9 2.1 Tipologie e approcci
- 13 2.2 I principi della disciplina del restauro nell'intervento sul patrimonio marittimo
 - 13 2.2.1 Destinazione d'uso
 - 15 2.2.2 Controllo storico dell'originalità del manufatto
 - 15 2.2.3 Minimo intervento
 - 17 2.2.4 Compatibilità, reversibilità e durabilità
 - 21 2.2.5 Distinguibilità
 - 23 2.2.6 Documentazione

25 3. Tecnologia nautica tradizionale e classica

- 25 3.1 Costruzione tradizionale e classica a confronto
 - 26 3.1.1 La costruzione tradizionale
 - 27 3.1.2 La costruzione classica
- 28 3.2 Materiali
 - 29 3.2.1 Legnami
 - 31 3.2.2 Metalli
 - 33 3.2.3 Prodotti vernicianti e impregnanti
 - 35 3.2.4 Prodotti per il calafataggio
 - 36 3.2.5 Colle
- 36 3.3 Sistemi costruttivi
 - 37 3.3.1 Scafo
 - 38 3.3.2 Coperta e sovrastrutture
 - 39 3.3.3 Strutture e allestimenti interni
 - 39 3.3.4 Armo
- 39 3.4 Schede di dettaglio: materiali
 - 39 3.4.1 Legnami
 - 51 3.4.2 Metalli
 - 56 3.4.3 Prodotti vernicianti e impregnanti
 - 62 3.4.4 Prodotti per il calafataggio
 - 64 3.4.5 Colle

66	3.5 Schede di dettaglio: sistemi costruttivi
66	3.5.1 Scafo
88	3.5.2 Coperta e sovrastrutture
97	3.5.3 Strutture e allestimenti interni
102	3.5.4 Armo
106	4. Il restauro consapevole: pianificazione e attività preliminari
106	4.1 L'avvicinamento al restauro
107	4.2 Ricerca storica
107	4.2.1 Obiettivi
108	4.2.2 Raccolta dei dati
109	4.2.3 Fonti
110	4.3 Studio dello stato di fatto
110	4.3.1 Obiettivi
111	4.3.2 Supporto grafico e raccolta dei dati
116	4.3.3 Fonti
118	4.4 Pianificare il restauro
119	4.5 Stabilizzazione e messa in cantiere
120	4.5.1 Stabilizzazione in acqua
122	4.5.2 Stabilizzazione a terra
124	4.5.3 Messa in cantiere dell'imbarcazione
126	4.5.4 Messa in bolla dell'imbarcazione e correzione delle deformazioni globali
126	4.5.4.1 Messa in bolla di imbarcazioni prive di deformazioni dimensionali
127	4.5.4.2 Messa in bolla di imbarcazioni con deformazioni globali
133	5. Il restauro consapevole: realizzazione
137	5.1 Scafo
193	5.2 Coperta e sovrastrutture
218	5.3 Strutture e allestimenti interni
223	5.4 Armo
234	5.5 Approfondimenti
234	5.5.1 Correzione delle deformazioni localizzate
235	5.5.2 I materiali e le tecniche moderne nel restauro
243	5.5.3 Tassellatura
245	Appendice 1: Carta di Barcellona
247	Appendice 2: Glossario
254	Bibliografia

Il restauro consapevole: realizzazione

L'architetto navale inglese Dixon Kemp nel suo trattato *A Manual of Yacht and Boat Sailing*, pubblicato a cavallo tra l'Ottocento e il Novecento, fornisce indicazioni riguardo la durata delle imbarcazioni in relazione alla loro intensità d'utilizzo, destinazione d'uso, sistema costruttivo, dimensionamento, qualità costruttiva e materiali utilizzati. Riferendosi a yacht da diporto è attestata attorno alla ventina d'anni l'età massima, oltre la quale spesso si procede alla demolizione o al cambio di destinazione d'uso, in particolare verso il pilotaggio o il commercio costiero. La presunta durata delle imbarcazioni, secondo Kemp, presenta una certa variabilità in funzione delle condizioni manutentive. All'epoca gli interventi di manutenzione erano frequenti attorno ai quindici anni d'attività dell'imbarcazione, quando si procedeva alla sostituzione del fasciame, del ponte di coperta e di tutti i legnami strutturali dubbi. Le barche costruite dai migliori cantieri spesso non richiedevano grandi interventi strutturali tuttavia, soprattutto se utilizzate intensamente, si procedeva alla sostituzione del ponte di coperta.

In Inghilterra venivano eseguiti anche dei controlli da parte di tecnici del Lloyd Register che, secondo tabelle e prassi di verifica consolidate, sottoponevano l'imbarcazione a un esame prelevando campioni lignei del fasciame, delle strutture interne e dell'armo.

Analoghe prassi erano in utilizzo per le imbarcazioni a costruzione composita legno-metallo e per quelle totalmente in metallo.

Nella tabella a lato, tratta da *Yacht Architecture* di Dixon Kemp, sono riportate le durate delle componenti costruttive di un'imbarcazione stimate dal Lloyd Register in base alle specie

NUMBER OF YEARS ASSIGNED BY LLOYD'S TO DIFFERENT KINDS OF TIMBER.

DESCRIPTION OF TIMBER.	Keel.	Stem, Sternpost, Apron, inner Sternpost, Deadwood, Knighthead, Hawse Timbers, Fore Timbers, Beams, and Hooks.	Outside Planking.		Shelves, Clamps, Limber, and Bilge Strakes, and Keelsons.	Upper Deck, Waterway, Covering-board, and Roughtree Timbers.	Rudder, Windlass, and Palbit. Miscellaneous.
			From top of Keel to two feet below Load-line.	From two feet below Load-line to Plankline.			
East India Teak	16	16	16	16	16	16	16
English, African, French, Adriatic, Italian, Spanish, and Portuguese Oaks, Greenheart, Morra, and Iron Bark	12	12	12	12	12	12	12
Pitch Pine, Oregon and Huon Pine, Larob, Hackmatack, and Cowdie or Kauri Pine	—	—	12	10	10	10	—
Northern Continental Oak	10	9	12	10	10	10	10
Dantzio, Memel, Biga, and American Red Pine	—	—	9	9	9	10	—
English Elm and American Rock Elm	16	—	16	—	—	—	—
Spruce Fir, Swedish and Norway Red Pine	—	—	8	8	—	—	—

Figura 1 Tabella elencante le durate delle componenti costruttive di un'imbarcazione, stimate dal Lloyd Register. (Kemp 1987, p. 464)

legnose e alle funzioni strutturali che assolvono. Ad esempio la durata di una chiglia in rovere è stimata in dodici anni mentre quella di un corso di fasciame esterno costruito in *spruce* o *red pine* norvegese o svedese è di otto anni.

Al giorno d'oggi simili stime sarebbero considerate limitative e risulterebbero antieconomiche anche per le poche imbarcazioni storiche, d'epoca e classiche rimaste. Molte imbarcazioni naviganti possiedono strutture la cui datazione è di molto superiore a quella indicata, pur presentando caratteristiche di adeguatezza e sicurezza adatte alla navigazione. Questa discrepanza temporale è generata principalmente dalle nuove tecnologie nel campo dei preservanti e dei collanti del legno, che allungano la durata delle strutture. È inoltre opportuno considerare che le tabelle menzionate furono redatte con una probabile tendenza al ribasso da parte della compagnia assicuratrice, che perseguiva l'obiettivo di limitazione del rischio.

È chiaramente immaginabile come gli interventi di manutenzione all'epoca di Kemp fossero all'ordine del giorno per i cantieri navali, che possedevano molta forza lavoro per sopperire a un'altissima richiesta dal momento che la maggioranza del naviglio era realizzata in legno. La sostituzione di una chiglia, della totalità del fasciame o di un ponte di coperta erano considerati lavori di routine, i materiali di costruzione erano facilmente reperibili e le maestranze numerose. Il panorama attuale impone costi di manutenzione molto alti a causa della sempre maggiore rarità delle maestranze specializzate in questo genere di lavorazioni. A questo si aggiunge lo sviluppo di tecnologie particolari nel trattamento dei legnami che in parte hanno consentito a imbarcazioni storiche e d'epoca di giungere fino ai giorni nostri anche in assenza dei grandi interventi di manutenzione periodica in uso nei primi del Novecento.

La comprensione dei sistemi costruttivi tradizionali, delle caratteristiche dei materiali utilizzati, dei vizi e del comportamento strutturale del complesso fasciame-strutture interne-ponte di coperta è il primo passo fondamentale per stimare correttamente gli interventi da eseguire nel cantiere di restauro. Questo ancor più alla luce di una situazione di perdita del know-how tradizionale, sia della costruzione ex novo sia della manutenzione ordinaria, cui si aggiunge l'incertezza generata dagli interventi precedenti, che possono aver portato dannose variazioni del comportamento strutturale.

Il sistema costruttivo e manutentivo tradizionale non è esente da problemi, tra i quali quello principe è la perdita di rigidità dello scafo. Con il passare del tempo, infatti, le sollecitazioni e il degrado della fibra del legno causano laschi tra i legnami delle strutture e le ferramenta che li uniscono. Il fenomeno porta a una minor rigidità dello scafo se non si procede tempestivamente al ripristino con sostituzioni, aggiunte di ferramenta, tassellature e integrazioni. Si avranno quindi peggioramenti repentini, perdita delle forme e degrado accelerato da attacchi biotici del legno e dalla corrosione. La principale criticità del sistema costruttivo tradizionale è quindi la difficile compatibilità chimico-fisica tra il legno e le ferramenta; questo presupposto è indispensabile per la comprensione dei molti vizi correlati. Il legno, materiale morbido in confronto al metallo delle ferramenta, nel corso del tempo viene meccanicamente e chimicamente degradato dal perno metallico,¹ quest'ultimo a sua volta danneggiato dal rilascio di estrattivi corrosivi dalla fibra lignea con le seguenti conseguenze:

1. minor tenuta della ferramenta, il cui foro di passaggio nel legno risulta di diametro maggiore rispetto a quello del perno;
2. maggior esposizione della ferramenta all'ambiente esterno con possibile innesco di fenomeni di corrosivi a causa del lasco tra e nelle strutture;
3. possibilità di corrosione del metallo a seguito del rilascio di sostanze tanniche, più frequente nei casi di accoppiamenti di acciaio dolce e rovere;

¹ Con "degrado chimico del legno" s'intende il fenomeno della degradazione elettrochimica generato dalla presenza all'interno delle fibre di legno di elementi metallici (perni, chiodi, viti) che, a causa di corrosione galvanica in atto verso altri metalli, indeboliscono il legno aumentandone l'alcalinità e portando alla minor tenuta delle ferramenta stesse (Lodigiani 2008, p. 124).

4. maggior rischio di infiltrazioni d'acqua all'interno dell'imbarcazione e nei laschi dei fori delle ferramenta con repentini attacchi biotici a causa dei movimenti delle strutture;
5. maggior sollecitazione dei due ordini di strutture che gravano maggiormente sulle ferramenta con una perdita sempre crescente d'integrità essendo soggetti a movimenti di maggior intensità dati dal lasco;
6. sempre minor tenuta del calafataggio e dello stucco dei comenti, che non riesce più a seguire le deformazioni dello scafo.



Queste problematiche e i possibili rischi sono spesso stati accettati, preferendo la facilità e reversibilità d'intervento garantite da strutture totalmente rimovibili e sostituibili rispetto a soluzioni più durature ottenute con l'utilizzo di colle. Il principio, tuttora applicato nelle imbarcazioni in cui viene mantenuta la tecnica costruttiva tradizionale, è quello delle periodiche sostituzioni secondo la necessità, spesso espressa da una rottura o una via d'acqua e quindi non necessariamente preventivata.

Figura 2 Il foro di un perno metallico corrosivo, esempio di interazione dannosa tra metallo e strutture lignee.

Le problematiche negli scafi delle imbarcazioni a costruzione classica sono differenti rispetto a quelle che caratterizzano una costruzione tradizionale: grazie a un sistema di messa in opera delle componenti che garantisce una struttura pressoché monolitica, i problemi dei crescenti laschi e delle deformazioni dello scafo sono stati risolti.

Tuttavia vi sono dei punti deboli come l'allentamento degli incollaggi e gli attacchi biotici, entrambi frequenti nelle zone in cui il legno è soggetto a forte assorbimento d'umidità. Il primo avviene quando le laminazioni risentono dell'alternanza asciutto-umido o quando, per via dell'invecchiamento, i collanti resorcinici assumono caratteristiche vetrose:² entrambi questi fenomeni possono portare al distacco dei compensati e degli strati delle strutture lamellari.



Il secondo è la tendenza al repentino degrado delle lamelle alla presenza di acqua stagnante e infiltrazioni dalle strutture superiori. Ciò accade non appena l'acqua ha accesso all'interno dell'intera sezione resistente e le singole lamelle sono in breve tempo degradate a causa del loro limitato spessore.

Figura 3 Fenomeni di delaminazione di un'ordinata lamellare.

² Gli eccessivi spessori di colla lasciati in fase di laminazione sembrano incrementare il rischio di "vetrificazione" e successivo allentamento dell'incollaggio.

5. Il restauro consapevole: realizzazione

Nelle tabelle a seguire sono riportate le più frequenti problematiche per ciascuna struttura dell'imbarcazione e tecnica costruttiva e alcune alternative di intervento. La suddivisione delle componenti trattate ricalca quella precedentemente utilizzata nel capitolo 3, a cui si invita a far riferimento per una maggiore comprensione del legame tra la tecnica costruttiva e il degrado. Le indicazioni riguardano interventi di carpenteria, tralasciando le scelte estetiche sulla finitura delle superfici. Le soluzioni proposte includono la descrizione di tecniche manutentive tradizionali, spesso caratterizzate da alta reversibilità, ma anche pratiche più moderne, che prevedono l'utilizzo di prodotti e tecniche innovative frequentemente sinonimo di maggiore durabilità.

Ogni soluzione è stata analizzata alla luce di quattro principi già trattati nel capitolo 2 e individuati come particolarmente rilevanti per l'intervento sul patrimonio marittimo:

- minimo intervento;
- compatibilità;
- reversibilità;
- durabilità.

La distinguibilità non viene considerata in quanto la sua valutazione dipende dalle scelte di finitura delle superfici, che possono nascondere interventi di per sé distinguibili.









L'analisi seguente non pretende di essere conclusiva ma, anzi, si propone quale strumento per l'avvio di un dibattito sulla tematica, a sostegno di un processo consapevole di scelta delle lavorazioni da eseguire in fase di restauro, favorendo la valutazione tra le diverse alternative e il rispettivo impatto sullo stato di fatto.

Di seguito si riportano le definizioni dei principi considerati e la scala di valutazione utilizzata per l'analisi.









Principio	Alta	Media	Bassa
Minimo intervento: è il principio secondo il quale l'intervento di restauro deve limitarsi al minimo indispensabile, evitando ripercussioni sullo stato di fatto, mantenendo la testimonianza storica del manufatto.	L'intervento è localizzato esclusivamente alle zone danneggiate e non impatta su altre componenti.	L'intervento prevede lavorazioni che implicano delle ripercussioni limitate su strutture non direttamente interessate dal degrado.	L'intervento comporta ripercussioni su aree estese, anche su strutture non direttamente interessate da degrado.
Compatibilità: è il principio secondo il quale i materiali utilizzati nell'intervento non devono recare danno ai materiali originali, sia sul piano fisico sia su quello estetico.	L'intervento presenta impatto fisico ed estetico minimo o nullo.	L'intervento comporta un rischio di danno fisico ed estetico medio con moderate ripercussioni sullo stato di fatto nel medio e lungo termine.	L'intervento presenta un elevato rischio di danno fisico ed estetico. Le ripercussioni nel breve e medio termine sullo stato di fatto sono significative.
Reversibilità: è il principio secondo il quale qualsiasi intervento di restauro deve poter essere rimosso senza provocare danno alle componenti originali.	L'intervento può essere rimosso senza recare alcun danno strutturale o estetico all'esistente.	L'intervento può essere rimosso con danno parziale strutturale o estetico all'esistente.	L'intervento può essere rimosso solo impattando significativamente sulle strutture esistenti.

















<p>Durabilità: è il principio secondo il quale un intervento di restauro e i materiali in questo utilizzati devono presentare una durata al degrado e al tempo tale da ritardare e minimizzare la necessità di interventi successivi.</p>	<p>L'intervento presenta durabilità maggiore o in linea con i materiali preesistenti.</p>	<p>L'intervento presenta durabilità inferiore rispetto ai materiali preesistenti, imponendo operazioni nel medio termine.</p>	<p>L'intervento presenta durabilità minore rispetto ai materiali preesistenti, con conseguente rischio di ulteriori operazioni nel breve termine.</p>
--	---	---	---

5.1 Scafo

CHIGLIA, RUOTA DI PRUA, RUOTA DI POPPA, CONTRORUOTE, ALLUNGA DI POPPA E DIRITTO		
Numero scheda	Tecnica costruttiva	Costruzione
5.1.1B	IN LEGNO MASSELLO	Tradizionale
<p>In generale gli interventi sulle strutture longitudinali devono puntare a incrementare la rigidezza all'imbarcazione, eventualmente anche variando la localizzazione dei giunti e delle palelle al fine di minimizzare gli interventi e renderli per questo meno invasivi ma al tempo stesso efficaci. I collanti strutturali, come la resina epossidica, devono essere associati all'utilizzo di perni passanti; spesso la fibra del legno originale è oleosa o trattata con preservanti a base bituminosa e per questo non può essere considerata una superficie di incollaggio ideale.</p>		
Problematiche	Soluzioni	Analisi
<p>1) Deformazioni locali o globali Avvengono prevalentemente nelle imbarcazioni metriche con lunghi slanci o in costruzioni dai dimensionamenti delle strutture limitati per fattori di peso. Possono riguardare l'insieme delle strutture o esclusivamente gli slanci poppieri e prodieri a causa del rimessaggio all'asciutto prolungato e di uno scorretto supporto dello scafo.</p>	<p>Puntellamento e sostituzione di alcune strutture In fase di restauro è importante verificare l'entità delle deformazioni globali e apportare le dovute correzioni prima di mettere in opera elementi che contribuiranno alla rigidezza longitudinale dell'imbarcazione. Si veda il paragrafo 4.5.4.2 del capitolo 4 per la correzione delle deformazioni globali.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>
<p>2) Corrosione delle ferramenta La corrosione dei prigionieri e di altri perni passanti, in particolare se in acciaio zincato, è una delle più frequenti problematiche; è inoltre di difficile verifica, a meno di prevedere costose operazioni di rimozione della zavorra. L'individuazione di sconnessioni e disallineamenti tra la chiglia in legno e la zavorra può essere un chiaro segno di diminuzione della sezione resistente dei prigionieri. La zona che corrode maggiormente è il punto di passaggio dei perni nel legno della chiglia, zona con forte umidità e fortemente corrosiva anche per via degli estrattivi del legno.</p>	<p>Sostituzione di perni e prigionieri È consigliabile ispezionare alcuni prigionieri soprattutto se si riscontrano le manifestazioni descritte. In base al diametro resistente residuo dei perni rimossi si procede alla rimozione della chiglia e alla sostituzione di tutti i prigionieri o alla rimessa in opera di quelli originali. Per maggiori informazioni si veda la scheda 5.1.26B.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>

5. Il restauro consapevole: realizzazione

Problematiche	Soluzioni	Analisi
<p>3) Degradamento della fibra del legno e attacchi biotici</p> <p>Le strutture longitudinali sono tendenzialmente molto durature, tuttavia presentano notevoli punti deboli tra i quali i numerosi fori che le attraversano, le giunzioni tra le diverse sezioni e l'abbondanza di ferramenta. Il degrado della fibra può avvenire nelle zone terminali dei diversi elementi, notoriamente più soggette ad assorbimento d'umidità, o attorno agli elementi metallici che attraversano la sezione resistente delle strutture. Il primo avviene quando le superfici delle palelle e i giunti non sono più stagni, con conseguente ingresso d'acqua nella fibra.</p>	<p>a) Tassellatura delle zone terminali</p> <p>Si può intervenire con tassellature o sostituzioni delle zone terminali a patto di eseguire interventi strutturalmente adeguati in relazione alle palelle e agli altri elementi strutturali.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>
	<p>b) Sostituzione delle strutture</p> <p>La sostituzione integrale delle strutture originali è una lavorazione molto delicata e alquanto impegnativa. Si deve procedere non prima di aver stabilizzato lo scafo su un vaso e con puntelli aggiuntivi per eliminare il rischio di perdita di forme e cedimenti lungo l'asse longitudinale. Si rimuovono tutti i vincoli che impediscono l'asportazione delle strutture, come il torello e il controtorello, le ferramenta delle teste del fasciame, i prigionieri e i perni passanti nei madieri. La sagomatura con nuovo legname è più semplice se si riesce a rimuovere le strutture originali senza danneggiarle eccessivamente.</p> <p>È consigliabile procedere alla rimozione e sostituzione progressiva delle diverse parti della struttura longitudinale al fine di non indebolire eccessivamente l'intera imbarcazione. L'installazione di strutture aggiuntive di irrobustimento esternamente allo scafo contribuisce al mantenimento delle forme dell'imbarcazione ed evita eccessivi disallineamenti nell'area terminale dei corsi. Per la ruota di prua e l'alunga di poppa sarà indispensabile sagomare la battura prima della messa in opera, che avverrà infilando gli elementi e facendoli scorrere tra le teste del fasciame delle due murate. Per la zona della chiglia affiancata dai torelli l'intervento è più semplice, vista la precedente rimozione dei corsi, e può prevedere un certo grado di tolleranza e una successiva sagomatura in opera per l'avviamento delle diverse superfici di contatto.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>

Problematiche	Soluzioni	Analisi
<p>4) Danni causati dai fenomeni corrosivi dei bulloni e dei prigionieri passanti</p> <p>La seconda tipologia di degrado della fibra avviene per via dei fenomeni di corrosione dei bulloni di acciaio zincato, che degradano repentinamente il legno circostante i perni. Il colore grigio fumo e profonde asperità della superficie del legno sono un primo indizio di una fibra indebolita e facilmente fessurabile. Questi fenomeni avvengono in particolare nella zona della chiglia compresa tra i fori dei prigionieri, che talvolta può essere interamente fessurata a partire dal primo prigioniero fino a quello più poppiero.</p> <p>Altri punti soggetti ad attacchi biotici sono i nodi e le irregolarità nella fibra del legno, specie nelle zone della battura, ove il legno può essere indebolito dai ripetuti calafataggi eseguiti nel corso della vita dell'imbarcazione.</p>	<p>a) Tassellature e laminazioni delle zone degradate</p> <p>È possibile realizzare tassellature e laminazioni per ripristinare la resistenza di alcune zone degradate, preferibilmente utilizzando collanti che consentano il ripristino dell'integrità strutturale dell'elemento. Durante questa tipologia d'interventi è importante non modificare l'interazione tra il fasciame e la struttura longitudinale, mantenendo cioè il comento della battura come in origine, senza creare vincoli aggiuntivi tramite incollaggio.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>
	<p>b) Sostituzione delle strutture longitudinali</p> <p>Prigionieri e perni in bronzo minimizzano il rischio di degrado del legno circostante, anche se la zona va comunque verificata attentamente.</p> <p>Nel caso in cui si riscontri una condizione di forte danneggiamento è necessario procedere alla sostituzione della chiglia o delle altre strutture longitudinali. Per tale lavorazione si faccia riferimento alla lettera b) del punto 3) della presente scheda.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>
<p>5) Degrado degli stop water</p> <p>Gli stop water sono cilindretti realizzati in legno più morbido di quello utilizzato per la chiglia che vengono infilati in corrispondenza dei punti di giunzione tra le diverse componenti della struttura longitudinale. Questi si espandono con l'umidità e bloccano eventuali vie d'acqua.</p>	<p>Sostituzione degli stop water</p> <p>È sempre bene verificarne l'integrità in fase di restauro ed eventualmente sostituirli con nuovi di adeguato diametro.</p> <p>È importante che siano realizzati in legno caratterizzato da buona dilatazione al fine di chiudere le fessure tra le strutture longitudinali (si veda <i>Figura 4</i>).</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>
<p>6) Fessurazioni del legno</p> <p>Avvengono in situazioni di perdita di umidità repentina e a seguito di rimessaggio in ambienti eccessivamente secchi. Sono riscontrabili sulla superficie esterna della chiglia e dei riempimenti nei pressi della zavorra. Si presentano come fessurazioni che seguono l'orientamento della vena, di profondità variabile. Sono danni spesso evitabili con un controllo dell'umidità dell'imbarcazione, da compiere anche in fase di restauro quando sono previste tecniche d'intervento tradizionali.</p>	<p>Riempimento delle fessurazioni</p> <p>Le fessurazioni della chiglia possono essere riempite con del sigillante flessibile che possa essere espulso o compresso in caso di rigonfiamento del legno. Gli stucchi tradizionali sono altrettanto validi e i semplici primer, come quello al clorocaucciù, riempiono le fessurazioni minori impermeabilizzandole e proteggendole dall'acqua grazie alla loro elevata densità.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>

5. Il restauro consapevole: realizzazione

5.1.2B	IN LEGNO LAMELLARE	Classica
<p>Grazie al loro sistema costruttivo le strutture in lamellare offrono il vantaggio di non essere a contatto con numerosi perni metallici che possono corrodere; a questo si aggiunge anche l'assenza totale di fessurazioni lungo la vena del legno. L'assenza di palelle e giunti non incollati al di sotto la linea di galleggiamento limita di molto i rischi derivanti dall'interruzione della fibra e le possibilità che ci sia assorbimento di acqua all'interno dell'elemento.</p> <p>Una costruzione in lamellare tollera meglio i periodi di rimessaggio all'asciutto e non rischia di essiccare fessurandosi, garantendo una maggiore flessibilità in termini di tempistiche sia all'armatore sai al cantiere che esegue l'intervento di restauro.</p>		
Problematiche	Soluzioni	Analisi
<p>1) Delaminazione e attacchi biotici</p> <p>Le principali problematiche del sistema costruttivo sono costituite dalla delaminazione e dagli attacchi biotici alle strutture. Queste hanno la tendenza ad avvenire simultaneamente, in quanto i collanti utilizzati dal dopoguerra in poi non sempre hanno alta resistenza ai cicli umido-secco e alle microdilatazioni che le lamelle tendono a subire. Questi danni si possono riscontrare nelle teste degli elementi laminati, come diritti di prua o di poppa, che subiscono infiltrazioni provenienti dalla coperta nella zona terminale, ossia dove la fibra delle singole lamelle è troncata trasversalmente.</p> <p>È probabile che vi siano estensivi fenomeni di attacchi biotici e/o delaminazione se lo scafo è stato trascurato, la sentina lasciata per molti mesi con acqua stagnante e la superficie esterna del fasciame raramente rinnovata con cicli protettivi completi.</p>	<p>Tassellature e laminazioni</p> <p>Un vantaggio del lamellare è che permette estrema flessibilità di intervento qualora sia necessario sostituirci una parte: si interviene con la rimozione di una sezione delle lamelle più o meno estesa e la laminazione di quelle nuove. Qualora siano rimossi più strati di lamelle, le giunte con i singoli strati originali devono essere opportunamente sfalsate per evitare che cadano esattamente nello stesso punto di quelle inferiori.</p> <p>La tassellatura non costituisce un problema nelle strutture lamellari, che grazie alla loro stabilità dimensionale garantiscono una superficie d'incollaggio migliore rispetto alle strutture di legno massello. Per maggiori informazioni si veda il paragrafo 5.5.3 del presente capitolo.</p>	<p>Minimo intervento ●</p> <p>Compatibilità ●</p> <p>Reversibilità ●</p> <p>Durabilità ●</p>



Figura 4 Uno stop water tra chiglia e diritto di poppa (scheda 5.1.1B).

5.1 Scafo - Chiglia, ruota di prua, ruota di poppa, controruote, allunga di poppa e dritto
 In legno massello - In legno lamellare

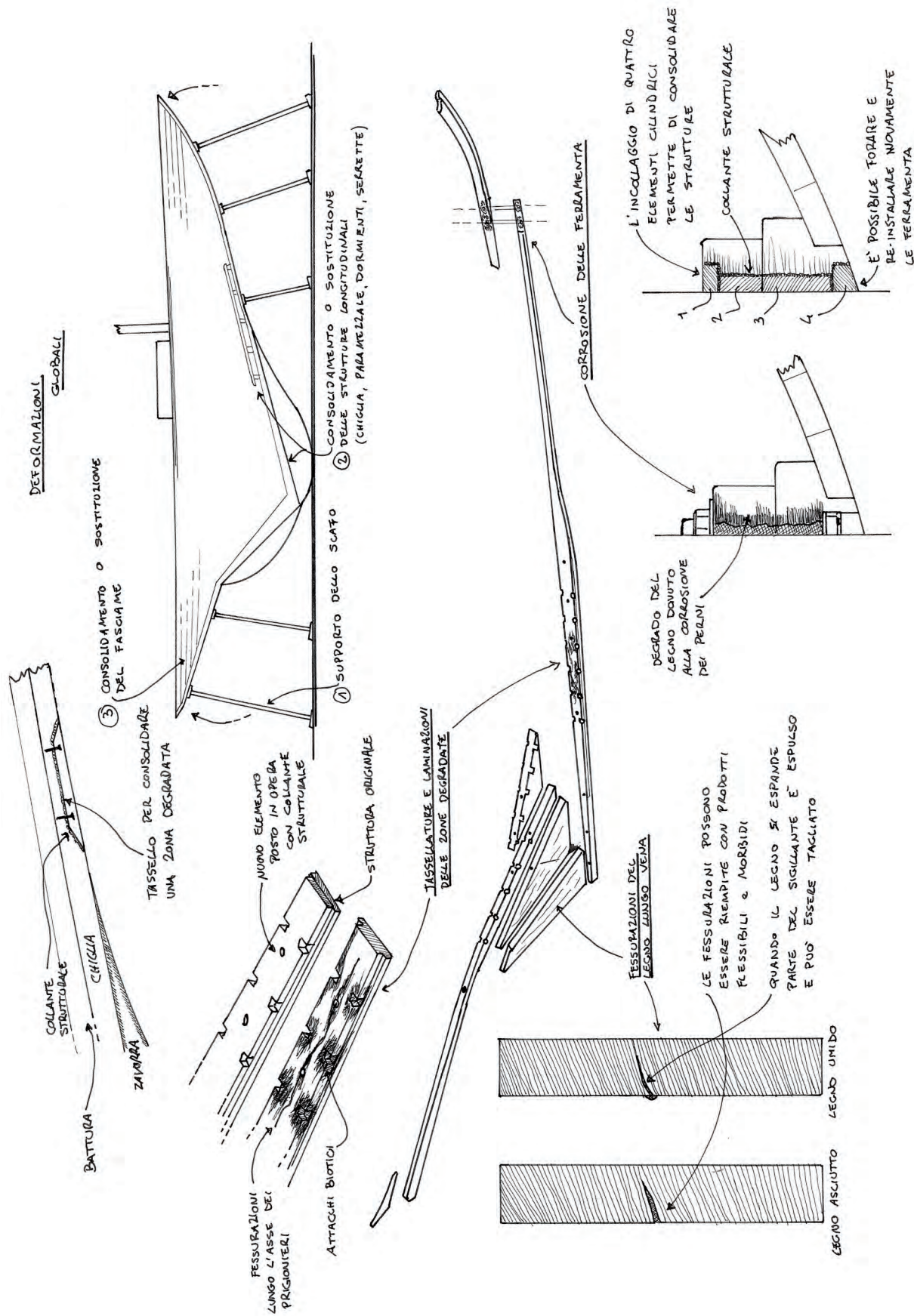


















Figura 5 Problematrice e tecniche di intervento sulle strutture longitudinali (scheda 5.1.1B e 5.1.2B).

5. Il restauro consapevole: realizzazione

PARAMEZZALE		
Numero scheda	Tecnica costruttiva	Costruzione
5.1.3B	IN LEGNO MASSELLO	Tradizionale
Problematiche	Soluzioni	Analisi
<p>1) Attacchi biotici nella zona della scassa dell'albero Nelle imbarcazioni con albero passante la zona della scassa d'albero è frequentemente bagnata da infiltrazioni di acqua piovana provenienti dalla coperta attraverso la mastra. La limitata ventilazione della zona incrementa il decadimento della struttura nonostante questa sia spesso installata in posizione rialzata sopra ai madieri e quindi non si trovi a contatto con l'acqua della sentina. L'indebolimento per via degli attacchi biotici non è raro e talvolta può portare a un lento cedimento nella zona del piede d'albero, che a sua volta ha ripercussioni a livello dell'intero scafo incrementando gli sforzi sul torello e sulla chiglia, con conseguenti infiltrazioni.</p>	<p>a) Tassellatura e consolidamento Se il paramezzale è installato sopra i madieri, la sua rimozione può avvenire svitando i dadi dei perni passanti attraverso la chiglia e i madieri e alzando la struttura uniformemente lungo l'asse prua-poppa anche con l'uso di martinetti. L'elemento può quindi essere consolidato tramite tassellature e laminazioni.</p>	Minimo intervento  Compatibilità  Reversibilità  Durabilità 
	<p>b) Sostituzione Se la struttura è irrecuperabile può essere sostituita piegandola a vapore, realizzandola in uno o più elementi giuntati con palelle.</p>	Minimo intervento  Compatibilità  Reversibilità  Durabilità 
	<p>c) Laminazione in opera Nel caso in cui il paramezzale sia installato sotto i madieri, l'intervento risulta molto complesso in quanto si tratta di un elemento solidale con la chiglia e i corsi di fasciame. Questa costruzione è tipica delle imbarcazioni da lavoro, ove la rimozione dei perni passanti della chiglia consente, dopo aver rimosso il torello, di far cadere la struttura fuori dallo scafo e aver accesso al paramezzale dalla zona inferiore dell'imbarcazione. In questi casi una laminazione in opera è la tipologia d'intervento più efficace dopo aver accuratamente proceduto al corretto supporto dello scafo.</p>	Minimo intervento  Compatibilità  Reversibilità  Durabilità 

Problematiche	Soluzioni	Analisi
<p>2) Degradamento della fibra attorno ai perni metallici Come accade per la chiglia anche il paramezzale può presentare degrado attorno ai perni metallici, con conseguente perdita di resistenza della struttura dovuta a fessurazioni e decadimento della fibra.</p>	<p>Sostituzione delle strutture I principi da considerare per questo tipo di struttura sono analoghi a quelli seguiti per gli attacchi biotici nella zona della scassa dell'albero illustrati al punto 1) di questa scheda, lettere a), b) e c) secondo la gravità del degrado. Poiché il paramezzale è compresso dai carichi dell'albero, la fibra deve avere buona resistenza nei punti in cui passano le ferramenta. È indispensabile non trascurare la presenza di aree compresse o particolarmente soffici, nonostante si tenda a dare minor importanza a questa struttura poiché interna all'imbarcazione.</p>	<p>Si veda punto 1) della presente scheda, lettere a), b) e c).</p>
5.1.4B	IN LEGNO LAMELLARE	Classica
<p>Il paramezzale è spesso solidale con la chiglia, alla quale è vincolato tramite incollaggio. Le problematiche sono paragonabili a quelle della struttura in massello, con l'aggiuntivo rischio di delaminazione. L'intervento si può presentare più complesso per via della difficoltà di rimozione della struttura.</p>		
Problematiche	Soluzioni	Analisi
<p>1) Delaminazione della struttura e attacchi biotici La struttura può essere soggetta a delaminazione delle lamelle più superficiali, soprattutto in zone con frequente variazione del livello di umidità o in aree indebolite da numerose ferramenta. Questo fenomeno diviene chiaro dopo il drenaggio della sentina: i giunti tra le lamelle presentano tracce d'umidità anche a distanza di giorni e a seguito della progressiva asciugatura e contrazione delle singole lamelle si possono osservare chiaramente le fessure tra la laminazione. Possono inoltre essere presenti attacchi biotici, in particolare nella zona nei pressi della scassa dell'albero, dove sono più frequenti infiltrazioni d'acqua piovana.</p>	<p>Laminazione, consolidamento e tassellature Per questa problematica può essere applicata la stessa tecnica descritta nel punto 1) della scheda 5.1.2B. Nel caso di fessurazioni tra le lamelle, se queste sono poco profonde e non interessano l'intera sezione della struttura, è anche possibile intervenire con il reincollaggio delle strutture tramite resina epossidica. In tal caso è necessario prevedere una buona asciugatura e pulizia della fessurazione e la successiva impregnazione con resina liquida seguita da stuccatura con resina addensata da microfibre. Si consiglia l'adozione di resina epossidica in quanto durante la lavorazione sarà impossibile applicare morsetti alla struttura, rendendo indispensabile un collante dalla buona tenuta anche in assenza di pressione d'incollaggio. Per la risoluzione delle problematiche dovute agli attacchi biotici la tassellatura delle aree colpite è la miglior soluzione se i fenomeni sono localizzati e non interessano l'intera sezione resistente.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>













5. Il restauro consapevole: realizzazione

5.1.5B	METALLICO	Tradizionale e classica
Problematiche	Soluzioni	Analisi
<p>1) Fenomeni corrosivi</p> <p>La struttura può essere soggetta a fenomeni corrosivi per la presenza d'acqua e umidità. A incrementare questi fenomeni vi possono essere anche le correnti galvaniche, soprattutto in presenza di metalli diversi. Se la struttura è scatolata e il piano dei paglioli non offre sufficiente ventilazione i fenomeni di condensazione accrescono la corrosione fino a intaccare la sezione resistente.</p>	<p>Sostituzione</p> <p>Nel caso di forti fenomeni corrosivi (si veda <i>Figura 6</i>) della struttura è necessaria la costruzione di un nuovo paramezzale con caratteristiche analoghe all'esistente,³ in particolare quando i danni si trovano esattamente nella zona del piede d'albero.</p> <p>Il dimensionamento delle piastre metalliche e le sagome possono essere ricavati dalla struttura esistente o direttamente in opera, scelta consigliata considerando che un vecchio scafo in legno può presentare deformazioni.</p>	<p>Minimo intervento ●</p> <p>Compatibilità ●</p> <p>Reversibilità ●</p> <p>Durabilità ●</p>



Figura 6 Un madiere metallico con la zona bassa completamente corrosa (scheda 5.1.5B).

³ La compatibilità dell'intervento è valutata media a causa delle probabilità che anche la nuova struttura in metallo possa causare danni alle strutture lignee originali dovuti alla corrosione.

DORMIENTI E SERRETTE		
Numero scheda	Tecnica costruttiva	Costruzione
5.1.6B	IN LEGNO MASSELLO	Tradizionale e classica
Problematiche	Soluzioni	Analisi
<p>1) Attacchi biotici favoriti da ingresso di acqua piovana e condensazione La zona in cui sono installati i dormienti e le serrette è soggetta a crescita di muffe e ristagno di umidità. Questi due fenomeni avvengono spesso negli ambienti privi di ventilazione entro cui passano queste strutture, come armadietti e ripostigli, esponendole a un forte rischio di degrado. La situazione si aggrava nei casi in cui i dormienti siano attraversati da ferramenta della coperta (candelieri, viti o bulloni dell'impavesata, lande) mal sigillate che lasciano filtrare acqua piovana all'interno della fibra (si veda <i>Figura 8</i>).</p>	<p>Sostituzioni localizzate Spesso la gravità degli attacchi biotici non consente di realizzare piccole tassellature e si interviene con la sostituzione di un'intera porzione della struttura, prevedendo giunti a palella ed eventuali raddoppi. È consigliabile realizzare le palelle a cavallo di due o più ordinate a seconda della loro distanza.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>
<p>2) Deformazioni Un'imbarcazione che presenta deformazioni globali a livello della chiglia solitamente ha le medesime problematiche anche a livello della cinta, con conseguente deformazione dei dormienti e delle serrette. I laschi tra la fibra del legno e le ferramenta che l'attraversano rendono queste strutturalmente meno efficaci quanto a rigidità longitudinale.</p>	<p>Consolidamento e sostituzione delle ferramenta A seguito del corretto supporto dello scafo un intervento ottimale dovrebbe prevedere la rimozione delle ferramenta (bulloni passati o chiodi ribaditi in rame), la chiusura dei fori con spine in legno e tappi e l'installazione di nuovi perni di vincolo. In tal modo dormienti e serrette originali sono nuovamente solidali alle ordinate e contribuiscono al mantenimento della forma dello scafo come in origine. Si veda anche il paragrafo 4.5.4.2 del capitolo 4 per la correzione delle deformazioni globali propedeutica a un opportuno consolidamento.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>
<p>3) Indebolimento della fibra a causa della ripetuta installazione ravvicinata di ferramenta Ai dormienti sono ancorati spesso accessori di coperta tramite perni passanti. Su imbarcazioni molto datate è probabile riscontrare la presenza di aree con numerose forature del legno dovute a modifiche ripetute che spesso avvengono nel corso della vita dell'imbarcazione. La necessità di riconfigurare l'attrezzatura di coperta o il progressivo spostamento dell'area di ancoraggio degli accessori quando la fibra non offre l'adeguata resistenza possono aver causato fenomeni di locale indebolimento dell'elemento (si veda <i>Figura 7</i>).</p>	<p>Riempimento dei fori È possibile procedere con l'inserimento di spine di legno incollate con prodotti poliuretanici che espandono, riempiendo così le cavità interne alla struttura. Nel caso di situazioni d'indebolimento estremo si consiglia l'applicazione di più ampi tasselli per reintegrare la struttura.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>

5. Il restauro consapevole: realizzazione

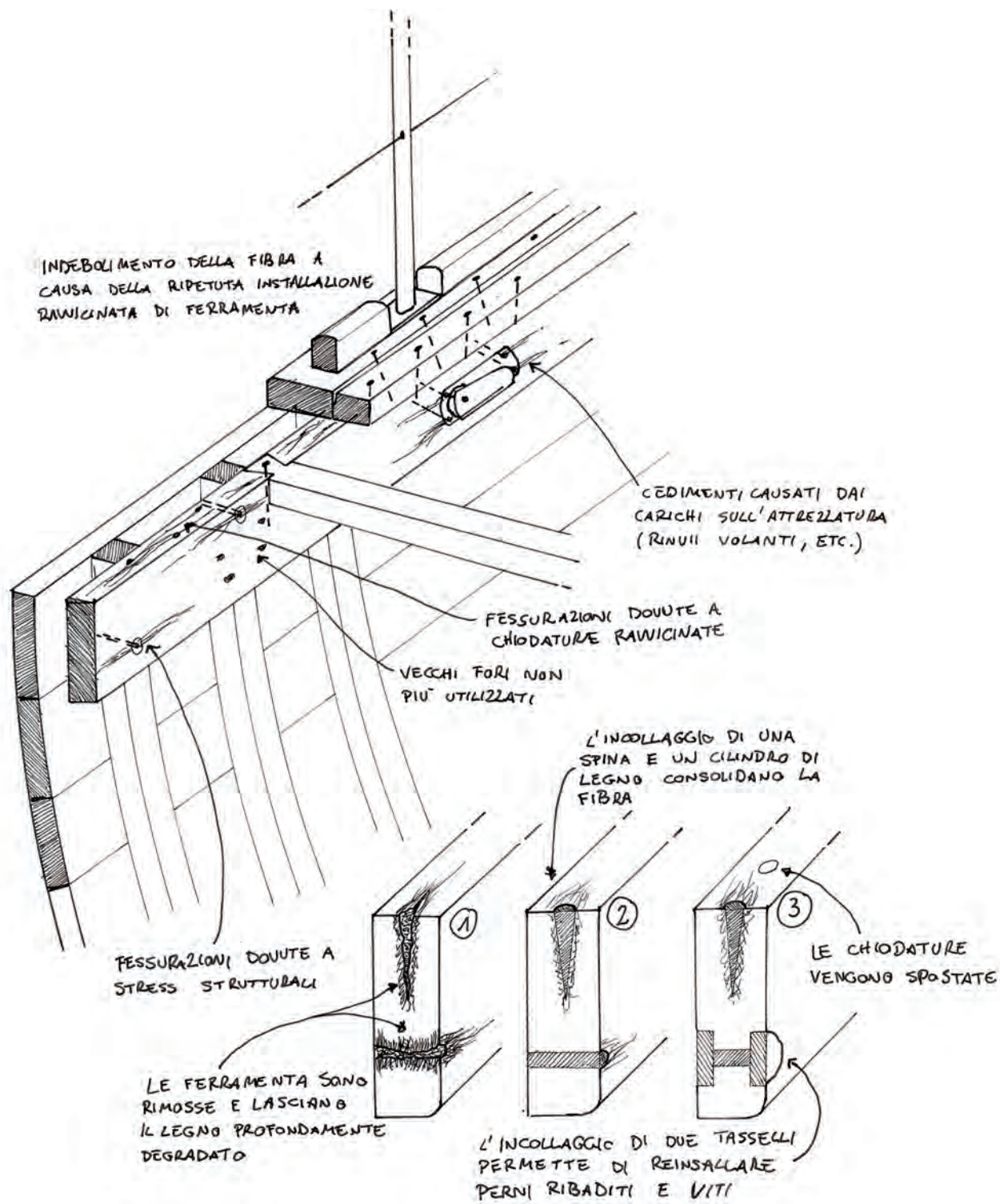












Figura 8 Un dormiente con problemi di infiltrazioni dalla coperta e conseguente attacco biotico (scheda 5.1.6B).

FASCIAME		
Numero scheda	Tecnica costruttiva	Costruzione
5.1.7B	IN LEGNO MASSELLO A CORSI ACCOSTATI	Tradizionale
<p>Le problematiche di questa tipologia costruttiva sono comuni al fasciame a corsi calafatati per quanto riguarda il degrado da attacchi biotici, le deformazioni e la fessurazione delle tavole lungo fibra (si veda <i>Figura 9</i>). Questo sistema costruttivo tuttavia non presenta i problemi derivanti dalla presenza dei comenti calafatati.</p>		
Problematiche	Soluzioni	Analisi
<p>1) Eccessivo restringimento delle tavole Avviene quando lo scafo è stato all'asciutto in ambiente molto secco per un periodo troppo prolungato. Le tavole sono molto contratte, con i comenti molto allargati.</p>	<p>È possibile ottenere la dilatazione delle tavole tramite umidificazione periodica o a seguito della messa in acqua dell'imbarcazione; il processo può essere laborioso ma si ottengono buoni risultati. Esistono tuttavia altre tecniche d'intervento che non prevedono il mantenimento della tecnica originale ma accorciano i tempi di lavorazione e minimizzano la successiva manutenzione.</p>	
	<p>a) Dilatazione delle tavole tramite umidificazione Può essere ottenuta nel caso in cui i comenti siano moderatamente aperti. In questi casi la nebulizzazione di acqua all'interno dello scafo e il posizionamento di teli umidi a contatto con la superficie interna del fasciame determinano una lenta ma progressiva dilatazione delle tavole.</p>	<p>Minimo intervento ●</p> <p>Compatibilità ●</p> <p>Reversibilità ●</p> <p>Durabilità ●</p>

5. Il restauro consapevole: realizzazione

Problematiche	Soluzioni	Analisi
	<p>La dilatazione non raggiungerà mai il massimo grado finché la barca sarà a terra e per questo il calafataggio dovrà garantire un certo grado di movimento alle tavole. Dopo il varo i corsi aumenteranno ulteriormente la loro dimensione rischiando eccessive tensioni, rotture o il distacco dalle ordinate qualora si sia calafatato esageratamente.</p>	
	<p>b) Rinvergatura La rinvergatura totale di tutti i comenti è la soluzione apparentemente più logica ma comporta rischi derivanti dall'eccessiva dilatazione del fasciame con possibili danni a livello delle ordinate, specialmente se piegate a vapore e non in ottimo stato di conservazione. In questa circostanza è consigliabile eseguire la rinvergatura dello scafo solo dopo aver provato a ristabilire un certo grado di dilatazione delle tavole, al fine di inserire verghe dagli spessori minimi, che quindi comporteranno minime dilatazioni. Dopo il periodo di umidificazione più limitato è il numero dei comenti rinvergati, minore è il rischio di problemi alle strutture interne.</p> <p>Ciò nonostante non vanno scordati i requisiti di asciugatura delle superfici indispensabili per un buon incollaggio. Questo tipo di intervento comporta una modifica del sistema costruttivo originale dell'imbarcazione e, in caso di murate verniciate, anche un certo impatto visivo.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>
	<p>c) Sostituzione dei corsi contratti A seguito dell'umidificazione un'altra opzione d'intervento è la sostituzione dei corsi di fasciame i cui comenti sono ancora eccessivamente dilatati, pur comportando la perdita di strutture originali in buono stato.</p>	<p>Minimo intervento </p> <p>Compatibilità </p> <p>Reversibilità </p> <p>Durabilità </p>