



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale delle strade USTRA



Schweizer Wanderwege
Suisse Rando
Sentieri Svizzeri
Sendas Svizras



U.A. Meierhofer & M. Zumoberhaus, Sezione Legno dell'EMPA, novembre 1992



Costruzioni in legno per sentieri

Manuale per l'ottimizzazione della pianificazione, della costruzione e dell'esercizio

Edizione originale a cura dell'Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAPF) – Ristampa invariata 2009

Colophon

Editore

Ufficio federale delle strade (USTRA)

Sentieri Svizzeri

Ordinazioni

Sentieri Svizzeri, Casella postale, 3000 Berna 23

Tel. +041 31 370 10 20

info@wandern.ch

Download

www.traffico-lento.ch

www.wandern.ch

Rilevanza giuridica

Nella collana «Aiuti all'esecuzione per il traffico lento» l'USTRA pubblica documenti di base e raccomandazioni destinati alle autorità esecutive nell'intento di assicurare un'applicazione possibilmente unitaria. Le autorità esecutive che si avvalgono di questa documentazione hanno la garanzia di agire in modo adeguato e conforme alla legge. Ciò non esclude tuttavia altre soluzioni specifiche.

Scritti sull'ambiente no. 153

Sentieri e percorsi pedonali



Costruzioni in legno per sentieri

**MANUALE E GUIDA PER LA PIANIFICAZIONE,
COSTRUZIONE E MANUTENZIONE DEI SENTIERI**

Elaborato da

U.A. Meierhofer e M. Zumoberhaus, EMPA Sezione Legno
Laboratorio federale di prova dei materiali e di ricerca

In collaborazione con

Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e
del paesaggio (UFAPF)

Ente svizzero pro sentieri (ESS)

Associazione svizzera per il legno (LIGNUM)

**Publicato a cura dell'Ufficio federale
dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAPF)
Berna, novembre 1992**

Gruppo di lavoro "Il legno nella costruzione di sentieri"

Presidente:	U.A. Meierhofer, EMPA Sezione Legno
Membri:	J. Kolb, Lignum F. Kromer, Ente svizzero pro sentieri G. Luck, Bündner Wanderwege D. Schmid, UFAFP W. Steiner, Luzerner Wanderwege M. Zumoberhaus, EMPA Sezione Legno
Autori del manuale:	U.A. Meierhofer, EMPA Sezione Legno M. Zumoberhaus, EMPA Sezione Legno
Grafica:	R. Looser, Basilea
Traduzione:	Studio Francesco Ryf, Taverne Germano Mattei, Caviglioglio

Per ordinazioni rivolgersi a: Servizio documentazione, Ufficio federale
dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio
3003 Berna

Prezzo: Fr. 20.--

10.92 800 A60486

PREFAZIONE

La rete di sentieri svizzera conta attualmente all'incirca 50'000 km d'itinerari segnalati e permette agli escursionisti di distendersi e rilassarsi in un paesaggio variato. Numerose tratte, situate su terreni accidentati, sarebbero inutilizzabili senza l'apporto di ponti, passerelle e scale per superare i diversi ostacoli e senza le opere di protezione e di consolidamento delle scarpate al fine di garantire la loro praticabilità. Per la costruzione di queste opere, generalmente di facile realizzazione, il legno assume un'importanza primordiale.

A norma della Legge federale sui percorsi pedonali ed i sentieri (LPS) del 4 ottobre 1985, i Cantoni devono provvedere alla sistemazione e manutenzione di itinerari escursionistici e di montagna e assicurare la libera circolazione, possibilmente senza pericoli. Grazie a una documentazione adattata alle esigenze pratiche, la Confederazione si sforza di sostenere le cerchie preposte alla sistemazione e manutenzione di sentieri nell'adempimento dei loro compiti.

Il presente manuale si prefigge di migliorare la qualità e la resistenza delle costruzioni in legno e di promuovere l'impiego di questo materiale indigeno, ecologico, pratico e a buon mercato nella costruzione di sentieri. Riassumendo le esperienze delle organizzazioni pro sentieri, della Sezione Legno dell'Empa e di istituzioni estere, fornisce delle nozioni di base sull'utilizzazione del legno nella costruzione di sentieri e presenta degli esempi di realizzazione sperimentati in diversi campi d' applicazione.

UFFICIO FEDERALE DELL'AMBIENTE,
DELLE FORESTE E DEL PAESAGGIO
Il Direttore:



Bruno Böhlen

PARTE A: NOZIONI DI BASE

1. Introduzione	3
2. Studio del progetto	4
2.1. Categorie di sentieri	4
2.2. Misure costruttive	6
2.3. Svolgimento del progetto	7
3. Materiali	8
3.1. Scelta dei materiali	8
3.2. Legno	8
3.3. Metallo	12
3.4. Materiali minerali (roccia, sassi, sabbia, terra, cemento)	13
3.5. Materiali organici (materie sintetiche, bitume)	14
4. Sollecitazioni e pericoli	16
4.1. Influssi climatici	16
4.2. Attacchi fungini e d'insetti	16
4.3. Sollecitazioni meccaniche (carichi)	17
5. Durabilità delle costruzioni	18
5.1. Misure concettuali e costruttive	18
5.2. Scelta e messa in opera del legname	22
5.3. Protezione chimica del legno	24
5.4. Trattamenti di superficie	25
6. Collegamenti e elementi di fissaggio	26
6.1. Chiodi	28
6.2. Bulloni di carpenteria	32
6.3. Grappe	33
6.4. Colle	33

Indice	Pagina
7. Calcolo e dimensionamento	34
8. Esecuzione	37
8.1. Lavori preliminari	37
8.2. Utensili, attrezzi e mezzi di trasporto	37
8.3. Controllo dell'esecuzione	38
9. Sorveglianza e manutenzione	39
9.1. Documentazione	39
9.2. Sorveglianza	40
9.3. Accertamento di attacchi fungini e del marciume	41
9.4. Manutenzione	42
9.5. Trattamento preventivo e curativo del marciume	43

PARTE B: OPERE COSTRUTTIVE

10. Ponti e passerelle	47
10.1. Nozioni di base	47
10.2. Sistemi costruttivi dei ponti	49
10.3. Elementi delle costruzioni	51
10.3.1. Concetti di base	51
10.3.2. Appoggi e sostegni	52
10.3.3. Strutture portanti principali	55
10.3.4. Strato portante e strato d'usura	60
10.3.5. Parapetti	64
10.4. Esempi	65
10.4.1. Passerella semplice (esecuzione tipo B)	66
10.4.2. Passerella con travature tonde (esecuzione tipo B)	67
10.4.3. Passerella standard con legname segato (esecuzione tipo A)	69

Indice	Pagina
11. Scale	74
11.1. Scale nel terreno	74
11.2. Scale libere	76
11.3. Scale	79
12. Opere di consolidamento del terreno	80
12.1. Consolidamento del terreno	80
12.1.1. Drenaggi	80
12.1.2. Cassoni in legno	83
12.1.3. Griglie di stabilizzazione	85
12.1.4. Fascine, graticciate e letti di talee	87
12.2. Protezione del sentiero	91
12.2.1. Canalette e deviazione laterale	91
12.2.2. Attraversamento di zone umide	95
12.2.3. Gradini antierosione e consolidamento del bordo	95
13. Passaggi di recinzioni	99

APPENDICE

Bibliografia	105
Indice analitico	107

Parte A

Nozioni di base

1. INTRODUZIONE

Nel 1979, i cittadini svizzeri hanno introdotto a larga maggioranza nella Costituzione un *articolo 37 quater* inerente i percorsi pedonali ed i sentieri. Secondo la Legge federale sui percorsi pedonali ed i sentieri (LPS) del 4 ottobre 1985, i Cantoni sono ora responsabili della loro pianificazione, costruzione e manutenzione. Se da un lato si disporrà dunque presto di accresciuti mezzi per i percorsi pedonali ed i sentieri, dall'altro si dovrà ciononostante ridurre al massimo i costi per future opere infrastrutturali. Si tratterà sostanzialmente di costruire in modo economico ponti, passerelle, scale, opere di consolidamento del terreno, ecc., e di integrarli al meglio nel paesaggio onde aumentare l'attrattiva dei sentieri.

Se viene messo in opera correttamente, il legno adempie queste condizioni in larga misura. Questo manuale dovrebbe offrire un valido contributo per un'esecuzione corretta, sicura, attrattiva e durevole di opere in legno per i sentieri. Si prefigge avantutto di ottimizzare la qualità delle costruzioni, di prolungarne la durata, di semplificare la loro manutenzione e di ridurre i costi.

Le informazioni seguenti sono da intendere come suggerimenti ed istruzioni. Anche se i capitoli da 2 fino a 9 espongono delle nozioni di base, non hanno nessun carattere normativo. Al contrario, si tratta di trovare un gran numero di soluzioni originali e conformi alle regole dell'arte: la varietà è una delle condizioni dell'attrattiva. Le informazioni di questo manuale sono pure concepite per facilitare le decisioni nelle diverse situazioni, di cui ecco le due più importanti:

- cantieri facilmente o difficilmente accessibili (in quest'ultimo caso, sono utilizzabili unicamente dei mezzi molto semplici);
- costruzioni semplici da progettare e realizzare e costruzioni complesse che esigono normalmente il ricorso a specialisti.

Questo manuale è indirizzato in primo luogo a coloro che, in seno alle amministrazioni cantonali, ai comuni, alle organizzazioni pro sentieri e all'industria edilizia, si occupano dello studio, della realizzazione, della manutenzione e del ripristino di costruzioni semplici. Contiene però nondimeno numerose indicazioni e raccomandazioni che si rivelano utili nell'ambito di costruzioni più complicate.

Molti problemi sono stati trattati solo succintamente, in quanto l'ampiezza del manuale non poteva essere aumentata a volontà. Per ulteriori dettagli si consulerà perciò la bibliografia che figura in appendice.

A medio termine è prevista una rielaborazione del manuale tenendo conto delle nuove esperienze che scaturiranno nel frattempo. Gli autori sono riconoscenti per ulteriori indicazioni concernenti completamenti, modifiche e miglioramenti, così come per esempi di progetti particolarmente ben riusciti.

2. STUDIO DEL PROGETTO

2.1. Categorie di sentieri

Il tipo d'esecuzione delle opere dipende dalle norme di costruzione inerenti il relativo sentiero, le quali sono definite in dettaglio nelle raccomandazioni per la sistemazione di sentieri, pubblicate dall'Ente svizzero pro sentieri (1). I criteri principali sono determinati dalla costituzione fisica e dall'equipaggiamento dei fruitori, dalla topografia e dal clima. La legge sui percorsi pedonali ed i sentieri (LPS) distingue unicamente tra sentieri situati all'interno o all'esterno degli abitati, ma non si pronuncia sul loro aspetto (grado di sistemazione).

Per lo studio e la costruzione di sentieri risulta però utile e opportuno allestire una classificazione, sebbene non sia sempre possibile operare una delimitazione chiara e precisa.

Si distinguono:

- i percorsi pedonali
- i sentieri
- i sentieri di montagna
- gli itinerari alpini

Percorsi pedonali

Caratteristiche

Pendenza: in generale fino a 10% , eccezionalmente fino a 15 %
Larghezza: 0,8 fino a 2,0 m
Superficie: naturale, con terra, ghiaia, sabbia, ghiaietto, ecc.
Evacuazione delle acque: pendenza trasversale unica o su due lati

I percorsi pedonali si snodano di regola lontani dalle strade, attraversando i quartieri e i siti tranquilli e pittoreschi di una località . Talvolta, piccole differenze di quota vengono superate per mezzo di una scala o di una rampa. Hanno di preferenza un rivestimento naturale di terra, sabbia, ghiaietto o altri materiali simili, sebbene un rivestimento in duro faciliterebbe la circolazione delle carrozzelle e delle sedie a rotelle. La loro larghezza deve permettere il transito di *due o tre persone l'una accanto all'altra*. Occasionalmente si rendono inevitabili dei restringimenti, p.e. nelle costruzioni. Per la determinazione della larghezza e pendenza nelle costruzioni si dovrà tenere conto del traffico degli escursionisti e di eventuali altri fruitori (tra l'altro sedie a rotelle, ciclisti, ecc.).

Sentieri

Caratteristiche:

Pendenza:	senza gradini fino a ca 20%, con gradini fino a 100%
Larghezza:	esigua; a partire da 30 cm
Superficie:	terra battuta, ev. coperta localmente con ghiaia
Evacuazione delle acque:	lungo il tracciato; localmente per mezzo di semplici canalette e canali laterali
Segnaletica:	indicatori e segnali gialli

I sentieri collegano di preferenza delle regioni con un paesaggio pittoresco, punti panoramici, siti storici, ecc., situati al di fuori delle località. L'equipaggiamento dei fruitori è adattato alle caratteristiche del sentiero (p.es. calzature solide e robuste). A dipendenza dell'utilizzazione sono *sovente costruiti a una via*, ossia relativamente stretti. Le differenze di quota vengono superate per mezzo di ripide tratte o, se del caso, tramite la costruzione di gradini. La superficie dei sentieri si compone di materiali naturali. Talvolta è sufficiente il terreno in loco, ma a volte la superficie viene stabilizzata o ricoperta con ghiaia. In questo contesto è stato pure sperimentato un rivestimento argilloso che presenta però sempre qualche asperità. I rivestimenti in duro quali l'asfalto o il beton non sono indicati, ma sovente inevitabili nel caso in cui l'itinerario coincida con strade agricole esistenti o attraversi una località.

Sentieri di montagna

Caratteristiche

Pendenza:	Tratti ripidi, presenza frequente di gradini rompipendenza
Larghezza:	esigua
Superficie:	irregolare, non consolidata
Evacuazione delle acque:	rara, eccezionalmente in presenza di manufatti
Segnaletica:	bianco/rosso/bianco

La fruizione dei sentieri di montagna del Giura, delle Prealpi, Alpi centrali e Sud delle Alpi è legata a certi rischi quali tratti ripidi, umidi, sdruciolevoli o esposti. Anche se non sono necessari accorgimenti tecnici, la loro frequentazione presuppone *l'uso di calzature adeguate e una buona costituzione fisica*.

Itinerari alpini

Gli itinerari alpini e dei ghiacciai non sono più parte integrante delle reti di sentieri. La loro fruizione esige sovente l'impiego delle mani, nonché di materiale tecnico come la corda o la piccozza. Un *buon equipaggiamento e l'esperienza di montagna* sono premesse indispensabili. Gli accorgimenti costruttivi si limitano unicamente all'adozione di singoli provvedimenti speciali quali ancoraggi e cavi fissi. Importanti itinerari alpini e gli accessi alle capanne sono segnalati da poco tempo con la colorazione bianco/blu/ bianco.

L'utilizzazione degli itinerari dei ghiacciai è particolarmente rischiosa in quanto la loro posizione così come le condizioni dello strato ghiacciato e dell'innevamento si modificano continuamente. I ghiacciai dovrebbero essere attraversati solamente da alpinisti esperti.

2.2. Misure costruttive

Nell'ambito dello studio e dell'esecuzione di manufatti per i sentieri devono essere considerati i punti seguenti:

- categoria del sentiero, tipo d'esecuzione (sicurezza, comodità)
- integrazione nel paesaggio
- consolidamento del terreno (protezione contro l'erosione)
- economicità (costi di costruzione e di manutenzione)
- accessibilità e mezzi disponibili (manodopera, finanze, macchinari e materiale)

Il presente manuale non contiene nessuna indicazione concernente *la scelta del tracciato*, ma è ovvio che questo fattore influenza considerevolmente l'attrattività e il costo di un sentiero. Grazie a un posizionamento accurato si possono sovente ridurre o anche evitare manufatti e lavori di manutenzione costosi.

La *larghezza* di ponti, passerelle, passaggi di recinzioni e altri manufatti non deve forzatamente corrispondere alla larghezza standard del sentiero. Un ponte a una via richiede una larghezza di 0,6 fino a 0,8 m, mentre uno a due vie circa 1,3 m. I sentieri larghi e i manufatti ben dimensionati aumentano la sicurezza effettiva e il senso di sicurezza del fruitore.

In funzione della categoria del sentiero, dell'accessibilità e dei mezzi disponibili, il *tipo d'esecuzione* può variare tra due estremi molto distanziati. In questo caso si rivela molto utile la differenziazione generale in due classi.

Esecuzione tipo A: costruzioni costose realizzate in gran parte con materiali trasportati in loco.

Esecuzione tipo B: costruzioni più modeste, semplici, costruite in gran parte con materiali ricavati in loco.

L'esecuzione tipo A concerne i manufatti costosi che necessitano in generale di una manutenzione minima e sono concepiti per garantire la maggior durabilità possibile. Ciò richiede l'uso di materiali di valore relativamente elevato (p.es. legname impregnato o legno biologicamente resistente quale castagno, larice o robinia) e una messa in opera tecnicamente più avanzata. L'impiego di legno poco duraturo si giustifica unicamente per elementi sufficientemente protetti o per elementi d'usura facilmente sostituibili.

Le costruzioni di tipo A sono generalmente eseguite da carpentieri e, se del caso, progettate e calcolate staticamente da parte di un ingegnere civile. I loro elementi dovrebbero essere di preferenza prefabbricati (o pure standardizzati) in modo da rendere necessario solamente un semplice montaggio in cantiere. Le costruzioni di questo tipo si trovano normalmente in luoghi facilmente accessibili per macchinari e mezzi di trasporto. Con uno sforzo finanziario supplementare le costruzioni prefabbricate possono essere erette anche in luoghi di difficile accesso, grazie all'impiego di mezzi di trasporto speciali (elicottero).

Le costruzioni di tipo B sono di semplice concezione ed esecuzione. Vi si fa ricorso soprattutto nei casi in cui le esigenze risultano modeste (p.es. per un manufatto provvisorio) o in luoghi di difficile accesso che impongono un ampio uso di materiali locali suscettibili d'essere lavorati con attrezzi manuali. Si tratta sovente di manufatti in sassi, terra o in legno più o meno grezzo come tondoni interi o dimezzati. Per prolungare la loro durabilità si ricorre generalmente all'adozione di misure d'ordine concettuale e costruttivo. Sovente non si può richiedere troppo alla durabilità del legname. Perciò risulta importante che le riparazioni siano facilitate tramite una concezione appropriata. Per le costruzioni di tipo B si utilizzano solamente degli elementi di collegamento semplici.

2.3. Svolgimento del progetto

I documenti necessari per la consultazione, l'ottenimento dei preavvisi e del permesso di costruzione di un sentiero di regola fanno parte di un progetto generale. Le costruzioni complesse di tipo A vengono realizzate secondo dei piani di dettaglio elaborati da ingegneri o persone competenti. Il contenuto e l'ampiezza di questi progetti di dettaglio si differenziano a seconda del manufatto e si conformano alle norme SIA 103 e 104.

In particolare per le costruzioni di tipo B i documenti del progetto generale sono più che sufficienti e saranno se del caso completati con schizzi di dettaglio. Un progetto completo comprende:

- piano d'assieme 1: 25'000, ev. 1: 10'000;
- piano di situazione in scala 1:1'000 o 1:500;
- profilo(i) longitudinale, profili tipo del sentiero risp. dei manufatti, con i rilievi sul campo necessari;
- confronto tra varianti risolutive risp. evidenziare alternative;
- schizzi o piani dei manufatti con indicazione della loro destinazione (p.es. utilizzazione mista da parte di escursionisti, ciclisti, veicoli fuoristrada, ecc.), della loro larghezza e delle misure di sicurezza (parapetto);
- rapporto geotecnico (appoggi dei ponti, versanti soggetti a fenomeni di scivolamento e scorrimento del terreno, ecc.) così come eventuali proposte di consolidamento o stabilizzazione del piano di fondazione (p.es. misure di bioingegneria, drenaggi, ecc.);
- indicazioni sulla disponibilità e l'attitudine dei materiali presenti in loco quali legname (specie arborea, lunghezza, ecc.), blocchi di roccia, ghiaia, materiali terrosi);
- indicazioni sui canali valangari e la portata dei corsi d'acqua (secondo le osservazioni sul terreno e dati forniti dal servizio cantonale delle acque, dagli abitanti della regione, dal catasto delle valanghe);
- condizioni di proprietà e servitù (diritti di passo e d'uso);
- allacciamento e accessibilità (costruzioni di tipo A o B);
- stima dei costi (preventivo di massima);
- composizione e qualifica della manodopera prevista (squadra a regia, forestali, carpentieri, soldati, avventizi);
- termini di costruzione;
- responsabili di ulteriori studi, dell'esecuzione dei lavori, della sorveglianza e manutenzione.

3. Materiali

3.1. Scelta dei materiali

Il legno, il sasso, la sabbia e la terra costituiscono i materiali tradizionali per eccellenza nell'ambito della sistemazione dei sentieri. I metalli, in primo luogo ferro e acciaio, vengono impiegati come elementi di collegamento, tondini d'armatura e barre filettate. Il calcestruzzo si presta specialmente per lavori di fondazioni e con l'impiego di materiale sintetico (plastiche) si possono ottenere delle stuoie di grandi dimensioni, leggere e impermeabili.

I campi d'applicazione dei differenti materiali si sovrappongono parzialmente in modo considerevole. Al fine di operare la scelta dei materiali si applicheranno dunque i criteri seguenti:

- proprietà tecniche (portata, caratteristiche del materiale, resistenza all'abrasione, comportamento sotto deformazione, ecc.).
- aspetti estetici
- durabilità
- economicità (soprattutto costi di costruzione e manutenzione)
- messa in opera (arnesi e accessori necessari)
- maneggevolezza (peso, dimensioni) durante il trasporto e la posa
- facilità di manutenzione e di riparazione (tra l'altro, possibilità di riutilizzo)
- disponibilità (temporale e spaziale)
- compatibilità ambientale durante la costruzione, in servizio e per lo smaltimento dopo la demolizione

3.2. Legno

Per la maggior parte delle costruzioni per i sentieri il legno costituisce un materiale conveniente dal profilo sia estetico che tecnico. Notoriamente, in combinazioni con materiali pietrosi ricavati sul posto, si ottengono delle realizzazioni *ottimamente integrate nel paesaggio*. Lo si trova ovunque di qualità adatta sotto forma di tondelli, segati o lamellare di alto valore, e la sua messa in opera avviene con mezzi molto semplici. Il legno, grazie tra l'altro alla sua biodegradabilità, risulta particolarmente ecologico (anche se questa proprietà limita in misura accettabile la durabilità del manufatto). Possiede inoltre certe proprietà che lo distinguono nettamente da altri materiali di costruzione.

Il legno contiene sempre delle quantità d'acqua considerevoli e adatta la sua umidità alle condizioni ambientali circostanti. Assorbe (o restituisce) il vapore acqueo dell'aria oppure si umidifica assorbendo per capillarità l'acqua proveniente dalle precipitazioni, dagli elementi costruttivi vicini e dal suolo. Fino al punto di saturazione delle fibre, ossia fino a un *tasso d'umidità* del 30% circa (peso dell'acqua = 30% del peso della sostanza legnosa secca), l'acqua è immagazzinata nelle pareti cellulari. In presenza di un tasso d'umidità superiore l'immagazzinamento avviene anche all'interno delle cellule. Se l'umidità del legno supera per lungo tempo il limite di saturazione, esiste il rischio di un attacco di funghi xylofagi. Allo stato fresco di bosco il legno ha un tasso d'umidità dal 30% fino a più del 200%.

Il legno subisce un *ritiro* o un *gonfiamento* quando la sua umidità varia al di sotto del punto di saturazione delle fibre. L'ampiezza del fenomeno dipende dalla direzione in rapporto all'asse del tronco; risulta specialmente pronunciato tangenzialmente agli anelli annuali di accrescimento e diminuisce della metà circa in direzione radiale.

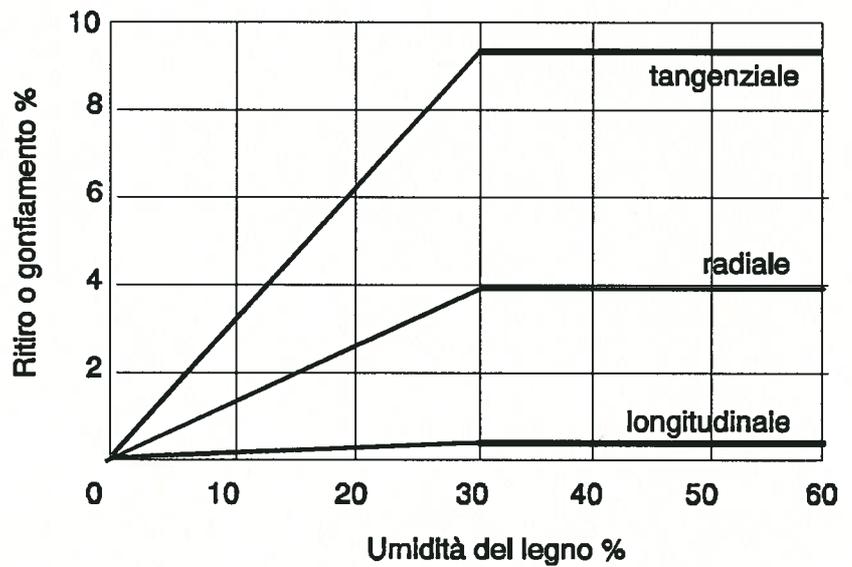


Fig. 3.1. Ritiro e gonfiamento del legno d'abete rosso (con una densità allo stato secco di 400 kg/m³)

Lungo l'asse del tronco risp. nel senso delle fibre, le variazioni di dimensione sono molto deboli. Le note fenditure che appaiono durante il processo d'essiccazione sono provocate dalle enormi tensioni trasversali dovute alle differenze tra il ritiro radiale e tangenziale. A dipendenza della sezione, il ritiro provoca delle deformazioni differenziate.

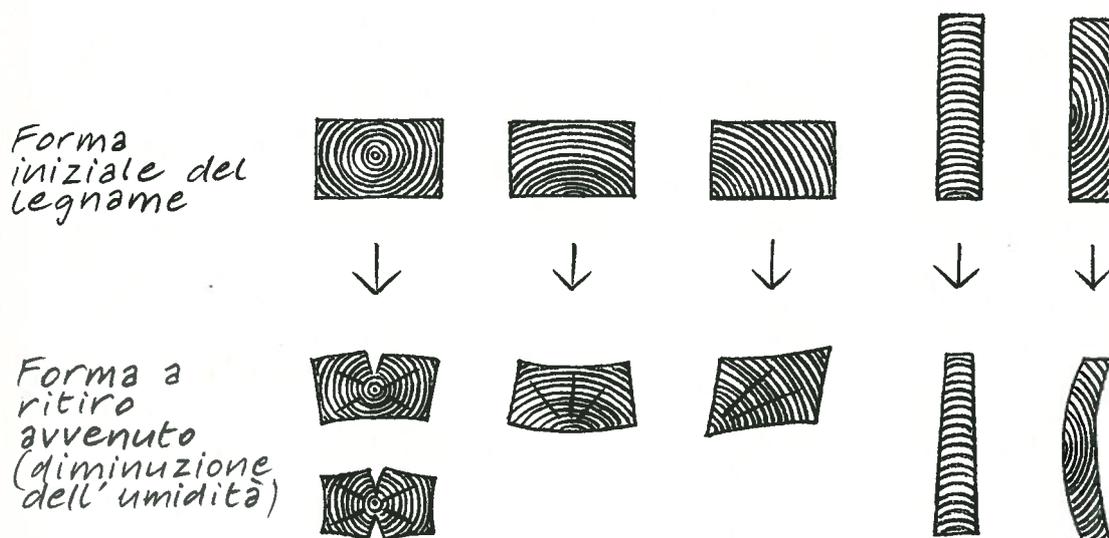


Fig. 3.2: Deformazioni del legno in seguito a ritiro

Dal punto di vista statico, le *fenditure dovute al ritiro* non comportano generalmente nessuna conseguenza, ma possono ripercuotersi sfavorevolmente sulla durabilità, notoriamente quelle dei piani superiori esposti all'azione degli agenti atmosferici, di alcuni elementi orizzontali. L'acqua piovana vi si accumula, ristagna e provoca così l'umidificazione dell'elemento.

La *resistenza biologica* al marciume e all'attacco d'insetti costituisce uno dei fattori più importanti in quanto condiziona la durabilità delle costruzioni e dei loro elementi. Essa varia a seconda della specie arborea. Nelle essenze legnose in cui il durame presenta una colorazione differente rispetto all'alburno, la resistenza biologica risulta particolarmente forte nel durame, mentre l'alburno è facilmente soggetto alla degradabilità (decomposizione).

La tabella seguente fornisce una classificazione semplificata delle essenze indigene secondo la loro resistenza:

Resistenza elevata fino a molto elevata	Resistenza mediocre	Resistenza debole fino a molto debole	
Tasso*	Noce*	Pino cembro	Pino
Castagno*	Larice*	Abete rosso	Tiglio
Quercia*	Pero	Abete bianco	Pioppo
Robinia*	Douglasia*	Acero	Olmo
	Ciliegio	Betulla	Faggio
		Ontano	Carpino bianco
		Frassino	

* solamente durame (essenze a durame)

Resistenza elevata:

durabilità superiore a 25 anni

Resistenza debole:

decomposizione in meno di 5 anni in condizioni sfavorevoli (p.es. in caso d'umidità stagnante o contatto col suolo)

Anche le *proprietà meccaniche* (resistenza, deformazione) del legno si differenziano rispetto a quelle di altri materiali da costruzione. Queste proprietà sono fortemente anisotropiche: particolarmente favorevoli in senso longitudinale, meno buone in senso trasversale. Questa disparità è da ricondurre alla struttura cellulare del legno che è formato da fini vasi paralleli. La struttura basilare è perturbata soprattutto dalla presenza di nodi e di fibre oblique che diminuiscono localmente la resistenza (durezza). Malgrado questi indebolimenti, la resistenza è da ritenersi elevata, tenendo specialmente conto del debole peso del legno.

La *norma SIA 164 (2)* indica sia i valori delle proprietà meccaniche del legno, da utilizzare in particolare per il dimensionamento dei manufatti, sia i criteri qualitativi del legno da costruzione. Queste indicazioni valgono direttamente per tutte le fasi operative "normali" di una costruzione di tipo A (studio del progetto- carpenteria-montaggio).

Le prescrizioni di qualità e classificazione sono applicabili unicamente con certe riserve alle costruzioni di tipo B, realizzate in gran parte con tondelli provenienti dai dintorni del cantiere. Contrariamente ai segati, numerosi *criteri di classificazione* (fibratura obliqua, tasche di resina, legno di reazione) non sono o sono solamente poco visibili sui tondelli, in particolare su quelli non ancora scortecciati. D'altra parte, i principali difetti che riducono la resistenza, ossia nodi e fibre oblique, si ripercuotono in misura nettamente minore sui tondelli rispetto ai segati, i quali presentano sempre dei settori con fibre tagliate di sbieco. Questo fatto provoca un indebolimento consistente, specialmente in caso di sollecitazione a trazione (p. es. sul lato sotto trazione di una trave flessibile).

Per i materiali reperiti sul posto (costruzioni di tipo B) si applicheranno le regole di classificazione seguenti:

- si devono scegliere di preferenza *alberi sani*. Gli attacchi d'insetti sono un sintomo di vitalità o salute ridotta, legate forse all'esistenza di un danneggiamento.
- Durante *l'abbattimento degli alberi*, si deve evitare la caduta su asperità del terreno, ceppi, ecc. , in quanto l'impatto rischia di danneggiare notevolmente, e sovente in maniera impercettibile, la sostanza legnosa.
- Un eventuale deposito intermedio servirà per un essiccamento preliminare del legno. Al fine d'accelerare questo processo ed evitare degli attacchi d'insetti xylofagi i tronchi appena abbattuti devono essere scortecciati. Un *deposito ben arieggiato* attiva l'essiccamento, mentre occorre evitare il contatto col suolo, gli spruzzi d'acqua dal terreno, nonché un irraggiamento diretto. Un'essiccamento troppo rapido cagiona infatti delle fenditure da ritiro eccessive.
- Il legno che presenta già durante la messa in opere dei settori marcescenti, in particolare le macchie del marciume rosso sulla sezione, non sarà duraturo. Gli attacchi fungini si riconoscono all'alterazione del colore, dall'odore e dalla ridotta durezza del legno (cfr. cap. 9.3.).
- Il legno a crescita lenta , ossia con anelli di accrescimento fini, si conserva meglio del legno a rapida crescita (presso la medesima essenza).
- Per gli elementi costruttivi in tondelli, sottomessi a grossi carichi (flessione, compressione, trazione) , il diametro dei nodi non dovrebbe oltrepassare in superficie un terzo del diametro del tondello o relativo elemento. Per i segati si applicheranno i criteri di classificazione della *norma SIA 164 (2)*.

3.3. Metallo

Il metallo viene utilizzato nelle costruzioni in legno per gli elementi di collegamento, per elementi speciali quali gli appoggi, le piastre basali, i tiranti e i cavi, per le lamiere di copertura e infine nell'ambito del consolidamento del terreno sotto forma di griglie o reti.

In generale vengono impiegati i metalli seguenti:

- ferro
- acciaio
- acciaio inossidabile (cromato, V2A, V4A)
- acciaio resistente alle intemperie (Corten, Coraldur, Patinax)
- rame
- bronzo
- alluminio

Per le coperture, i criteri estetici giocano talvolta un ruolo determinante. Le lamiere scure, in rame o ferro ossidati, s'integrano in generale meglio nel paesaggio rispetto all'alluminio grigio chiaro o alla lamiera galvanizzata. A causa del loro prezzo ridotto vengono preferiti il ferro e l'acciaio, malgrado certi inconvenienti tecnici quali p.es. la loro minore durabilità.

La durabilità dei metalli gioca pure un ruolo importante: dipende ugualmente in primo luogo dalla presenza di una forte umidità, la quale sovente non si può evitare nelle costruzioni per i sentieri. Per ciò che concerne la *corrosione dei metalli* occorre ricordare che:

- certe essenze (quercia, douglasia, castagno) hanno un effetto corrosivo sui metalli (non protetti);
- nel legno non si devono utilizzare differenti metalli uno accanto all'altro;
- i prodotti cuprici di protezione del legno favoriscono la corrosione del ferro, dell'acciaio e dell'alluminio.

I sali borici utilizzati per impregnare il legno non hanno nessun effetto corrosivo.

Le seguenti misure aumentano la durabilità degli elementi metallici:

- la *zincatura* conferisce al ferro e all'acciaio una buona protezione a un prezzo vantaggioso. La zincatura a fuoco si è rivelata migliore della zincatura elettrolitica, poiché forma uno strato protettivo più spesso che impedisce la corrosione anche in caso di scalfitture locali. Sul cantiere i danni più estesi e le superfici di troncamento possono essere trattate con l'applicazione di uno strato di zinco. Questa protezione si rivela però meno efficace e non resiste eternamente in quanto col tempo lo strato di zinco si degrada.
- Una buona protezione è garantita ugualmente dai *rivestimenti anti-ruggine*, composti da uno strato di fondo di minio al piombo e di uno strato di finitura (smalto al caucciù clorato). Questo tipo di rivestimento non deve presentare nessuna lacuna, ciò che risulta difficile da realizzare nell'ambito delle costruzioni per i sentieri (danni/scalfitture). Inoltre, il necessario postrattamento periodico non è di regola garantito.
- L'efficienza perenne degli elementi metallici può essere garantita anche grazie al *sovradimensionamento*, ossia utilizzando delle sezioni maggiorate. Nel corso di un anno, in condizione estreme, la ruggine è in grado di intaccare l'acciaio su uno spessore di alcuni millimetri, mentre in caso di umidità non permanente raggiunge unicamente alcune frazioni di millimetro. Gli elementi più minacciati sono evidentemente quelli a sezione piccola, quali chiodi o lamiere.

- Tra i *metalli resistenti alla corrosione* si utilizza il rame per le lamiere di copertura e l'alluminio soprattutto per le viti, i bulloni, le lamiere e i cavi (fili). I cosiddetti acciai resistenti alle intemperie formano a certe condizioni, peraltro difficilmente realizzabili, uno strato protettivo (3). Se queste condizioni non sono adempiute, essi arrugginiscono come gli acciai normali. Presentano però il vantaggio di assumere, sotto l'effetto della corrosione, una colorazione scura che si integra favorevolmente nel paesaggio.
- Il bronzo e gli *acciaio inossidabili* resistono ottimamente alla corrosione. Tuttavia, se quest'ultimi sono sottoposti in determinate condizioni ambientali a forti sollecitazioni, possono essere indeboliti dalla corrosione dovuta alle fenditure di tensione. Questi danni sono difficilmente individuabili e rischiano di provocare una brusca e improvvisa rottura in caso di forti sollecitazioni meccaniche.

3.4. Materiali minerali (roccia, sabbia, sassi, terra, cemento)

Il sasso e la terra appartengono, unitamente al legno, ai materiali da costruzioni più antichi e vengono impiegati per i bisogni più disparati: dal profilamento del terreno, riempimenti, formazione di terrazze, opere di sostegno, drenaggi, ecc. fino alle strutture portanti (archi, volte). Le loro proprietà variano notevolmente. Al fine di diminuire i costi di trasporto si utilizzano di preferenza dei materiali ricavati sul posto, sebbene la loro qualità risulti talvolta mediocre e lungi dall'essere ottimale.

Alcune proprietà dei materiali sassosi e terrosi si rivelano importanti nel contesto delle costruzioni per i sentieri.

Resistenza al gelo

Resistono bene al gelo le rocce dense e compatte (granito, gneiss, calcare, ecc.), impermeabili all'acqua che in caso di gelo causerebbe una veloce disgregazione della roccia. In questo contesto si rivelano meno adatti i scisti argillosi, i conglomerati e certe arenarie.

Permeabilità di materiali terrosi

I suoli permeabili (sabbia, ghiaia, pietrisco) si compongono di materiali a granuli grossi che facilitano la percolazione idrica. Questi materiali vengono utilizzati per drenaggi o per la formazione di fondi naturali (piano di transito) in modo da evitare il ristagno d'acqua durante i periodi di pioggia.

Impermeabilità di materiali terrosi

I suoli a granuli fini (notoriamente l'argilla) sono impermeabili all'acqua e permettono la formazione di strati stagni. Se ben compattati, risultano persino impermeabili all'aria e conservano così gli elementi in legno ivi collocati.

Gli impilaggi di sassi di grosse dimensioni si rivelano adatti specialmente come fondazioni delle costruzioni in legno, in quanto lasciano filtrare l'acqua piovana e di superficie. Si sceglieranno di preferenza delle rocce dure a piano di frattura piatto (p.es. gneiss), facilmente impilabili.

Il *calcestruzzo* è adatto per le fondazioni, gli appoggi e altri elementi a contatto col suolo. A dipendenza dell'accessibilità, il calcestruzzo viene trasportato in cantiere con l'autocarro, oppure viene preparato direttamente in loco miscelando il cemento con una miscela di sabbia e ghiaia (i cosiddetti aggregati o inerti). Il calcestruzzo composto da ghiaia grossolana e malta di cemento risulta poroso e viene quindi utilizzato per i drenaggi. Se si dovessero utilizzare aggregati reperiti in loco, occorrerà verificare che siano esenti da humus e altre materie organiche (radici, foglie, aghi). Questa precauzione concerne pure l'acqua d'impasto. La qualità del calcestruzzo può essere migliorata scegliendo un'opportuna granulometria. Si dovrà ricercare il *dosaggio* seguente:

15 % in volume di elementi minori di	2mm
25 % in volume di elementi da	2 a 8mm
60 % in volume di elementi da	8 a 30mm

Una proporzione troppo elevata di materiale fine lega il cemento e riduce la resistenza.

Per ottenere "artigianalmente" un calcestruzzo di qualità accettabile si procederà nel modo seguente:

Utilizzare circa 10 kg di cemento Portland per carriola d'aggregati (1 carriola = ca 12 palate).

Con più cemento si ottiene un calcestruzzo più grasso, avente la consistenza della malta e adatto per le riparazioni, i selciati, ecc, mentre con meno cemento si ottiene un beton magro adatto per fondi e riempimenti.



Miscelare gli aggregati e il cemento su una superficie pulita due volte a secco ed in seguito almeno due volte aggiungendo dell'acqua.



A seconda dell'umidità della ghiaia aggiungere da 3 a 5 l d'acqua per carriola.

In generale si aggiunge sempre troppa acqua. Ciò facilita sì la messa in opera del beton, ma a discapito della sua resistenza.



Dopo aver miscelato, mettere in opera al più presto possibile e compattare adeguatamente.

Per le costruzioni complesse questo calcestruzzo artigianale risulta inadatto e diventa indispensabile ricorrere alle tecniche di fabbricazione sperimentate (cfr. norma SIA 162 "Opere in calcestruzzo" e il manuale del SAB "Schalen, Armieren, Betonieren").

3.5. Materiali organici (materie sintetiche, bitume)

Nelle costruzioni per i sentieri i materiali organici vengono utilizzati principalmente sotto forma di stuoie o teli di protezione e d'impermealizzazione. I cosiddetti geotessili per il consolidamento dei terreni e gli strati filtranti sono ugualmente fabbricati con materie sintetiche. Anche le colle del legno attuali sono a base di resine sintetiche. Essendo impiegate esclusivamente nelle costruzioni complesse, notoriamente nel campo del legno lamellare incollato, non saranno più trattate in seguito. Infine, i rivestimenti per la protezione di elementi esterni in legno si compongono in gran parte di resine acriliche o alchidriche. Il capitolo 5.4. contiene maggiori dettagli in merito.

In principio, nel campo della sistemazione dei sentieri, tutti i tipi di stuoie impermeabilizzanti conformi alla norma SIA 280 relativa alle impermeabilizzazioni contro l'acqua sotterranea sono da considerarsi adatte, dunque per es. i teli di PVC molle (cloruro di polivinile), di polietilene (PE) e di polietilene clorato (PEC). Il PVC molle si altera più in fretta rispetto al PE in quanto le sostanze responsabili della sua morbidezza sono soggette al dilavamento. I prodotti sintetici resistono in generale alle aggressioni chimiche e biologiche di breve durata, ma non dovrebbero essere mai permanentemente bagnati.

Contrariamente alle impermeabilizzazioni, le coperture sono sovente sottoposte a un'insolazione intensa che accelera molto l'invecchiamento e il degrado dei materiali organici. Per queste applicazioni occorre perciò far capo unicamente a teli resistenti alla luce. Questa proprietà viene sovente ottenuta aggiungendo dei pigmenti neri durante la loro fabbricazione.

Esposte alla luce solare anche le stuoie impermeabilizzanti bituminose non rinforzate (cartone catramato) si screpolano in superficie relativamente in fretta. Si consiglia dunque di utilizzare dei teli al bitume muniti di una protezione UV oppure i teli al bitume polimero che resistono meglio ai raggi ultravioletti (4).

I *geotessili* comprendono delle stuoie tessute o non tessute e delle reti in poliestere o in polietilene, le quali esercitano una funzione di separazione, consolidamento o di filtrazione dei materiali terrosi. Laddove questo ruolo assume carattere temporaneo (p.es. nel caso in cui le radici sono in grado di soppiantarne la funzione), si utilizzano di preferenza delle stuoie degradabili in fibre di cocco, juta, cellulosa (5).

4. Sollecitazioni e pericoli

Le costruzioni devono resistere agli influssi più variati:

- influssi climatici: calore, irraggiamento ultravioletto, precipitazioni, vento, variazioni della temperatura e dell'umidità dell'aria;
- funghi e insetti;
- influssi chimici: prodotti acidi o caustici, sostanze atmosferiche inquinanti e corrosive;
- sollecitazioni meccaniche: peso proprio, carichi utili (escursionisti, ev. veicoli), neve, spinta del terreno, acqua corrente, ecc.;
- usura (pavimentazione).

I primi due fattori sono di regola determinanti in merito alla durabilità dell'opera. Considerata la scarsa importanza degli influssi chimici nell'ambito delle costruzioni per i sentieri, non verranno più trattati nei capitoli seguenti.

4.1. Influssi climatici

Gli influssi climatici alterano in diverse maniere gli elementi di costruzioni in legno. Vistosa ma innocua, la degradazione superficiale consiste in una scolorazione e una rugosità dovuta all'usura più rapida del tenero legno primaverile.

I processi d'umidificazione e d'essiccamento legati alle condizioni meteorologiche comportano delle conseguenze ben più gravi, in quanto possono causare deformazioni e fenditure dovute al gonfiamento e ritiro del legno. In condizioni sfavorevoli, un'umidificazione pronunciata e duratura provoca degli attacchi fungini.

4.2. Attacchi fungini e d'insetti

Gli insetti pregiudicano solo minimamente la durabilità delle costruzioni in legno per i sentieri. Attaccano facilmente il legname abbattuto di recente, non ancora scortecciato.

Al contrario, i funghi xylofagi costituiscono una seria minaccia per le costruzioni; sono la causa più frequente della loro distruzione. Risulta dunque molto importante conoscere sia le situazioni a rischio che le misure di protezione efficaci.

Un'umidificazione prolungata al di sopra del punto di saturazione delle fibre (umidità superiore a 30%) costituisce la *condizione principale per un attacco crittogamico*. L'umidità del legno è dovuta normalmente alle precipitazioni, al contatto diretto con elementi umidi o col suolo, e talvolta alle acque di superficie (corsi d'acqua). I funghi si sviluppano in modo ottimale tra temperature da 15 .C a 35 .C . Temperature al di sotto di 0 .C non danneggiano i funghi anche se interrompono la loro crescita. Per il loro metabolismo necessitano di ossigeno e non sono dunque in grado di prosperare nel legno saturato d'acqua, ossia in elementi immersi nell'acqua o circondati da materiale molto compatto, come l'argilla.

L'infezione crittogamica proviene dall'ambiente circostante: l'aria e il suolo contengono ovunque delle spore fungine. Gli agenti responsabili della colorazione blu del legno e delle muffe sono inoffensivi in quanto alterano unicamente il colore del legno senza comprometterne la resistenza. La maggior parte dei funghi che attaccano il legno decompongono però la sostanza legnosa e inducono così un indebolimento e una distruzione del legname. A seconda delle condizioni (umidità, temperatura) e della resistenza del legno, la decomposizione avviene rapidamente fino ad intervalli temporali estremamente lunghi. Il capitolo 9.3 indica alcuni sintomi d'attacco fungino e il capitolo 5 riassume le misure di protezione possibili.

4.3. Sollecitazioni meccaniche (carichi)

Come le altre costruzioni, anche quelle per i sentieri sono soggette a sollecitazioni o minacciate dall'influsso di forze, in particolare da:

- a) il peso proprio
- b) i carichi utili:
 - escursionisti, eventualmente ciclisti o cavalli
 - eventualmente veicoli battipista o per lo sgombero della neve
 - eventualmente altri veicoli agricoli, forestali o militari
- c) il peso della neve
- d) la pressione del terreno e dell'acqua
- e) la pressione del vento
- f) le valanghe, colate di fango, alluvioni

Le forze a) fino a e) possono essere contrastate con un dimensionamento adeguato. Il capitolo 7 fornisce ulteriori indicazioni in merito. Le forze risultanti dalle sollecitazioni al punto f) sono sovente così elevate che i costi per ottenere una resistenza sufficiente risultano sproporzionati e si deve dunque accettare il rischio di una possibile distruzione. In questi casi, la concezione costruttiva terrà conto dei criteri economici e delle possibilità di una sostituzione rapida e facilmente attuabile (cfr. l'esempio riportato al cap. 10.4.1.)

5. Durabilità delle costruzioni

Per minimizzare i costi di manutenzione le costruzioni devono essere durature, ossia devono assolvere il loro ruolo a lungo termine richiedendo una manutenzione ragionevole. La durabilità dipende in primo luogo dalla *concezione e lo studio del progetto*, ma altresì importanti sono i fattori quali un'esecuzione a regola d'arte, la sorveglianza periodica e la manutenzione regolare (cfr. cap. 9).

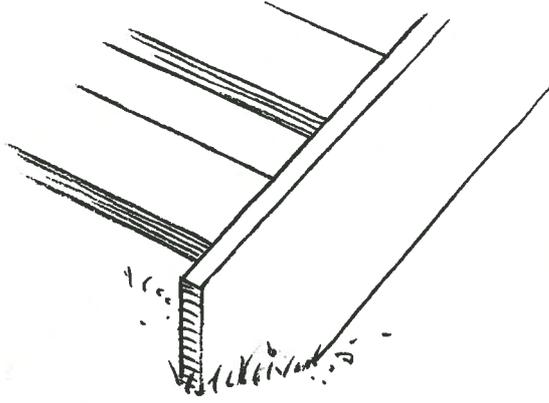
Ogni materiale ha i suoi pregi e difetti specifici in merito alla sua durabilità (cfr. cap. 3). Nelle costruzioni in legno, le misure atte a favorire la durabilità sono parte integrante della tradizione artigianale. Nel quadro delle costruzioni per i sentieri, come per altre costruzioni, si possono differenziare nei settori seguenti, numerati per ordine di priorità:

1. misure concettuali e costruttive
2. scelta e messa in opera del legno
3. protezione chimica del legno
4. trattamenti di superficie

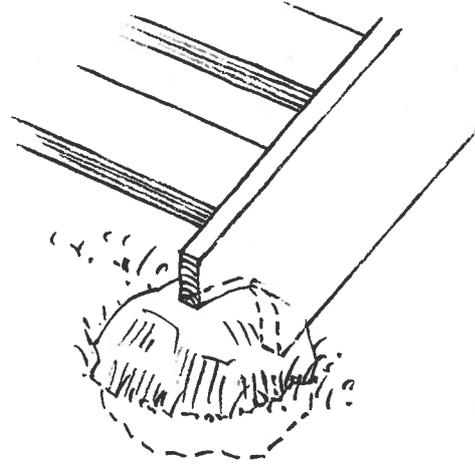
I risultati delle differenti misure vengono descritti qui di seguito.

5.1. Misure concettuali e costruttive

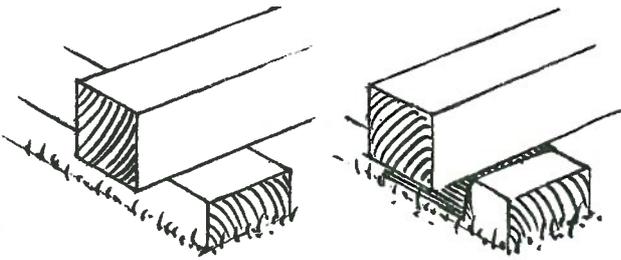
Le misure concettuali hanno lo scopo di ridurre o d'evitare degli influssi negativi e soprattutto un'umidificazione prolungata. Concernono in generale l'insieme della costruzione (esempi: passerelle coperte, scelta di un posizionamento meno esposto), mentre le misure costruttive sono destinate a proteggere gli elementi particolarmente minacciati (cfr. fig. 5.1 fino a 5.6).



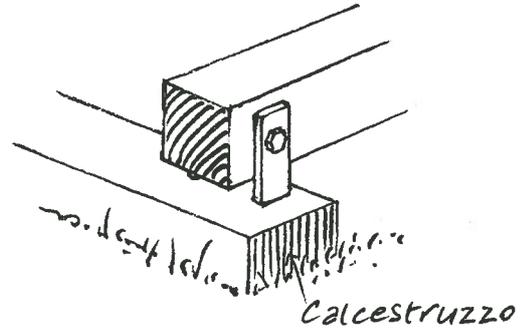
sbagliato



corretto

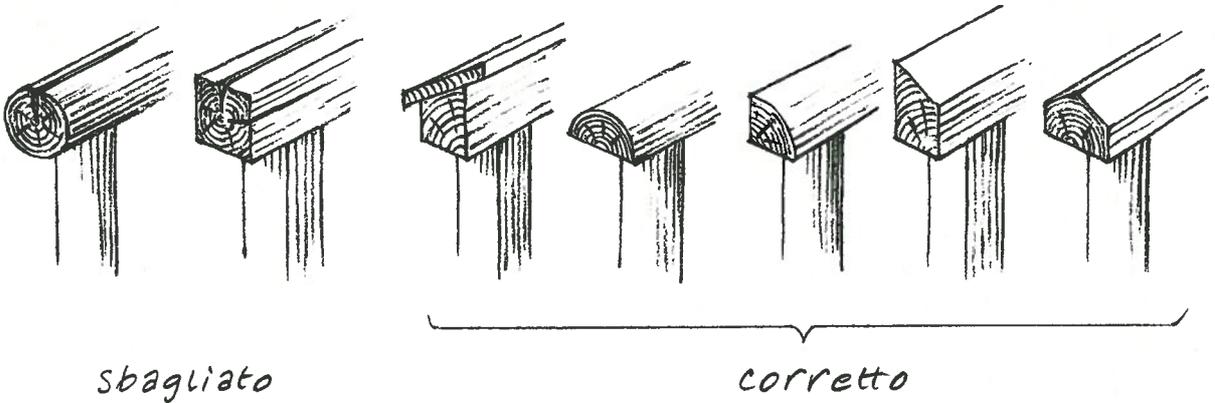


sbagliato



corretto

Fig. 5.1: Misure costruttive preventive: sollevare gli appoggi



sbagliato

corretto

Fig. 5.2: Misure costruttive preventive: scelta di una forma corretta del corrimano

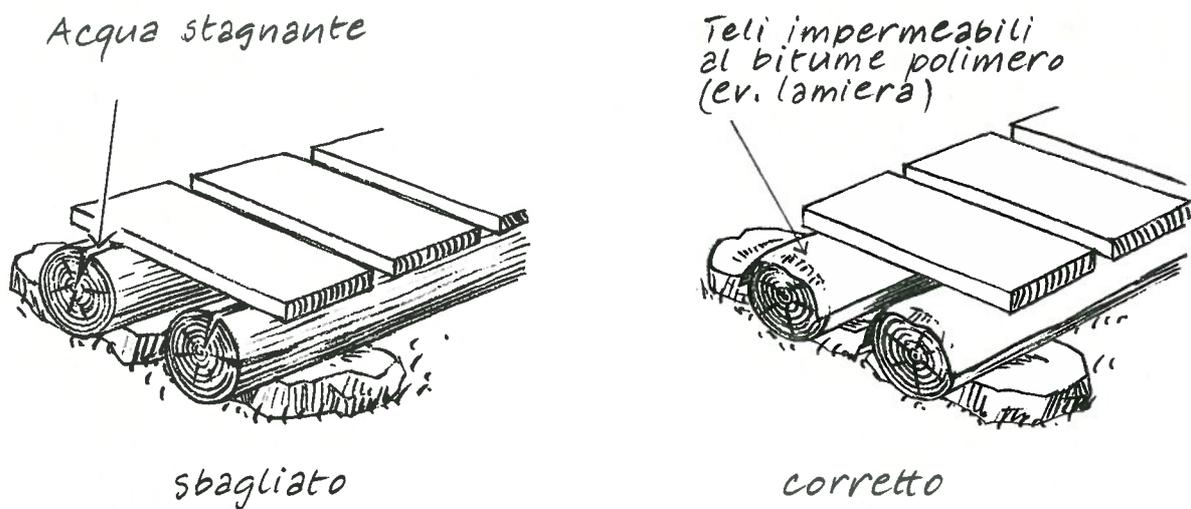


Fig. 5.3 : Misure costruttive preventive : coprire le travature delle passerelle

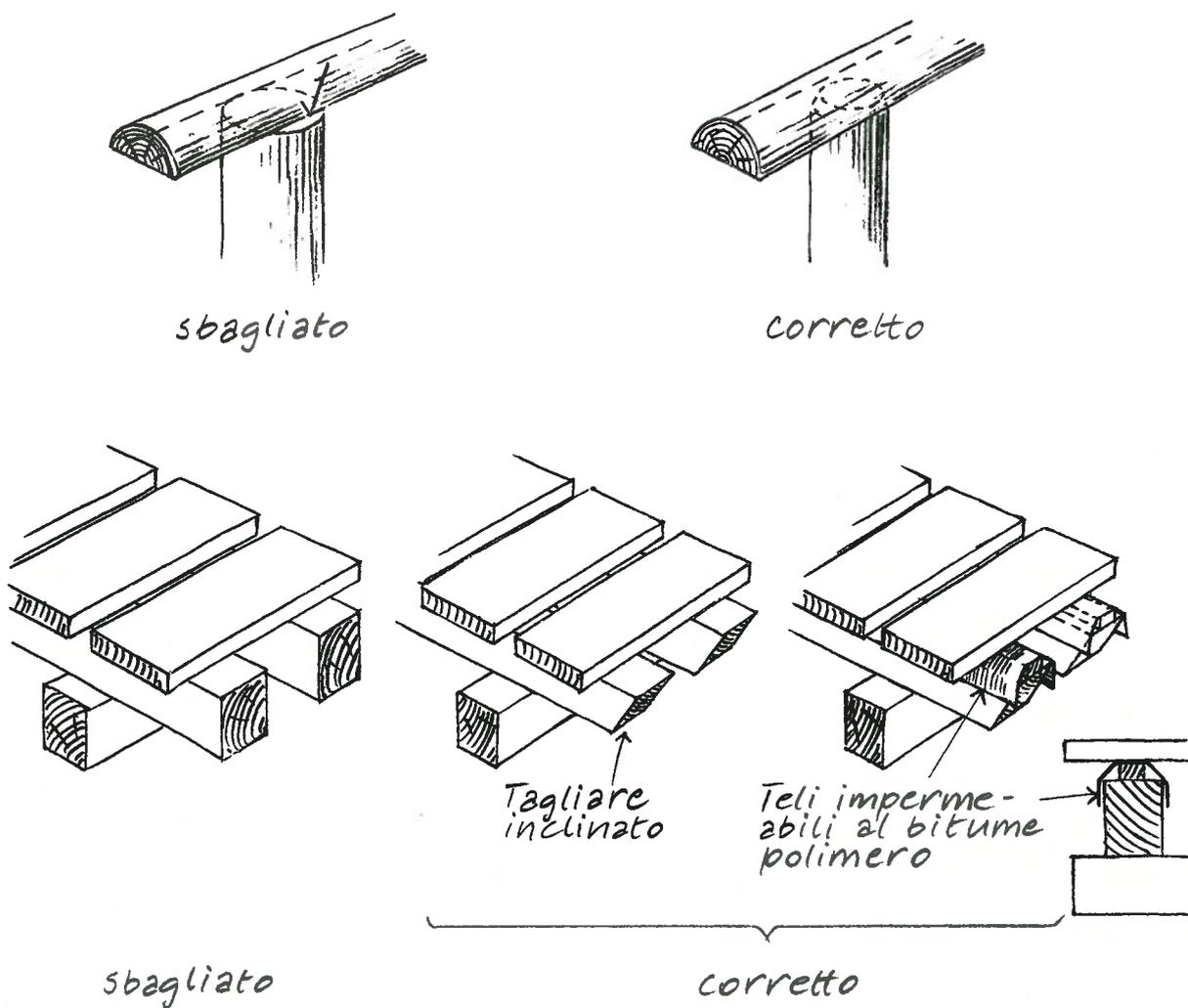
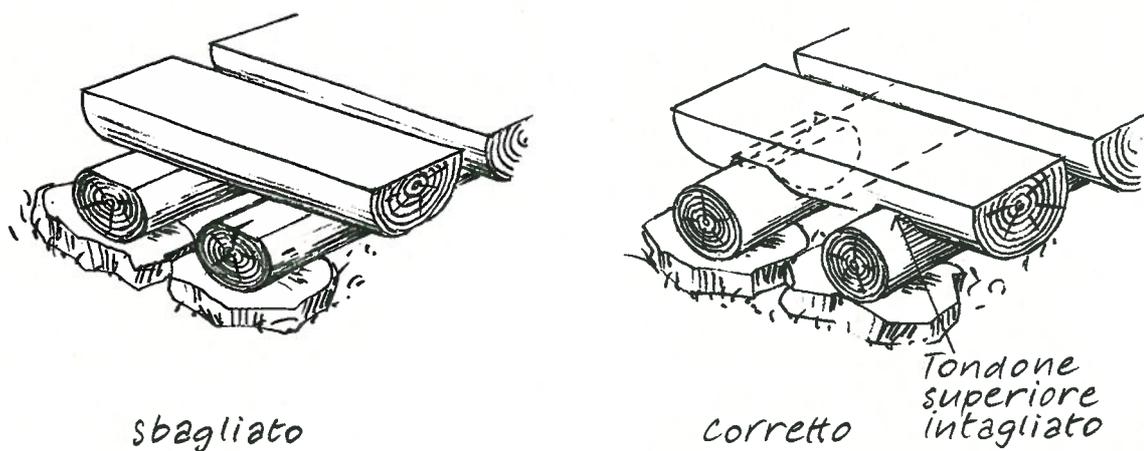


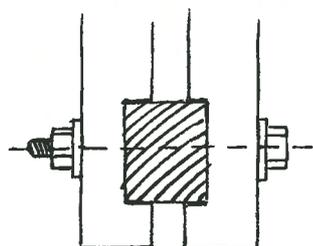
Fig. 5.4 : Misure costruttive preventive : coprire le parti finali ed altri elementi esposti



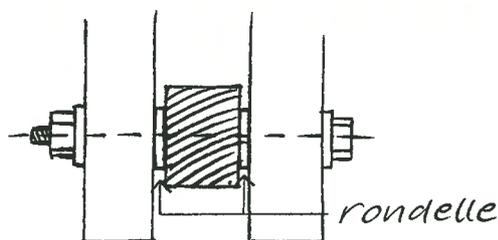
sbagliato

corretto

Tondone superiore intagliato



sbagliato



corretto

rondelle

Fig. 5.5: Misure costruttive preventive: evitare zone di contatto ove l'acqua può ristagnare o penetrare per capillarità; prevedere strutture ben arieggiate



sbagliato



corretto

scorrimento dell'acqua

Fig. 5.6: Misure costruttive preventive: evitare il contatto con terreno, fogliame, acqua

Elenchiamo ancora ulteriori misure costruttive preventive:

- le misure di drenaggio di ogni sorta per evacuare le acque sotterranee o di superficie. Un provvedimento particolarmente efficace consiste nell'elevare il livello degli appoggi al di sopra del terreno circostante (cfr. fig. 5.1).
- Le misure che impediscono l'accumulo sugli elementi in legno di terra, foglie, ecc. costituenti dei focolai d'umidità.
- Una struttura che permetta un controllo e una manutenzione facilmente attuabile dei suoi elementi.
- Una struttura che permetta con facilità la sostituzione dei suoi elementi (in particolare quelli la cui durabilità risulta minacciata e gli elementi d'usura).
- Evitare le strutture con dettagli delicati (p.es. nodi di travi reticolari).

5.2. Scelta e messa in opera del legname

Le misure di protezione da adottare nell'ambito della scelta e messa in opera del legname concernono avantutto le *costruzioni di tipo A*, in quanto per le costruzioni di tipo B i relativi presupposti tecnici di regola non sono soddisfatti. Si tratta in particolare delle seguenti misure:

- l'impiego di essenze resistenti, in particolare per gli elementi esposti (cfr. cap. 3.2);
- l'eliminazione dell'alburno nelle essenze a durame con sottile fascia d'alburno (all'occorrenza si può tener conto della veloce perdita dell'alburno - marciume - tramite misure costruttive);
- la scelta di legname sano, senza danneggiamenti o difetti e soprattutto senza danni dovuti a funghi o insetti;
- l'utilizzazione di legname impregnato (cfr. cap. 5.3);
- l'utilizzazione di elementi in legno con scarsa tendenza alla fenditura:
 - tondelli dimezzati o squartoni (al posto di tondelli interi)
 - sezioni senza midollo o perlomeno con midollo tagliato
 - sezioni ridotte, sotto forma di tavole
 - legname preessicato
 - lamellare
 - tondoni con incisione radiale per scaricare le tensioni da ritiro;

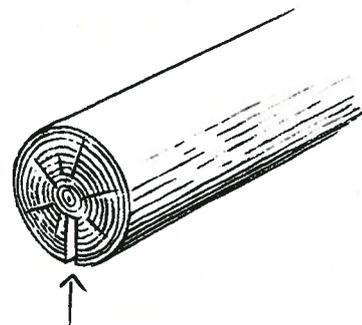


Fig. 5.7 : Tondone con incisione per scaricare le tensioni da ritiro

- evitare le tensioni dovute al ritiro e al gonfiamento, prevedendo uno spazio di movimento sufficiente (gioco);
- eseguire i collegamenti in modo da poterli fissare nuovamente;
- posare le tavole con midollo verso l'alto risp. l'esterno.

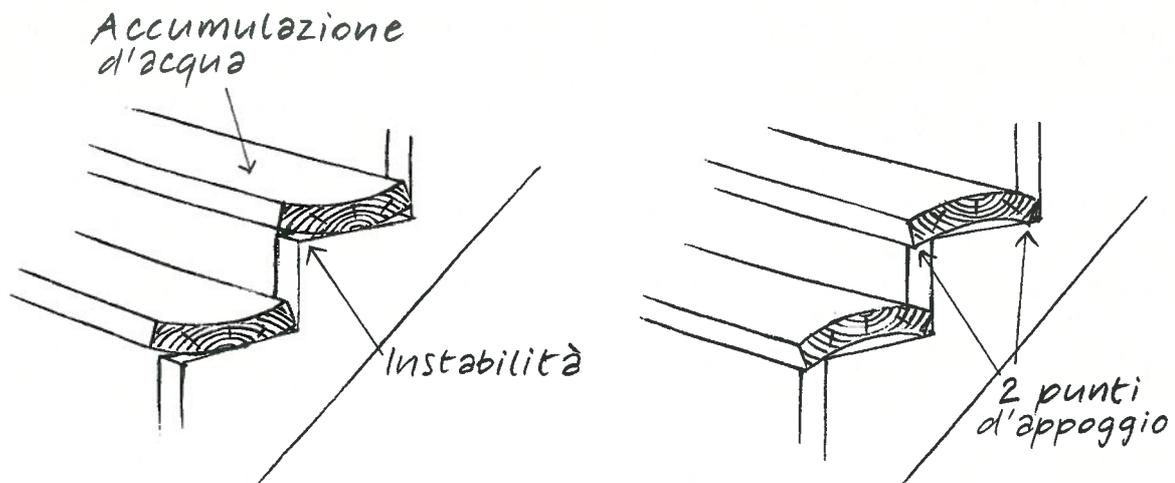


Fig. 5.8 : Posa di scalini

La questione dell'impiego o meno di tondoni scortecciati dà sempre adito a discussioni. I motivi seguenti giustificano la messa in opera di *tondelli non scortecciati*:

- i piani di transito formati da tondelli non scortecciati sono meno sdruciolevoli;
- la corteccia impedisce un'essiccamento del legno troppo rapido e diminuisce pertanto la formazione di fenditure;
- la corteccia resiste di più all'attacco di funghi rispetto al legno e sbarrà così l'accesso alle spore fungine.

I motivi seguenti giustificano l'eliminazione della corteccia e del libro:

- il legno con corteccia e libro rischia d'essere attaccato da insetti xylofagi;
- nelle stazioni umide e in caso di sollecitazioni meccaniche la corteccia si stacca comunque relativamente in fretta e rischia così di provocare incidenti alle persone sorprese dall'improvvisa mancanza d'aderenza;
- le infezioni crittogamiche rischiano di propagarsi precocemente anche nel legno non scortecciato, a partire dai tagli e dalle incisioni per la messa in opera.

Queste argomentazioni dovranno essere ponderate in funzione delle condizioni locali.

I polloni di castagno e robinia, anche se di piccole dimensioni, fornirebbero un buon materiale grezzo per le costruzioni per i sentieri, ma occorre ricordarsi che essendo sottili contengono sovente solo poco o persino nessun durame. Ciò li rende poco duraturi a meno di procedere alla loro impregnazione.

5.3. Protezione chimica del legno

Anche sfruttando in modo ottimale le misure concettuali e costruttive di protezione e le possibilità tecniche della messa in opera, numerose costruzioni usuali sui sentieri hanno una durata limitata. Il prezzo o l'indisponibilità di essenze resistenti (quercia, castagno, robinia, noce o anche legname tropicale) impedisce inoltre il loro impiego. In queste circostanze occorre considerare una protezione chimica del legno che non deve però in nessun caso sostituirsi alle altre misure di protezione.

Si ottiene una buona protezione chimica solamente con l'ausilio di procedimenti *tecnici industriali*, come l'impregnazione a pressione. Si consiglia di utilizzare dei prodotti muniti del marchio di qualità Lignum (6).

In Svizzera si fa capo a tre tipi di prodotti di protezione del legno:

- Le soluzioni acquose di sali di CFR (cromo, fluoro, rame) o di CRB (cromo, rame, boro). Questi prodotti conferiscono al legno una tinta verdastra a meno che non si aggiungano dei pigmenti scuri. Vengono impiegati da decenni e con successo per la protezione del legno dei pali di bassa e alta tensione delle aziende elettriche e dei pali del telefono.
- Il creosoto (olio di catrame di carbon fossile) risulta ugualmente molto efficace e viene utilizzato principalmente per l'impregnazione delle traversine ferroviarie. Il suo uso piuttosto limitato è dovuto a considerazioni di carattere igienico e al suo odore sovente sgradevole.
- I prodotti di protezione oleosi, i cui agenti attivi di penetrano grazie a dei solventi, sono utilizzati unicamente in casi particolari.

La *penetrazione dei prodotti di protezione* dipende tra l'altro dall'essenza e risulta generalmente molto migliore nell'alburno che non nel durame. Le essenze a durame sono difficilmente impregnabili, ma in particolare anche l'abete rosso che rappresenta il legno da costruzione più comunemente usato. Il legno d'abete bianco è mediamente permeabile e impregnabile. Il legno di faggio e l'alburno delle essenze a durame sono facilmente impregnabili. Di conseguenza, una maggior proporzione d'alburno facilita l'impregnazione, in particolare per ciò che riguarda i tondoni. Quest'ultimi però si fendono fortemente durante l'essiccamento, per cui le fenditure superano in profondità la fascia d'alburno (ben impregnata). La fenditura può essere diminuita notevolmente e l'impregnazione migliorata grazie ad un'incisione radiale fino in prossimità del midollo (incisioni per scaricare le tensioni da ritiro).

Per *ottenere un trattamento ottimale* occorre impregnare gli elementi da costruzione solamente dopo la loro preparazione completa (con tutti i fori e intagli). In caso di ritocchi successivi i piani di taglio devono essere trattati con un prodotto di protezione del legno, sebbene la sua efficacia risulti nettamente minore.

L'azione fungicida e insetticida dei prodotti d'impregnazione è dovuta a delle sostanze che sono considerate tossiche anche per altri esseri viventi. L'impiego di questi prodotti esige delle precauzioni particolari, l'impregnazione è perciò un affare di specialisti. Il legno trattato può essere maneggiato senza alcun pericolo, ma durante la preparazione bisogna assolutamente evitare che le sue polveri raggiungano le mucose. Il legno trattato chimicamente può essere incenerito solamente in impianti dotati di installazioni apposite.

Onde manipolare il legname impregnato senza pericoli, risulta essenziale il suo stoccaggio fino al momento in cui i sali protettivi si fissano chimicamente e perdono così gran parte della loro tossicità. Questo fenomeno dura da 3 a 8 settimane, a seconda della temperatura; più sarà elevata, più rapida risulterà la fissazione. Dopo la fissazione solamente una minima parte dei sali viene dilavata. Il rischio d'inquinamento delle acque e dell'ambiente è insignificante, considerando il loro impiego molto localizzato e occasionale nell'ambito della sistemazione dei sentieri. Si ignora ancora se il legno impregnato costituisce una minaccia per le acque stagnanti delle riserve naturali. Ma per questi casi isolati esistono tuttavia altre soluzioni più costose.

Indicazioni dettagliate sull'impregnazione sono contenute nel (7).

5.4 Trattamenti di superficie

I trattamenti di superficie (strato di vernice) adempiono le tre funzioni seguenti:

- colorazione
- protezione della superficie contro l'azione degli agenti atmosferici (intemperie)
- diminuzione dell'assorbimento e della cessione d'umidità.

Nelle costruzioni per i sentieri l'ultima funzione elencata è quella più importante. Solamente le costruzioni di tipo A devono beneficiare di un trattamento di superficie, ossia laddove il legname messo in opera risulta già più o meno essiccato. Lo scopo del trattamento è quello di evitare da un lato l'umidificazione, dall'altro un essiccamento troppo veloce che potrebbe essere fonte di numerose fenditure, p.es. in caso d'intenso irraggiamento.

Al fine di esplicitare la sua funzione di *barriera del vapore*, lo strato di vernice deve avere uno spessore minimo di 0,05 mm. In Svizzera si applica volentieri il seguente sistema di trattamento, designato *velatura a tre strati*, e composto di regola da resine alchidiche che lasciano trasparire la venatura del legno:

- strato di fondo (ev. combinato con prodotti fungicidi idrorepellenti);
- strato intermedio fortemente pigmentato (protezione contro i raggi ultravioletti);
- strato di finitura che forma assieme agli altri due strati una pellicola consistente.

I tre strati devono essere reciprocamente armonizzati. Certi fabbricanti forniscono quindi dei sistemi di verniciatura multistrati. Le lacche di copertura pigmentate sono ancora più efficaci, in particolare grazie al maggior spessore della pellicola, ma nascondono così la venatura del legno.

L'applicazione di trattamenti di superficie è giustificata solo se verrà assicurata una loro manutenzione e un ripristino periodico.

6. Collegamenti e elementi di fissaggio

I collegamenti rappresentano i punti più delicati delle costruzioni in legno. La loro importanza per il comportamento generale della struttura portante e la durabilità delle costruzioni viene sovente sottovalutata. A causa dell'avaria o della portata insufficiente di qualche collegamento si deve sovente sostituire intere costruzioni prematuramente o ripristinarle con sforzi finanziari notevoli. I danni sono provocati nella maggioranza dei casi dalla marcescenza di elementi vicini o, più raramente, da elementi di fissaggio arrugginiti o sottodimensionati.

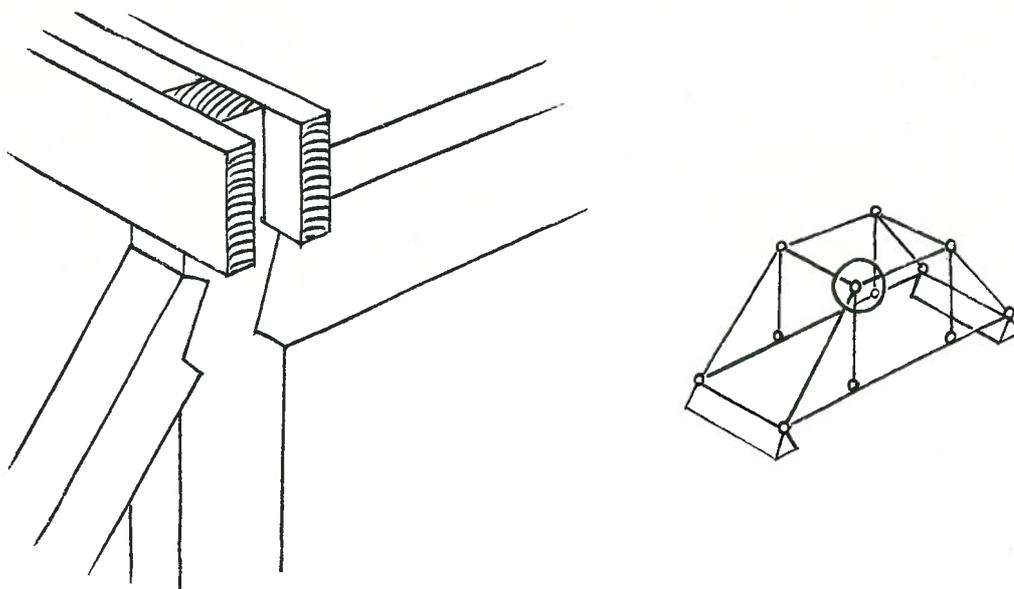


Fig. 6.1 : Tipico collegamento a compressione in un traliccio. Dal profilo della conservazione, queste strutture sono poco indicate per i sentieri: l'acqua può infatti penetrarvi e ristagnare in diversi punti, segnalati dalle frecce

Si distinguono due tipi di collegamenti di carpenteria:

- i collegamenti tradizionali a compressione;
- i collegamenti moderni con calcolo statico.

Il primo gruppo ingloba i collegamenti *tradizionali* che possono essere eseguiti con un'attrezzatura semplice (sega, scalpello, trapano, martello, scure). Si rivelano adatti soprattutto per la trasmissione delle forze di compressione. In questi settori le travi sono sovente indebolite. Negli elementi da costruzione al riparo dalle intemperie questi collegamenti sono ancora oggi molto diffusi, sotto forma p.es. di perni.

I collegamenti moderni con calcolo statico presuppongono un elevato grado di meccanizzazione nella carpenteria. Gli elementi di fissaggio (bulloni, piastre inchiodate, anelli, ecc.) sono generalmente d'acciaio e molto efficienti. Anche i collegamenti incollati appartengono a questo gruppo. Un calcolo statico è di regola indispensabile per i collegamenti moderni, mentre per quelli tradizionali risulta necessario solo in certi casi. Gli ingegneri e i carpentieri dispongono di apposite tabelle, come p. es. le *Tabelle per la costruzione in legno I e II della Lignum (8)*, basate sulla norma SIA 164 (1981).

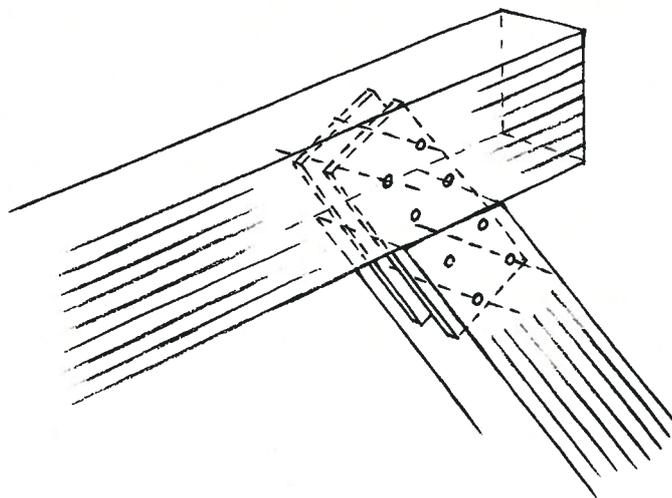


Fig. 6.2 : Tipico collegamento moderno con travi lamellari incise e piastra di nodo. Questi collegamenti richiedono un dimensionamento statico e grande precisione realizzativa

Nelle costruzioni di tipo B i collegamenti tradizionali e moderni sono raramente necessari. Normalmente si ha a disposizione solamente una scelta limitata dei mezzi ausiliari, quali p. es. grappe, chiodi, bulloni da carpenteria, caviglie a pressione, filo di ferro o talvolta cavi d'acciaio. Risulta così possibile eseguire dei collegamenti più o meno accettabili dal profilo delle misure costruttive di protezione del legno.

Di seguito vengono presentati gli elementi di fissaggio più comuni e il loro campo d'applicazione. Si consiglia di utilizzare per collegamento un solo tipo di elementi di fissaggio, in quanto a causa delle differenti deformazioni di ogni sistema non viene più garantita la portata congiunta desiderata.

6.1. Chiodi

I collegamenti inchiodati presentano una serie di *vantaggi* particolarmente importanti sui cantieri di difficile accesso:

- possono essere eseguiti con un'attrezzatura semplice e anche da parte di persone poco esperte sul cantiere, o più razionalmente in officina, per mezzo di una pistola a chiodi;
- la portata dei chiodi è praticamente indipendente dalla direzione delle fibre del legno;
- I chiodi permettono delle soluzioni economiche. A peso uguale sopportano delle forze parecchie volte superiori rispetto ai bulloni;
- i chiodi conservano la loro portata anche nel legno umido.

Tuttavia i collegamenti inchiodati presentano anche alcuni *inconvenienti* che riguardano elementi non protetti delle costruzioni per i sentieri:

- Le superfici a stretto contatto degli elementi inchiodati possono difficilmente essicare e sono pertanto soggette al marciume se il legno impiegato non risulta impregnato. In questi punti la corrosione attacca specialmente i chiodi non o mal zincati. I grossi chiodi arrugginiscono più lentamente rispetto a quelli sottili, i quali si addicono dunque in misura minore nell'ambito delle costruzioni per i sentieri.
- L'inchiodatura rischia di danneggiare il sottile strato protettivo di zinco della testa del chiodo che può così arrugginire prematuramente.

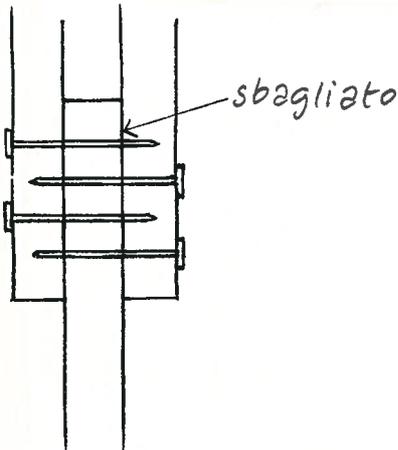
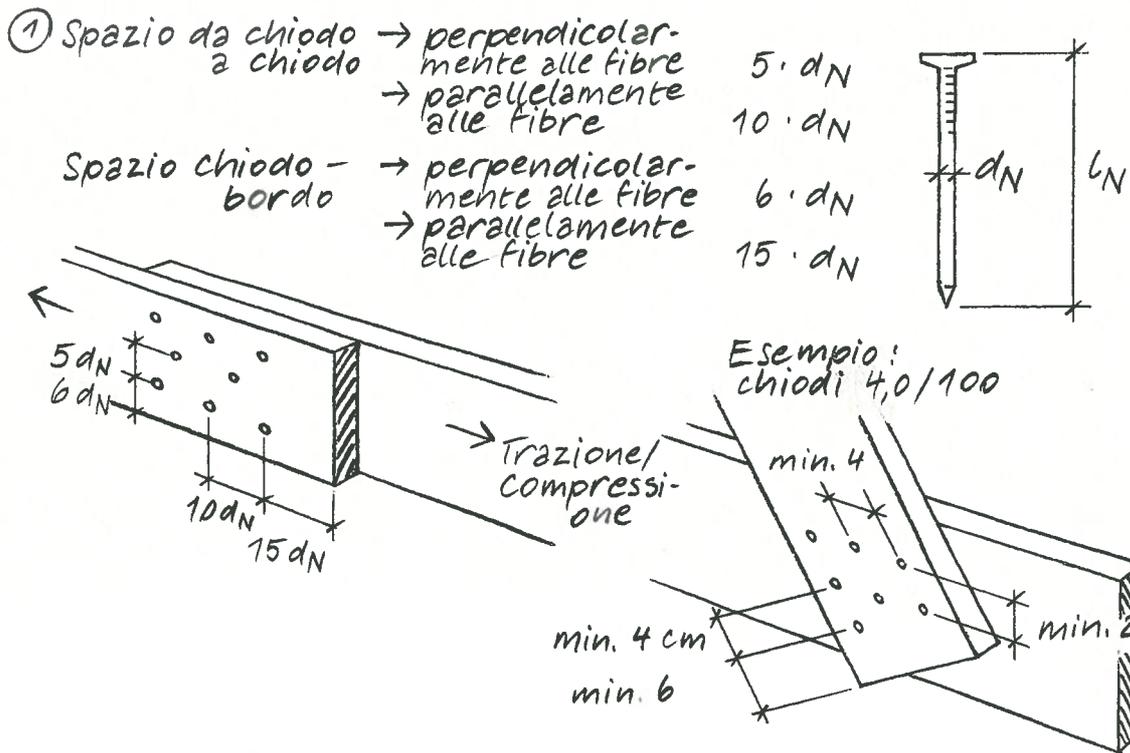


Fig. 6.3: Collegamento inchiodato: in caso di infiltrazioni d'acqua, il legname accostato resta sempre umido. Per collegamenti di questo tipo ed in presenza di umidità è necessario utilizzare legname impregnato a pressione

La figura 6.4 offre una visione d'assieme sulla portata ammissibile dei chiodi usuali e contiene indicazioni sul loro corretto impiego. I valori indicativi riportati di seguito corrispondono più o meno a quelli della norma SIA 164 (1981).



② Spessore del legno min. $L_N/3$
 p.e. chiodi 4,0/100 (dN/LN) → spessore del legno min. $100/3 \approx 30 \text{ mm}$

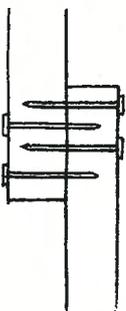
③ Carico ammissibile per sezione → ca $N/2$ (kg)
 Esempio: chiodo 4,0/100
 → $P_{amm.} \approx 100/2 = 50 \text{ kg}$

④ I chiodi inseriti nelle parti finali hanno una portata minima!

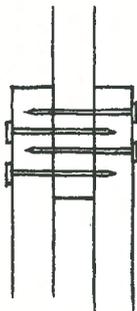
Collegamento

a sezione semplice

a sezione doppia



4 chiodi 4,0/100
 → $4 \cdot 50 = 200 \text{ kg}$



4 chiodi 4,0/100
 → $4 \cdot 2 \cdot 50 = 400 \text{ kg}$

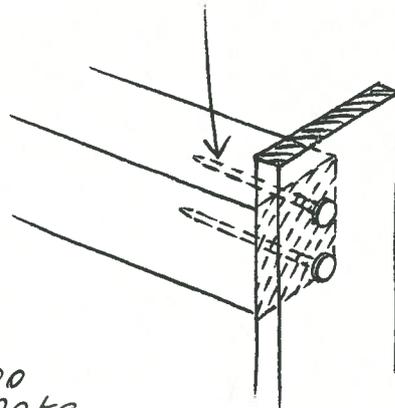
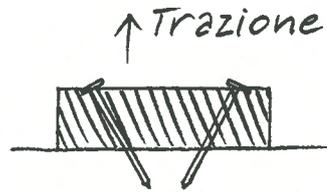
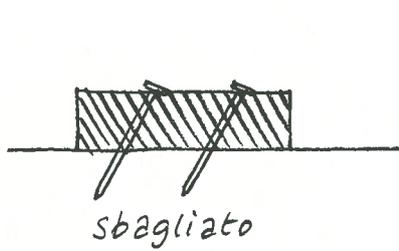
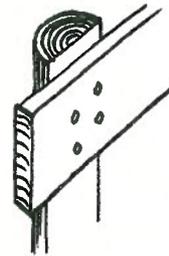
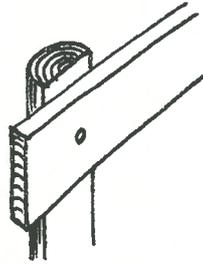


Fig. 6.4 a: Inchiødatura corretta

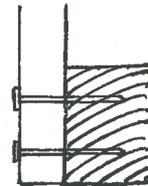
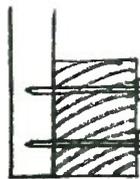


corretto: inchiodare in senso opposto, specialmente in caso di trazione

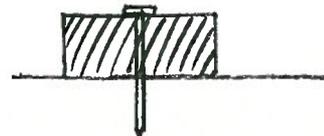
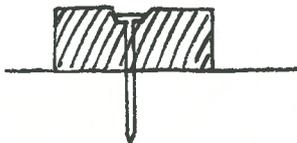
- ⑥ "Un chiodo serve a poco"
→ al minimo 2, meglio ancora 4 chiodi per collegamento



- ⑦ Inchiodare il pezzo fine al pezzo più grosso!



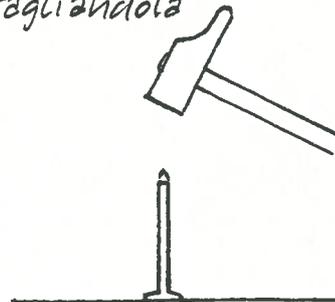
- ⑧ Non conficcare troppo i chiodi! (il legno verrebbe danneggiato diminuendo la sua resistenza)



- ⑨ I chiodi non resistono a lungo alla trazione. In caso di sollecitazione alla trazione occorre utilizzare delle viti o dei chiodi a vite



- ⑩ Le fenditure del legno possono essere evitate preforando i buchi, smussando la punta del chiodo con un martello o tagliandola



Grazie alle piastre inchiodate l'impiego dei chiodi si è ampiamente diffuso nella carpenteria moderna. Le restrizioni imposte ai collegamenti inchiodati usuali per la protezione del legno e la prevenzione della corrosione sono applicabili anche alle piastre inchiodate esposte alle intemperie. Le bande d'acciaio e le lamiere inchiodate sottili (meno di 1,5 mm) sono sconsigliate in qualità di elementi di fissaggio portanti, in quanto sono sensibili ai danneggiamenti e alla corrosione.

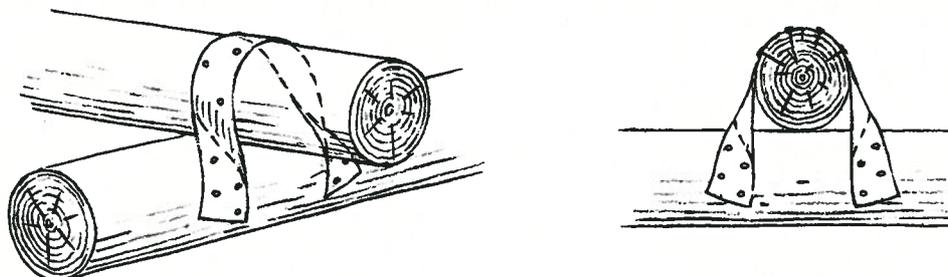
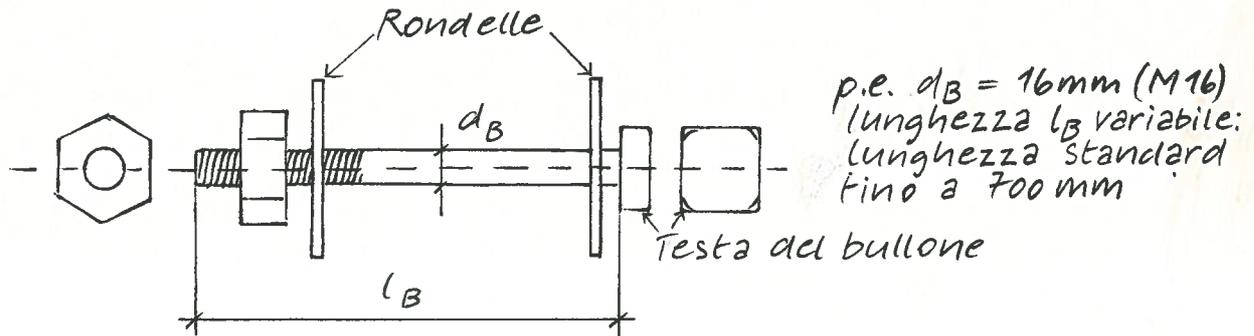


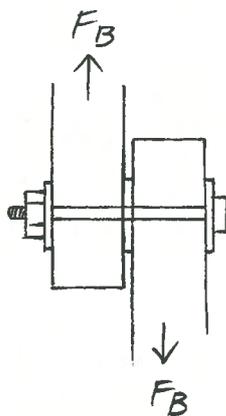
Fig. 6.5: Esempio di collegamento di tondelli con lamiere inchiodate

6.2. Bulloni di carpenteria

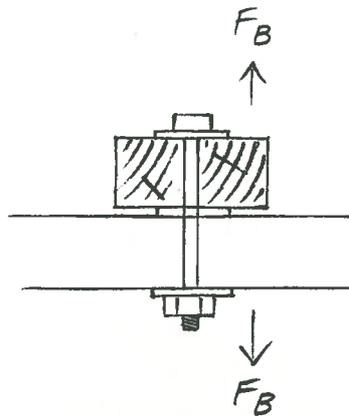
Dato che i collegamenti con bulloni di carpenteria registrano una debole rigidità, occorre tener conto di una certa deformazione prima che avvenga la trasmissione completa delle forze. Nell'ambito della pianificazione si dovrà tener conto del fatto che simili collegamenti esigono l'uso del trapano e di arnesi per stringere i bulloni. Si deve poter stringere periodicamente tutti i bulloni, soprattutto laddove si prevede un forte ritiro del legno.



Sollecitazione F_B

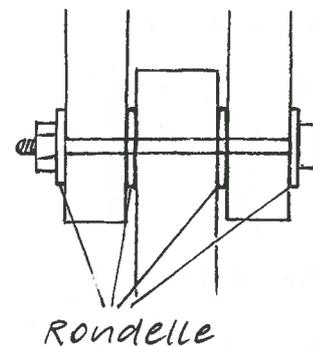


Taglio



Trazione nel senso dell' asta

Attenzione alla corretta protezione del legno!



Rondelle

Sollecitazioni ammissibili F_B

Tipo	F_B (Taglio e trazione)	Rondelle
M12	1,3 kN (130 kg)	ϕ 45 mm
M16	2,4 " (240 ")	ϕ 58 "
M20	3,8 " (380 ")	ϕ 79 "

- I bulloni di carpenteria devono poter sempre essere tirati!
- I bulloni vanno sempre utilizzati con rondelle!

Fig. 6.6: Impiego di bulloni di carpenteria

6.3. Grappe

Secondo la norma SIA 164 le grappe possono essere utilizzate solamente per collegamenti provvisori. La loro portata è poco sicura, in quanto penetrando nel legno rischiano di danneggiarlo e di tenderlo facilmente, ma costituiscono un mezzo ausiliario semplice e apprezzato per collegare i tondelli (cfr. passerella con travature tonde, cassoni in legno, cap. 10 e 12).

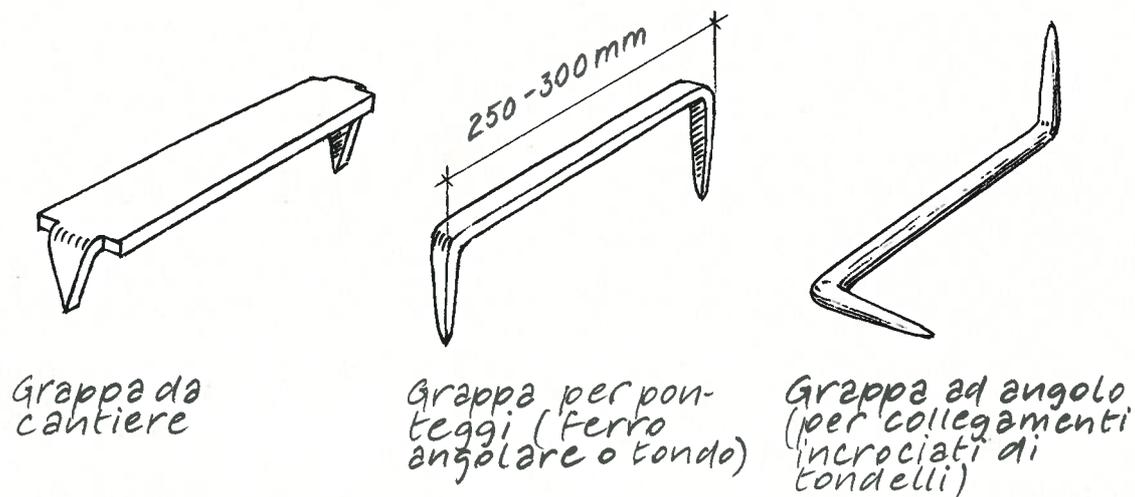


Fig. 6.7 : Grappe

6.4. Colle

Nelle costruzioni per i sentieri il ricorso all'incollatura è quasi esclusivamente limitato al lamellare incollato con resine sintetiche a base di resorcinolo. Si utilizza di preferenza il lamellare composto da lamelle d'abete bianco, impregnate a pressione prima dell'incollatura.

7. Calcolo e dimensionamento

La maggior parte dei manufatti per i sentieri, dal consolidamento delle scarpate fino alle semplici passerelle, non necessitano di nessun calcolo statico. I capitoli 10 e 11 contengono delle indicazioni che permettono un dimensionamento o una scelta delle sezioni sommarie, senza calcolo, per alcuni tipi di costruzioni semplici. In caso di calcolo statico ci si conformerà per principio alle *norma SIA 160* (Sollecitazioni delle strutture portanti) (9) e 164 (Costruzioni in legno), anche se occorre considerare i seguenti aspetti relativi alle condizioni specifiche della sistemazione di sentieri.

I carichi e il dimensionamento dei manufatti per i sentieri presentano delle proporzioni diverse rispetto a quelle previste nelle norme SIA. Di regola, la distruzione di una passerella causata dal peso della neve o un passaggio reso difficile da un piccolo scoscendimento non compromettono direttamente *la sicurezza dell'escursionista*. Al contrario, altri eventi rischiano di comportare delle lesioni corporali. In simili circostanze si valuteranno i pericoli caso per caso e si adotteranno le misure di sicurezza più appropriate. Questa procedura si giustifica sia dalla ricerca di soluzioni che permettano una minimizzazione dei costi, sia dalla pratica osservata fino ad oggi nell'ambito della sistemazione di sentieri, i quali non hanno la reputazione di essere particolarmente pericolosi.

Per i sentieri escursionistici e di montagna il carico utile delle passerelle per pedoni, previsto dalla norma SIA 160 (4 kN/m² + 10 kN di carico concentrato) risulta in generale troppo elevato. Per i ponti con una luce libera maggiore di 4 m si può ammettere un carico utile ridotto di 1 kN/m² (100 kg/m²) per i ponti a una via (larghezza fino a 0,8 m) e di 2 kN/m² (200 kg/m²) per i ponti a due vie (larghezza da 0,8 fino a 1,5 m). Per le passerelle con una luce libera minore di 4 m si deve tener conto di un fattore dinamico che aumenta linearmente da 1.0 fino a 2,5 per le campate da 4 m fino a 1 m (cfr. fig. 7.1.).

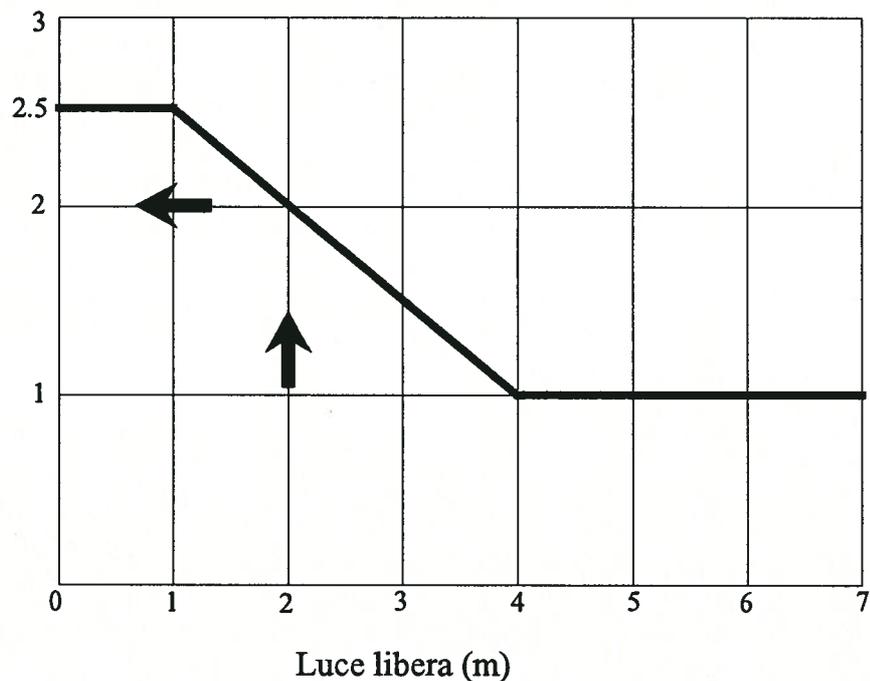


Fig. 7.1. Fattore dinamico in funzione della luce libera (campata delle passerelle e dei ponti).

Di regola per i sentieri non è necessario sovrapporre il carico utile e *il carico della neve*. Normalmente secondo la norma SIA 160 il carico della neve risulta in ogni caso sensibilmente più elevato rispetto al carico utile. Per le passerelle semplici, aperte lateralmente per permettere alla neve di cadere o scivolare, si può ammettere un limite superiore del carico della neve di 3 kN/m² corrispondenti a uno strato di circa 1 m.

Per i piani di transito con tavole di corta campata l (l minore di 1m) valgono *i carichi dinamici d'impatto* seguenti, considerando un carico di 1 kN il peso di una persona:

- per piani di transito più o meno orizzontali con tavole perpendicolari alla direzione di marcia (ponti e passerelle)
 $Q_n = 2,5 \text{ kN}$ (fattore dinamico $2,5 \times 1 \text{ kN}$ carico concentrato)
- per scalini
 $Q_n = 4 \text{ kN}$ (fattore dinamico $4 \times 1 \text{ kN}$ carico concentrato)

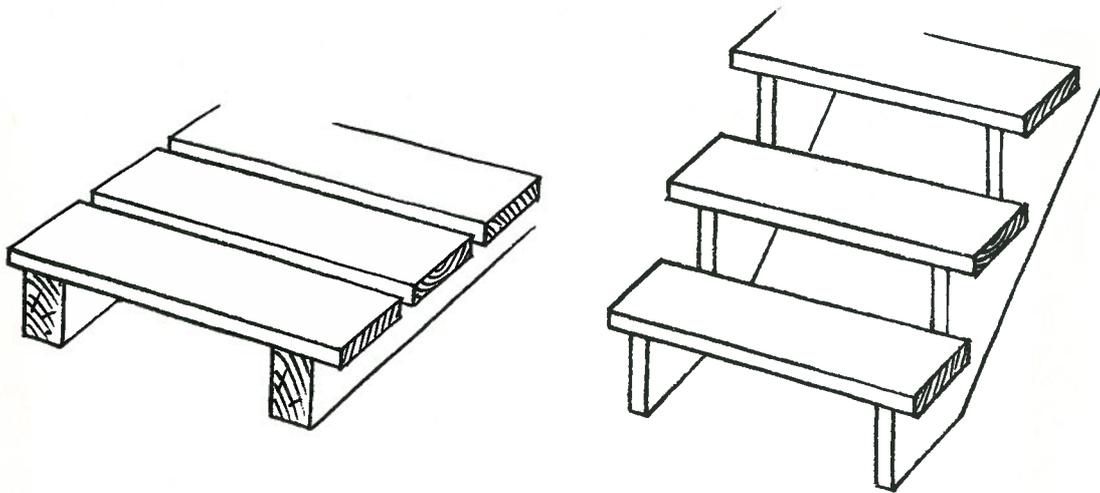


Fig. 7.2: Piano di transito orizzontale o con scalini

Il carico orizzontale Q_n per i *corrimani* di parapetti di 0,8 kN/m' secondo la SIA ha validità per i percorsi pedonali. Per i sentieri si può ridurlo fino a 0,4 kN/m' nei luoghi poco esposti.

Il dimensionamento terrà conto dei coefficienti seguenti, secondo la norma SIA 164:

Valore per carico di durata c_D

- $c_D = 1,0$ per carico della neve
- $c_D = 1,25$ per il carico utile delle travi longitudinali
- $c_D = 1,4$ per il carico utile delle travi trasversali e dell'assito.

Valore umidità del legno c_W

- $c_W = 0,6$ per elementi di costruzione immersi o interrati
- $c_W = 0,8$ per gli altri elementi

Le esigenze di comodità sono generalmente minime nell'ambito della sistemazione dei sentieri. *La principale condizione* da rispettare affinché la passerella sia utilizzabile è la sicurezza di marcia. L'inflessione sotto l'effetto del carico, la rigidità, le eventuali oscillazioni svolgono un ruolo molto limitato (passerelle di percorsi pedonali, ponti di grande campata, ponti sospesi).

I dati sulla pressione della terra e dell'acqua figurano nella pubblicazione (10).

Risulta difficile indicare per quali costruzioni s'imponga *il ricorso a un ingegnere*. Ecco alcuni criteri di giudizio:

- costruzioni abbastanza grandi, complesse ed estese quali opere di sostegno, stabilizzazione integrale dei versanti, ponti per pedoni a partire da 10 fino a 15 m di luce libera a seconda del pericolo locale, ponti a traffico combinato (p.es. pedoni, veicoli agricoli);
- costruzioni che presentano un rischio elevato (p.es. ponte per attraversare una gola profonda);
- costruzioni che richiedono accurati rilievi sul terreno;
- manufatti ed elementi normati, utilizzabili parecchie volte, che necessitano di uno studio e un'ottimizzazione ad ampio respiro;
- costruzioni che esigono un elevato grado di coordinazione o meccanizzazione.

8. Esecuzione

8.1. Lavori preliminari

In relazione all'attribuzione dei lavori si rivela utile un *sopralluogo* con i responsabili nel settore del progetto.

A parte le condizioni locali si dovrà tener conto dei punti seguenti:

- bisogna prevedere un lasso di tempo sufficiente tra l'attribuzione e l'inizio dei lavori per i preparativi e le comande del materiale. P. es. i termini di consegna del legname impregnato oscillano tra uno e due mesi, a meno di utilizzare del legname normalizzato in stock.
- E' utile stabilire le competenze (anche in seno al gruppo di lavoro), come pure la procedura da seguire in caso di sorpassi del preventivo.
- Una ripartizione dei lavori in diverse tappe e settori (tratti di sentiero, manufatti, taglio legna lungo il tracciato, scavo generale, drenaggi, ecc.) e la loro coordinazione migliora la qualità dell'esecuzione e diminuisce i costi.
- I trasporti del materiale e della manodopera devono essere organizzati e coordinati in anticipo (elicottero, ev. teleferica di cantiere).
- Le indennità in caso d'intemperie risp. i lavori di ripiego sono da stabilire in anticipo.
- Le prescrizioni di sicurezza dell'INSAI devono essere rispettate. Per esempio, le reti di sicurezza provvisorie offrono una buona protezione contro le cadute di sassi dovute ai lavori di scavo. Nel contempo viene migliorata la sicurezza degli operai sul cantiere.

8.2. Utensili, attrezzi e mezzi di trasporto

Per l'esecuzione di costruzioni in legno semplici (soprattutto del tipo B) sono di regola sufficienti gli utensili seguenti (*attrezzatura di base*):

- motosega e accessori (incl. il carburante)
- scure, ev. roncola
- zappa
- pala e piccone
- nastro metrico (bindella)
- conigli per fendere
- corda
- grappe
- chiodi

A seconda delle esigenze e delle possibilità di trasporto un equipaggiamento supplementare si compone di:

- tirante Habegger con accessori, galoppini
- palanchino
- martello
- scalpello
- pinza
- sega a mano
- mazzuolo
- trapano
- bulloni da carpenteria- lamiera perforata (per collegamenti)
- cavi di fissaggio e materiale d'ancoraggio (p.es. elementi dell'ancoraggio interrato, tondini d'armatura)
- piede di capra
- punteruolo (bulino), mazza
- esplosivo con accessori

- cricco
- ferro per scortecciare
- livella
- dispositivo che consente di segare i tronchi in tavole per mezzo della motosega.

A seconda del genere e dei sistemi di collegamento delle costruzioni di tipo A si ricorre all'uso di ulteriori materiali e attrezzi speciali.

Per i *trasporti* di materiale e in parte della manodopera entrano in linea di conto:

- piccoli dumper cingolati o con ruote (larghezza minima del sentiero 1m)
- piccola escavatrice
- verricello manuale o a motore ("Habegger")
- canalette (tubi di plastica dimezzati, log-line)
- teleferiche di cantiere e gru a cavo mobile o peschereccio tradizionale
- cavalli, muli (ev. truppe del treno)
- veicoli utilitari agricoli o forestali
- elicottero (carico utile in funzione del modello e dell'altitudine del cantiere, al massimo 3,5t)

8.3. Controllo dell'esecuzione

La direzione dei lavori deve controllare regolarmente la loro esecuzione ed ordinare le eventuali modifiche o i miglioramenti necessari. Durante i *giri di controllo* si procede sovente alle liquidazioni parziali in vista della fatturazione e del consuntivo finale. Le liquidazioni, le modifiche, gli argomenti trattati e le proposte per la manutenzione o la sorveglianza sono da iscrivere in un apposito taccuino.

I lavori si concludono con un collaudo formale. Oltre al capo-cantiere e i responsabili dell'esecuzione vi parteciperanno a seconda delle circostanze:

- i proprietari fondiari
- le autorità, i committenti
- la direzione generale dei lavori (supervisione)
- i responsabili per la sorveglianza e la manutenzione
- altri esperti

I risultati del collaudo devono essere ripresi dal *relativo verbale* contenente:

- la lista dei partecipanti
- la data della costruzione delle opere
- il piano di situazione (planimetria 1:25'000)
- un accenno ai piani e alle modifiche apportate al progetto generale risp. di dettaglio
- una breve descrizione dell'opera
- la lista dei difetti e il termine per la loro eliminazione
- un accenno agli elementi più delicati ed esposti a danneggiamenti
- responsabilità e scadenze per la sorveglianza e la manutenzione
- luogo, data e firma dei partecipanti

9. Sorveglianza e manutenzione

Solamente una sorveglianza regolare e una manutenzione adeguata garantiscono la sicurezza e la fruibilità permanente dei sentieri e dei relativi manufatti. La sorveglianza e la manutenzione sono in gran parte una questione di concezione e d'organizzazione: i manufatti sono da progettare in modo da ridurre e semplificare al massimo la loro manutenzione, in primo luogo adottando quelle misure atte a favorire la loro durabilità e concependo gli elementi soggetti a forte usura in maniera da essere sostituiti con poca spesa.

Le *cause principali* dei lavori di manutenzione e di ripristino delle costruzioni in legno per i sentieri sono:

- il marciume
- la corrosione degli elementi di metallo
- i danni dovuti ad eventi naturali (scoscendimenti, erosione delle fondazioni, pressione del terreno e della neve, gelo, caduta di alberi o di sassi, ecc.)
- i danni legati all'uomo (utilizzazione, usura, vandalismo)
- una diminuita praticabilità, in particolare piani di transito sdruciolevoli
- la degradazione estetica (p. es. vernice che si stacca)

Onde garantire un'esecuzione ottimale, la sorveglianza e la manutenzione esigono una preparazione minuziosa e uno svolgimento sistematico. Di preferenza verranno affidati all'esecutore dell'opera, ma ciò è raramente possibile. Per assicurare la continuità della manutenzione s'impone pertanto l'allestimento di una cronaca dei lavori per ogni manufatto.

In molti casi risulta indicato procedere simultaneamente alla sorveglianza e manutenzione, ciò che permette di eseguire anche lavori di pulizia, sovente indispensabili per la sorveglianza. I lavori di ripristino si distinguono dalla manutenzione corrente per la maggiore ampiezza dell'intervento che necessita di determinati preparativi.

Le pubblicazioni della SIA (Società svizzera degli ingegneri e degli architetti) (11), (12) sono di per sè concepite per costruzioni nettamente più importanti, contengono tuttavia alcune indicazioni utili per le costruzioni più semplici relative ai sentieri.

9.1. Documentazione

La documentazione relativa alla sorveglianza e alla manutenzione dovrebbe contenere gli elementi seguenti:

- a) Importanti informazioni in merito alla costruzione (p.es. condizioni geotecniche, dispositivi di costruzione invisibili, elementi delicati)
- b) programma di sorveglianza
- c) programma di manutenzione
- d) annotazioni e schizzi delle osservazioni principali effettuate durante la sorveglianza e la manutenzione
- e) schizzi delle riparazioni e osservazioni in merito

In merito ai punti a) ed e) non si rendono necessari ulteriori dettagli. Occorre però segnalare che l'esperienza dimostra come questa documentazione venga sovente trascurata, ostacolando notevolmente la ricostruzione successiva di importanti informazioni e constatazioni. Accanto ai principali documenti sulla costruzione e sui relativi appunti si fa sempre più strada l'uso della documentazione fotografica quale mezzo ausiliario di notevole utilità.

9.2. Sorveglianza

Il programma di sorveglianza indica ciò che si deve controllare, quando, dove e con quale frequenza. La frequenza dei controlli dipende dalle condizioni locali e deve essere dunque fissata dai collaboratori con buona conoscenza di quest'ultime.

Una o due *ispezioni* annuali saranno normalmente sufficienti per controllare i sentieri: la prima dovrebbe aver luogo nel corso della primavera, la seconda verso la fine della stagione escursionistica. Durante quest'ultima devono essere raccolte tutte le informazioni necessarie allo studio delle misure di ripristino più importanti e potrà quindi essere allestito già nel corso dell'inverno. Le costruzioni particolarmente esposte e soggette con ogni probabilità a danneggiamenti o avarie, p.es. a causa di *precipitazioni abbondanti*, esigono delle ispezioni supplementari.

Nell'ambito della sorveglianza occorre distinguere fra i danni e difetti direttamente riscontrabili (p. es. solidità dei parapetti) e quelli che necessitano *un'ispezione dettagliata*. Per constatare le condizioni di ponti o passerelle, in particolare la presenza di danni da marciume, bisogna prevedere un lasso di tempo sufficiente. I ponti in legno e altre strutture portanti praticabili che non presentano dei sintomi visibili di invecchiamento e d'avaria dovrebbero essere ispezionati ogni due anni circa. L'ispezione di costruzioni che manifestano evidenti segni d'usura deve invece aver luogo annualmente. Per le strutture portanti di grandi dimensioni, il cui cedimento comporterebbe delle gravi conseguenze, si dovrà allestire *un programma di sorveglianza dettagliato*. Per ciò che concerne le costruzioni in legno conterrà per esempio gli aspetti seguenti:

- marciume
- solidità dei parapetti
- danni esterni (anche d'origine meccanica)
- rischio d'oscillazione
- deformazioni/spostamenti dell'intera struttura o di singoli elementi
- aggiustamento dei collegamenti e degli elementi di fissaggio
- corrosione di elementi di fissaggio in metallo
- sporcizia, accumuli di terra, foglie, ecc.
- rugosità del piano di transito
- trattamenti di superficie degli elementi in legno
- cambiamenti d'utilizzazione

Dei rilievi sistematici dovrebbero evitare che durante i controlli venga tralasciato qualche dettaglio importante. A questo scopo possono servire di promemoria, delle tabelle, dei verbali prestampati, combinazioni di promemoria e schede di registrazione, ecc. Di grande utilità può essere la combinazione dei programmi di sorveglianza e di manutenzione, ossia di prevedere la registrazione dei dati relativi ai controlli e alla manutenzione sulle medesime schede. In questo modo si può verificare sistematicamente l'effetto delle misure di manutenzione.

9.3. Accertamento di attacchi fungini e del marciume

Il marciume (ossia la decomposizione del legno tramite l'azione dei funghi) può compromettere considerevolmente la portata di una struttura portante. Sebbene sia inizialmente difficile identificarlo, è importante accertarne i danni e adottare delle opportune misure curative nel più breve lasso di tempo possibile. In effetti, nel caso di forte calore e di un'umidità costantemente elevata simili danni possono propagarsi rapidamente nel legname da costruzione comunemente usato alle nostre latitudini (cfr. 3.2.). In principio, si deve temere un'*infezione crittogamica* ovunque le precipitazioni, le acque di superficie o l'umidità del suolo rischiano di provocare un'umidificazione intensa e di lunga durata. Determinati elementi in legno sono particolarmente esposti e devono perciò essere controllati con cautela:

Elementi di costruzioni esposti al marciume

- Elementi in contatto col suolo, la zona di transizione suolo/aria risulta particolarmente delicata
- elementi orizzontali, in particolare quelli di grosse dimensioni, con delle fenditure sul lato superiore dove l'acqua può ristagnare
- estremità non protette in quanto l'acqua penetra relativamente in fretta nel legno delle parti finali
- zone di contatto tra gli elementi, specialmente nei giunti e nei collegamenti, dove l'acqua può penetrare per capillarità e ristagnare
- attorno ai chiodi, bulloni, caviglie, ecc, lungo i quali l'acqua può infiltrarsi.

Le accumulazioni d'acqua non dipendono unicamente dagli apporti, ma anche dalla *rapidità dell'essiccamento*. Nei luoghi secchi ed arieggiati (p. es. in luoghi rocciosi) essa è nettamente più elevata rispetto ai posti umidi, ombreggiati, mal arieggiati e con molta vegetazione.

Qui di seguito sono elencati i sintomi indicanti un'umidità elevata del legno e di conseguenza pericolo di marcescenza:

- colorazione scura, dovuta alla proliferazione di muffe grigio-scure
- alterazione del colore di elementi di fissaggio dovuta alla corrosione
- sviluppo di muschi e licheni
- crescita di erbe e altre piante, legata di regola all'accumulo di detriti sulla costruzione
- segni di gonfiamento del legno
- superficie morbida
- apparizione d'acqua in superficie conficcando un oggetto appuntito (punta del coltello, chiodo)

Lo sviluppo dei funghi è possibile solo a partire dal punto di saturazione delle fibre, che si situa a seconda dell'essenza tra il 27% e 34% d'umidità del legno. Delle misurazioni di tassi d'umidità superiori al 23% indicano un grave rischio di marcescenza, poiché è poco probabile che la misurazione è avvenuta nel punto più umido. L'umidità del legno si può determinare facilmente con l'ausilio di un igrometro elettrico.

Siccome le zone esposte a un'umidità elevata hanno di regola un'estensione limitata risulta importante individuarle e determinarne il tenore in acqua. Gli igrometri muniti di lunghi elettrodi sono maggiormente indicati in quanto permettono una misurazione ad una profondità maggiore.

In caso di marciume avanzato si osservano sulla superficie i corpi fruttiferi dei funghi (carpofori). L'individuazione degli stadi iniziali dell'infezione non è di facile attuazione e necessita di una certa esperienza. In effetti, nella maggior parte dei casi, il fungo si sviluppa dapprima all'interno del legno, lasciando la superficie praticamente intatta. Accanto a quelli sovrammenzionati ulteriori *sintomi da marciume* sono:

- leggere depressioni in superficie (diminuzione del volume)
- odore tipico
- suono cupo e sordo picchiando col martello

I metodi seguenti possono causare certi danni:

- colpire con la scure e provocare così una rottura locale
- conficcare un chiodo: il legno marcio non offre che una debole resistenza
- eseguire un foro: valutare la durezza del legno e la natura della segatura
- perforazione fino al midollo (con un perforatore speciale usato per determinare l'accrescimento): valutare la durezza del legno ed esaminare il campione prelevato.

Altri metodi esigono delle tecniche più elaborate e degli apparecchi speciali.

Nell'ambito di questi esami bisogna evitare di creare nuove aperture d'infiltrazione per l'acqua (p. es. si consiglia di perforare dal basso verso l'alto). I fori di controllo sono da otturare, di preferenza con una caviglia impregnata.

E' altrettanto importante valutare lo stato di conservazione della parte interrata di pali o paletti. Questo esame può essere facilitato mediante lo scavo dei primi 20-40 cm sotto il livello del terreno.

La perdita di stabilità dovuta al marciume dipende dalla sua estensione. Essa può essere determinata p.es. tramite parecchie perforazioni. Al fine di stimare la *resistenza residua* di una trave marcescente, le parti colpite dal marciume sono da considerare nulle.

9.4. Manutenzione

I piccoli *lavori* di manutenzione corrente concernono avantutto i punti seguenti:

- eseguire la pulizia degli accumuli di terra, foglie, ecc, che possono comportare delle conseguenze dannose (p.es. rendere sdruciolevole il piano di transito, accumulazione d'umidità nelle adiacenze delle parti in legno e di elementi di fissaggio in metallo)
- stringere gli elementi di fissaggio allentati
- rimettere in buono stato il piano di transito, eliminare le asperità, rinnovare le misure atte a rendere meno sdruciolevole il piano di transito
- rinnovare i trattamenti antiruggine
- sostituire i pezzi difettosi di piccole dimensioni
- rinnovare i trattamenti di superficie del legno
- rimettere al loro posto gli elementi di costruzioni deformati o spostati
- pulire e migliorare i drenaggi per assicurare un'evacuazione ottimale delle acque piovane e di superficie.

9.5. Trattamento preventivo e curativo del marciume

In caso di pericolo d'attacchi fungini e del marciume s'impongono le misure seguenti:

- a) Nei luoghi permanentemente molto umidi:
 - sopprimere se possibile gli apporti d'acqua
 - favorire l'essicamento
 - posare delle cartucce al boro a titolo di protezione chimica del legno
- b) In caso di leggero marciume: vedi a)
- c) In caso di intenso marciume nei punti critici:
 - sbarrare la costruzione
 - sostituire gli elementi imputriditi, di preferenza con legname impregnato o resistente al marciume
 - migliorare la concezione e la struttura degli elementi difettosi (cfr. a).

PARTE B:
OPERE COSTRUTTIVE

10. Ponti e passerelle

10.1. Nozioni di base

Confrontata con altre tratte della rete di sentieri, la costruzione dei ponti necessita di molto lavoro e materiale. Dal profilo dei costi risulta dunque particolarmente importante studiare e progettare l'opera con accuratezza e in seguito eseguirla impeccabilmente. Nel corso dello studio già si possono evitare numerosi punti critici. Le riflessioni che seguono assumono un ruolo determinante:

■ *E' veramente indispensabile la costruzione di un ponte?*

Un giro più lungo può rivelarsi meno costoso e più sicuro, specialmente se la messa in opera degli appoggi implica determinate difficoltà (p.es. versanti instabili o rischio d'erosione da parte del torrente).

■ *Esiste un miglior posizionamento per il ponte?*

In principio i ruscelli, i fiumi e i torrenti incassati dovrebbero essere attraversati nel punto più stretto e in un tratto rettilineo. Nelle anse, dove le rive non protette sono soggette all'erosione, le condizioni per l'esecuzione degli appoggi sono sfavorevoli.

Di regola non si dovrebbe spostare un ponte il cui posizionamento si è rivelato sicuro nel corso degli anni. Tuttavia, in certi casi risulta più opportuno usufruire di un nuovo ponte agricolo o forestale situato nelle vicinanze. Talvolta, una modifica del tracciato permette di scoprire un nuovo passaggio attrattivo.

■ *Qual è il grado di sicurezza richiesto per utilizzare il manufatto?*

La valutazione dei pericoli è un compito difficile nell'ambito della sistemazione dei sentieri, in quanto varia secondo i differenti gruppi di fruitori (bambini, escursionisti occasionali, alpinisti, ecc.) persino nella medesima categoria di sentieri.

Per i parapetti si applica per esempio la regola generale seguente:

- i parapetti sui due lati: percorsi pedonali, sentieri in vicinanza di abitati, attraversamento di gole, torrenti impetuosi, fiumi, ecc.
- parapetto su un unico lato: sentieri di montagna e sentieri escursionistici discosti
- nessun parapetto: su ponti e passerelle poco esposti.

Al posto di parapetti anche una maggiore larghezza può garantire una sicurezza sufficiente e procurare una maggiore sensazione di sicurezza (cfr. cap. 10.3.8). Occorre rammentare che importanti deformazioni e oscillazioni della struttura portante cagionano un sentimento d'insicurezza e paura. Inoltre, la rugosità del piano di transito condiziona massicciamente la sicurezza di marcia.

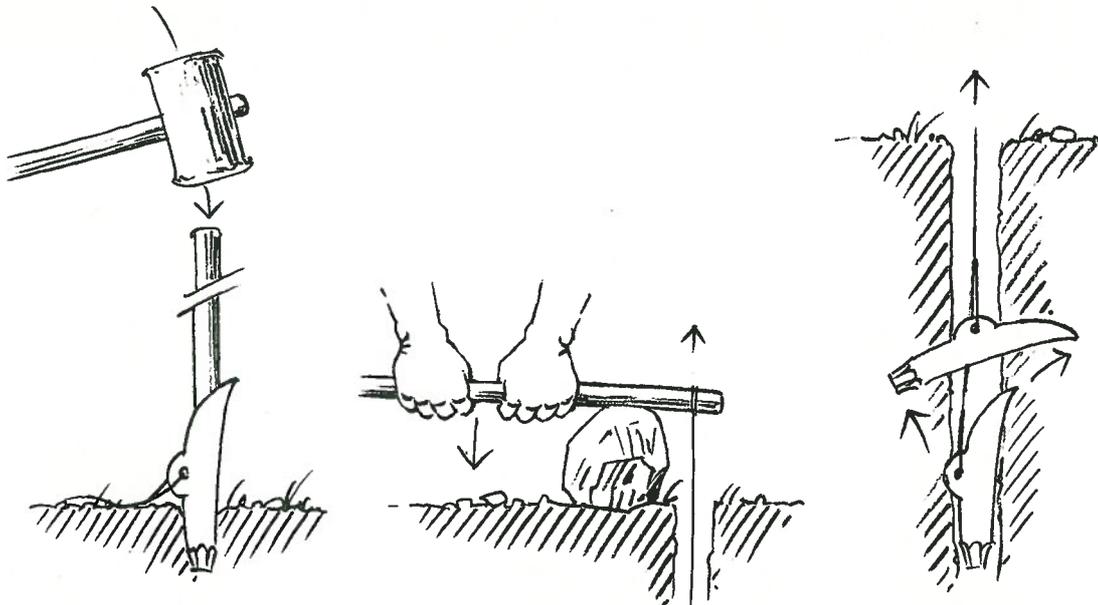
■ *Qual è il grado di comodità previsto?*

La qualità di un ponte dipende dalla categoria del sentiero (cfr. cap. 2.1.) e dall'equipaggiamento dei fruitori. Ad eccezione di tratte molto frequentate, per i sentieri sono sufficienti ponti e passerelle a una via. Per i percorsi pedonali sono più adatte delle costruzioni larghe.

■ *Quali soluzioni sono possibili in caso di valanghe e di alluvioni ?*

- nessun ponte, ma un travaccone
- prevedere una costruzione semplice, facilmente sostituibile
- smontare il ponte durante i periodi pericolosi
- dimensionare le costruzioni in vista dei carichi estremi
- non fissare rigidamente il ponte agli appoggi, ma lasciarlo mobile da un lato e fissarlo per mezzo di una catena o di un cavo.

Alberi e macigni costituiscono sovente dei punti d'ancoraggio favorevoli, come pure paletti conficcati o ancoraggi interrati (p.es. del tipo Duckbill). Un ancoraggio sui due lati è pericoloso in quanto detriti e legname fluttuanti possono accumularsi contro il ponte; questo rischio esiste anche in caso di spazio di deflusso insufficiente.



Conficcare l'ancoraggio → precaricare l'ancoraggio → si pone di traverso → mettere in tensione

Fig. 10.1: Utilizzazione di ancoraggi nel terreno

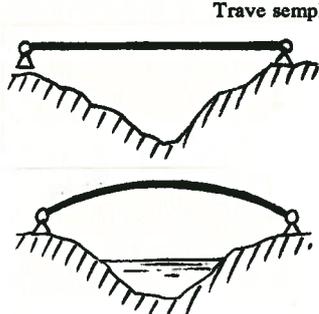
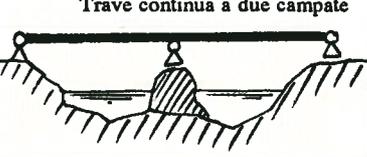
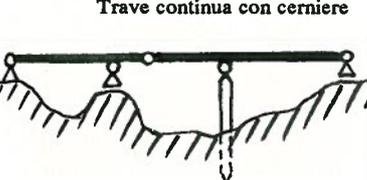
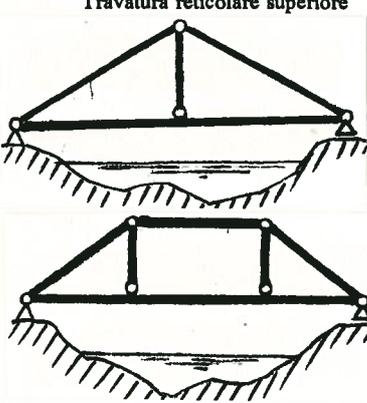
■ *Quali piani sono necessari?*

I ponti importanti, di un certo standard, ossia soprattutto quello di tipo A, esigono nella maggior parte dei casi dei rilievi topografici dettagliati. Per una semplice passerella di tondoni può essere sufficiente la conoscenza della campata. Il capitolo 2.3. informa sulle relative basi progettuali.

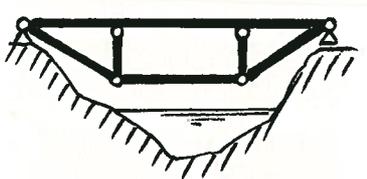
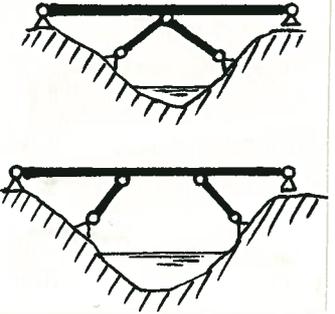
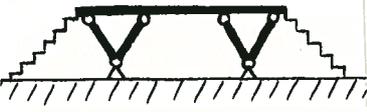
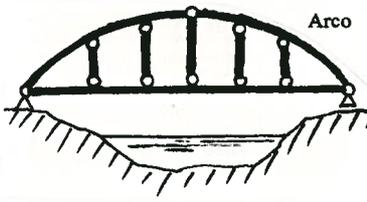
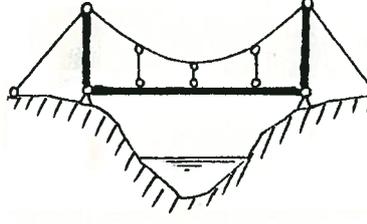
10.2. Sistemi costruttivi dei ponti

Nell'ambito della sistemazione dei sentieri si utilizzano soprattutto delle strutture portanti semplici, ma si ricorre anche a sistemi più complessi quali travature lamellari, a cavalletto o travature reticolari superiori per le costruzioni di tipo A di grande campata o a traffico misto. Negli ultimi anni, grazie allo sviluppo del lamellare e dei collegamenti moderni d'acciaio/legno, si sono create una moltitudine di nuove strutture portanti. La maggior parte di queste necessitano di studi e calcoli statici circostanziati, eseguiti da un ingegnere. Pertanto saranno menzionate qui di seguito solo marginalmente. La tabella 10.1. riassume le strutture portanti più comuni.

Tab. 10.1: Sistemi costruttivi dei ponti

Sistema statico	Tipo di legname	Luce abituale	Osservazioni
<p>Trave semplice</p> 	<p>Tondame</p> <p>Legname segato</p> <p>Travi a incastro, a reticolare, a cassone</p> <p>Lamellare</p> <p>Tavole</p> <p>Tavoloni</p>	<p>fino a 15 m</p> <p>fino a 15 m</p> <p>fino a 30 m</p> <p>fino a 40 m</p> <p>fino a 9 m</p> <p>fino a 30 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> • materiale disponibile localmente (esec. tipo B) • impregnato (esec. tipo A) • utilizzabili nelle costruzioni di ponti pedonali solo con misure di protezione costose (p. e. copertura) • impregnato (esec. tipo A) • impregnato (esec. tipo A) • segati o lamellare (esecuzione tipo A)
<p>Trave continua a due campate</p> 	<p>Come trave semplice</p>	<p>Come trave semplice</p>	<ul style="list-style-type: none"> • si raddoppia la lunghezza del ponte
<p>Trave continua con cerniere</p> 	<p>Come trave semplice</p>		<ul style="list-style-type: none"> • utilizzazione poco frequente per ponti pedonali (p.e. viadotti)
<p>Travatura reticolare superiore</p> 	<p>Legname segato, tondame</p>	<p>fino a 15 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> • preferibilmente impregnato • il passaggio libero sotto il ponte è maggiore • vi sono dettagli critici dal profilo della protezione del legno

Tab. 10.1: Sistemi costruttivi dei ponti (continuazione)

Sistema statico	Tipo di legname	Luce abituale	Osservazioni
<p>Travatura reticolare inferiore</p> 	Legname segato (tondame)	fino a 20 m	<ul style="list-style-type: none"> parte inferiore in legno, acciaio piatto o rotondo, cavi d'acciaio
<p>Travatura a cavalletto</p> 	Legname segato (tondame)	fino a 30 m	<ul style="list-style-type: none"> preferibilmente impregnato diminuzione del passaggio libero sotto il ponte permette di sfruttare appoggi naturali
<p>Telaio a cerniere</p> 	Legname segato, lamellare	fino a 40 m	<ul style="list-style-type: none"> superamento di strade, ferrovie, ecc. impregnazione (esecuzione tipo A)
<p>Arco</p> 	Lamellare	fino a 40 m	<ul style="list-style-type: none"> impregnazione (esecuzione tipo A)
<p>Ponte sospeso</p> 	Tondame, legname segato, lamellare	fino a 50 m	<ul style="list-style-type: none"> cavi d'acciaio luce libera notevole fino a 300 m)
<p>Opere speciali quali:</p> <ul style="list-style-type: none"> ponti a cavi inclinati ponti con bande precomprese 	Lamellare, segati	fino a 50 m	<ul style="list-style-type: none"> soprattutto in ambito urbano

10.3. Elementi delle costruzioni

10.3.1. Concetti di base

La figura 10.2. offre una panoramica degli elementi di un ponte semplice e della loro consueta denominazione. Per la maggioranza dei ponti per i sentieri non sono necessari tutti gli elementi indicati in questa sede. Sovente, p.es. si rinuncia alle travi trasversali e si fissa il piano di transito direttamente sulle travi portanti principali. Al contrario, i ponti più complessi per pedoni e le costruzioni più grandi, transitabili con veicoli, comportano tutta una serie di ulteriori elementi (p.es. una copertura). I ponti larghi con delle travature alte necessitano sovente di rinforzi e controventature.

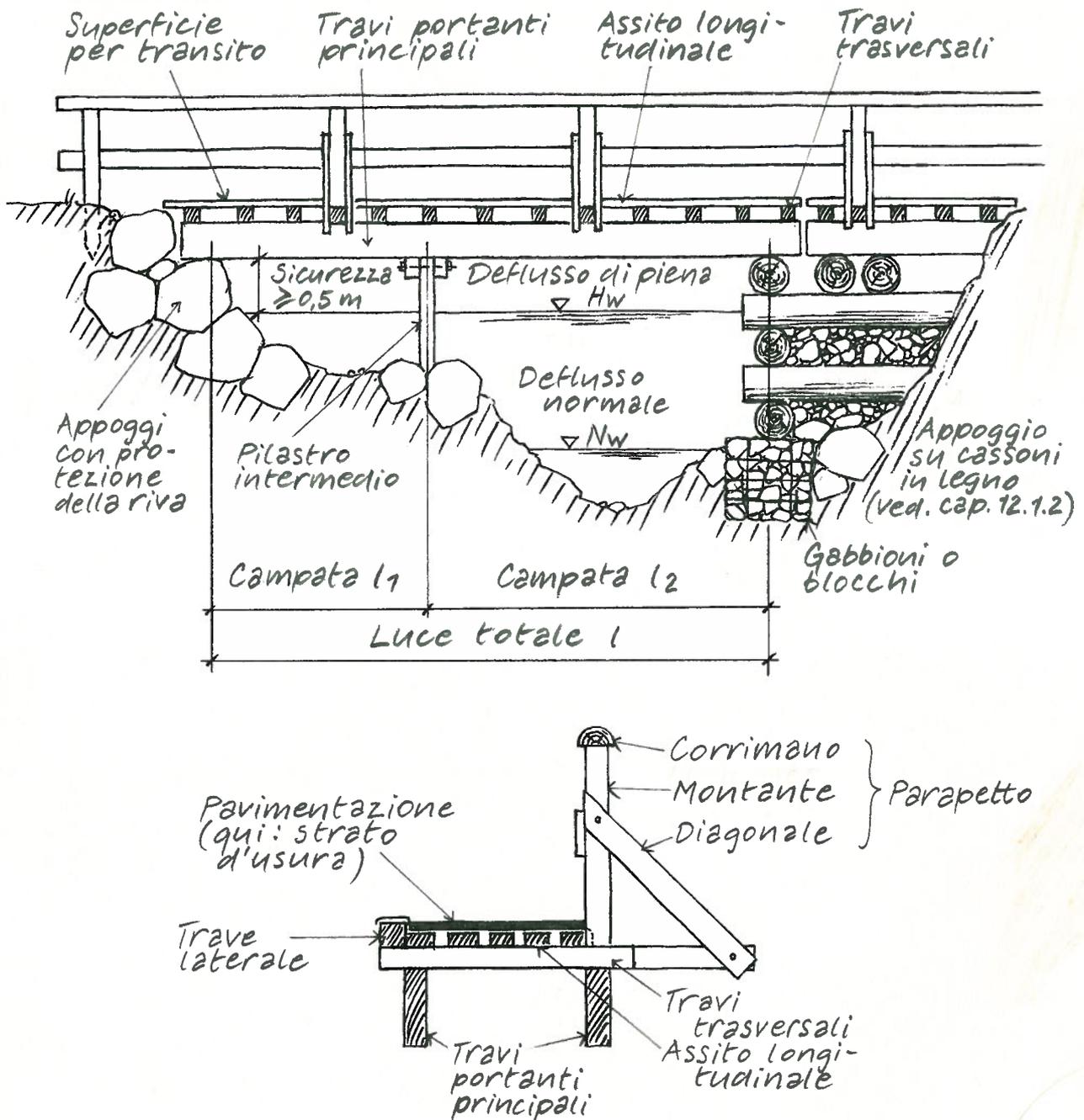


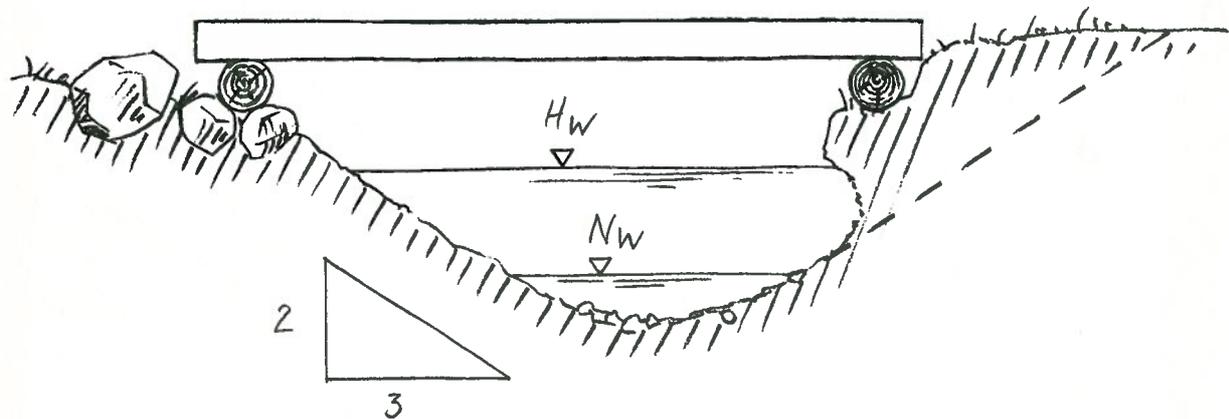
Fig. 10.2: Denominazione degli elementi di un ponte

Sui ponti carrozzabili provvisti di travature alte viene fissata, per motivi di sicurezza, una *trave laterale* all'assito longitudinale. Quest'ultima non è necessaria per le passerelle di sentieri, e in ogni modo inadatta dal profilo della protezione del legno, in quanto terra e fogliame possono accumularsi all'angolo tra la trave laterale e l'assito longitudinale (piano di transito).

10.3.2. Appoggi e sostegni

Appoggi e sostegni trasmettono al suoli i carichi (peso proprio, carico dei fruitori e della neve, pressione del vento) e a seconda della situazione devono resistere all'azione di alluvioni, trasporti di detriti e alla pressione del terreno. La zona degli appoggi è particolarmente soggetta al pericolo d'umidificazione del legno e di conseguenza al marciume. Grazie a misure costruttive si dovrebbe mantenere il legno il più secco possibile e al riparo dalla terra e dal fogliame.

Il tipo d'appoggio dipende dalla sicurezza e durabilità desiderate come pure dal genere di ponte. Delle esecuzioni costose con una protezione delle sponde si rendono necessarie laddove gli appoggi rischiano di essere erosi, p.es. sul lato esterno di un'ansa oppure sulle sponde aventi una pendenza superiore a 2:3 e costituiti nè da roccia nè da blocchi.



Pendenza max 2:3

Appoggio corretto

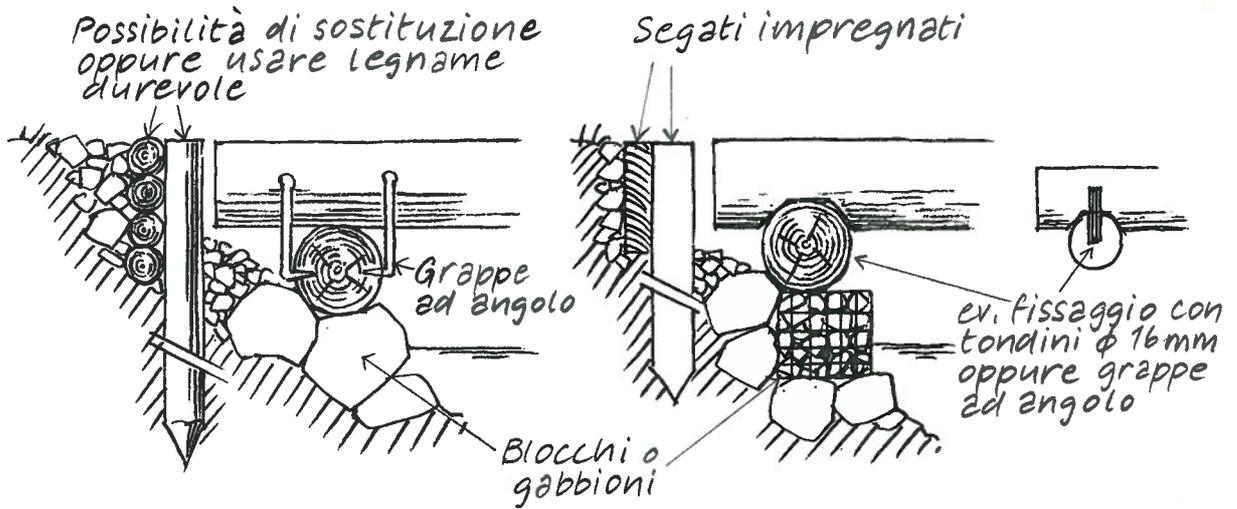
Appoggio sbagliato

→ stabilizzare la sponda o

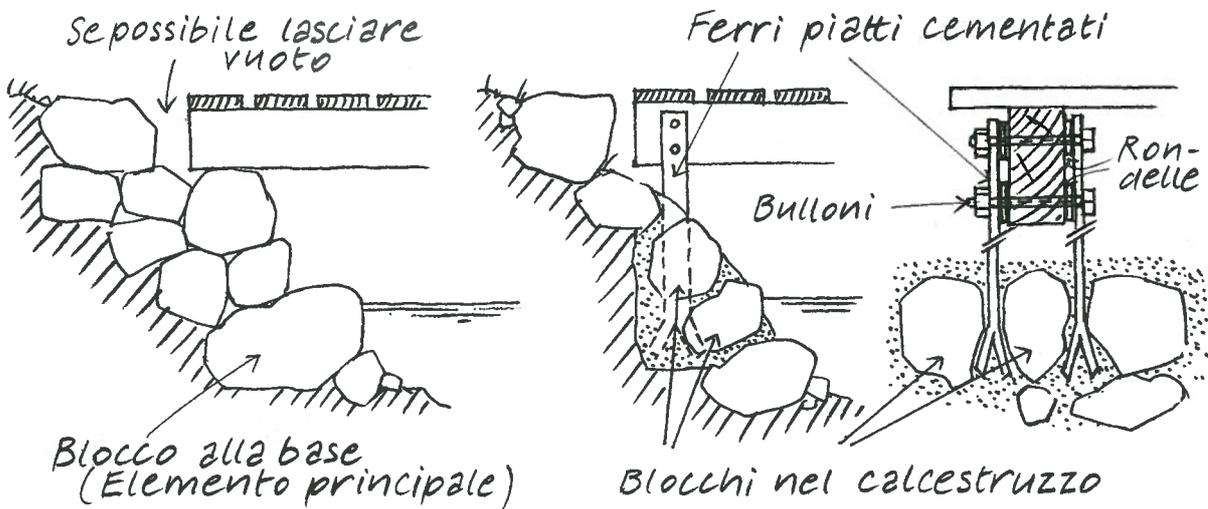
→ prolungare il ponte

Fig. 10.3 a : Formazione degli appoggi

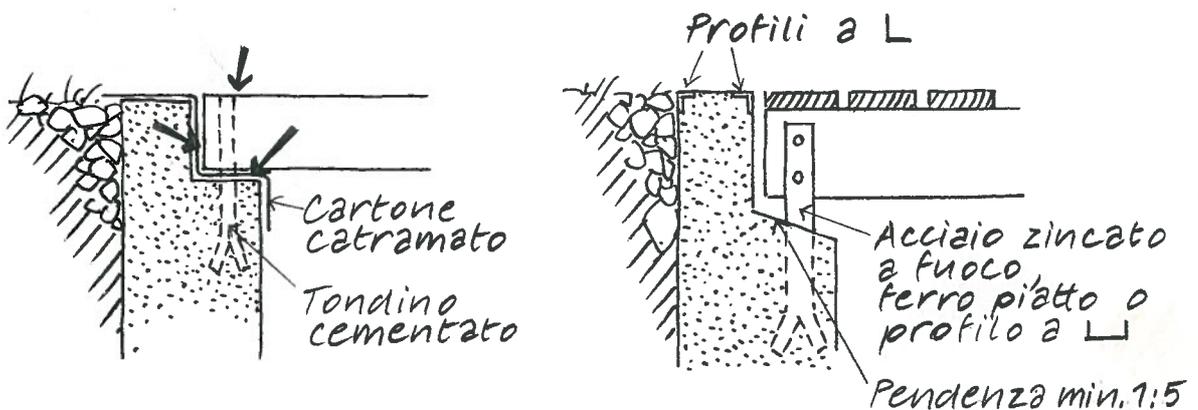
◦ Tondame (Esecuzione tipo B)



◦ Blocchi (Tipo A o B)



◦ Calcestruzzo (generalmente costruzioni di tipo A)

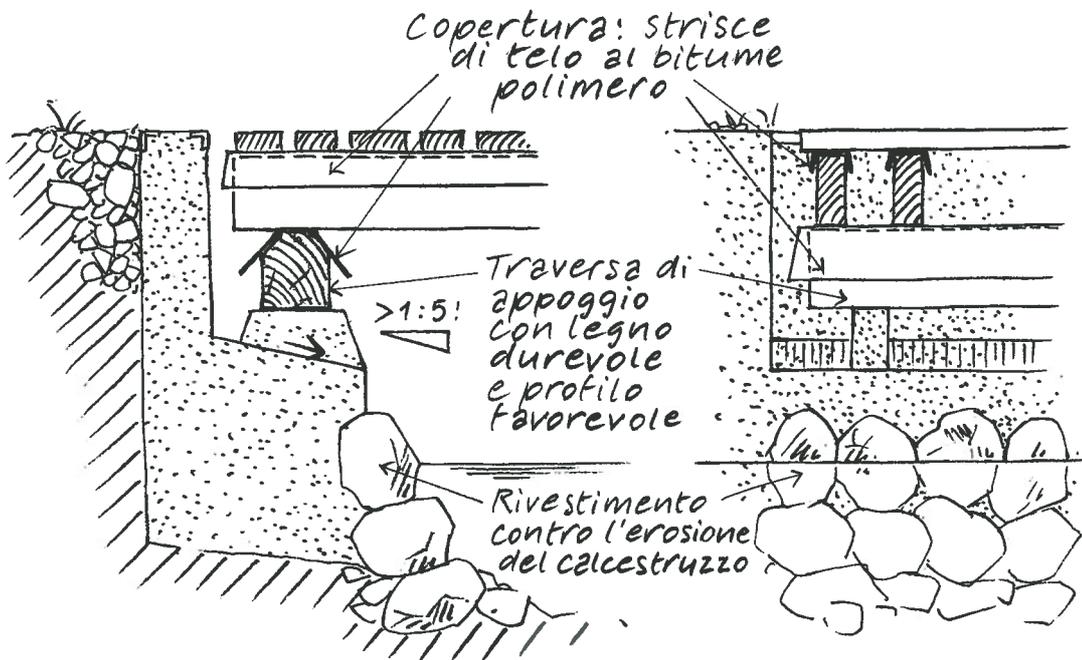
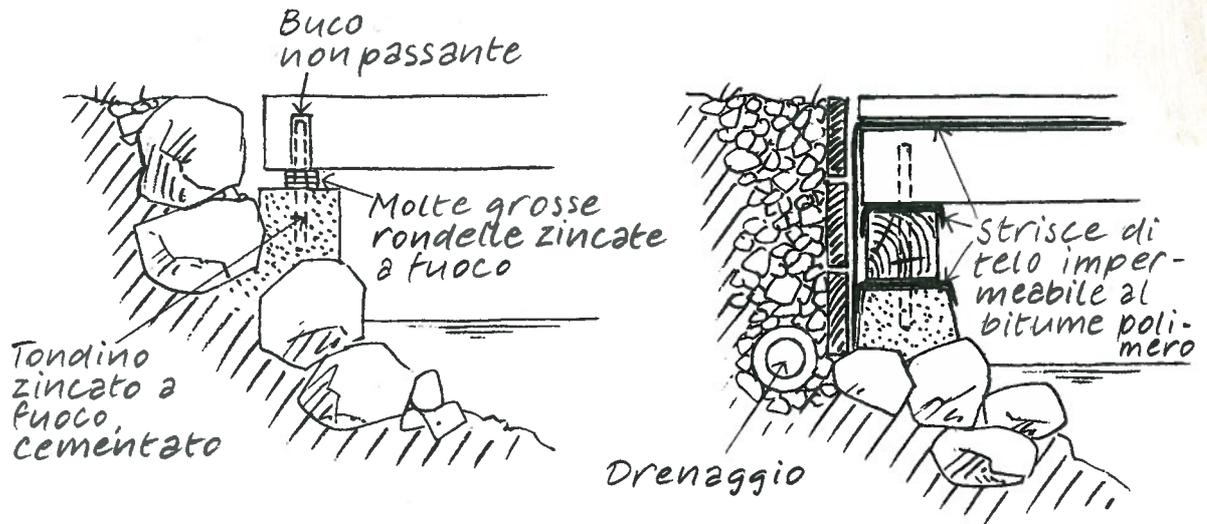


sbagliato: le frecce (↓)
indicano zone esposte
all'umidità

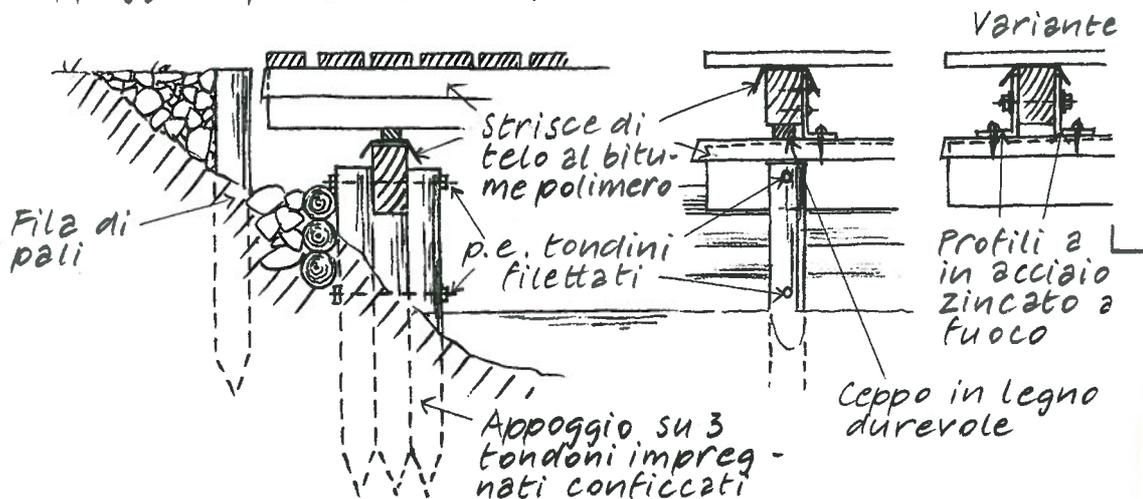
corretto

Fig. 10.3 b: Formazione degli appoggi

◦ Calcestruzzo (2)



◦ Appoggi su palificazioni (esecuzione tipo A o B)



◦ Cassoni in legno vedere cap. 12.1.2

Fig. 10.3 c: Formazione degli appoggi

Eventuali *sostegni intermedi* possono essere costruiti e protetti in modo analogo agli appoggi. Si rivelano favorevoli quelle disposizioni che permettono ai ponti di essere puntellati solo in direzione verticale (travi continue). Infatti se il sostegno intermedio dovesse essere asportato dalla piena, il ponte sarebbe, nella maggior parte dei casi ancora in grado di sostenere almeno il proprio peso e potrebbe essere ripristinata completamente la sua funzione sostituendo il sostegno.

I pilastri e gli impalcati con palificazioni sono sovente esposti all'acqua corrente e al trasporto di detriti. Si consiglia dunque di proteggerli con elementi in legno sostituibili o con grossi blocchi. La costruzione di pilastri e soprattutto d'impalcati con palificazioni risulta di regola costosa e deve essere affidata a specialisti.

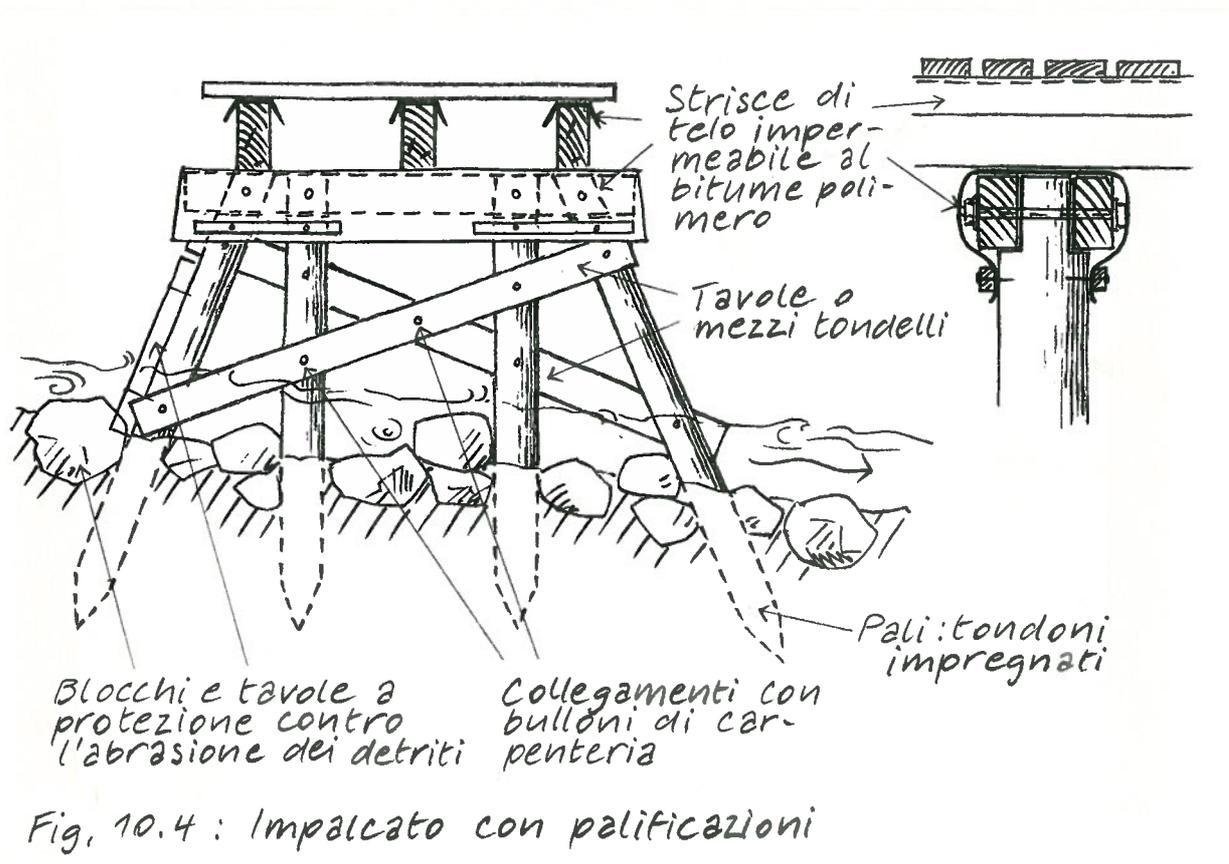


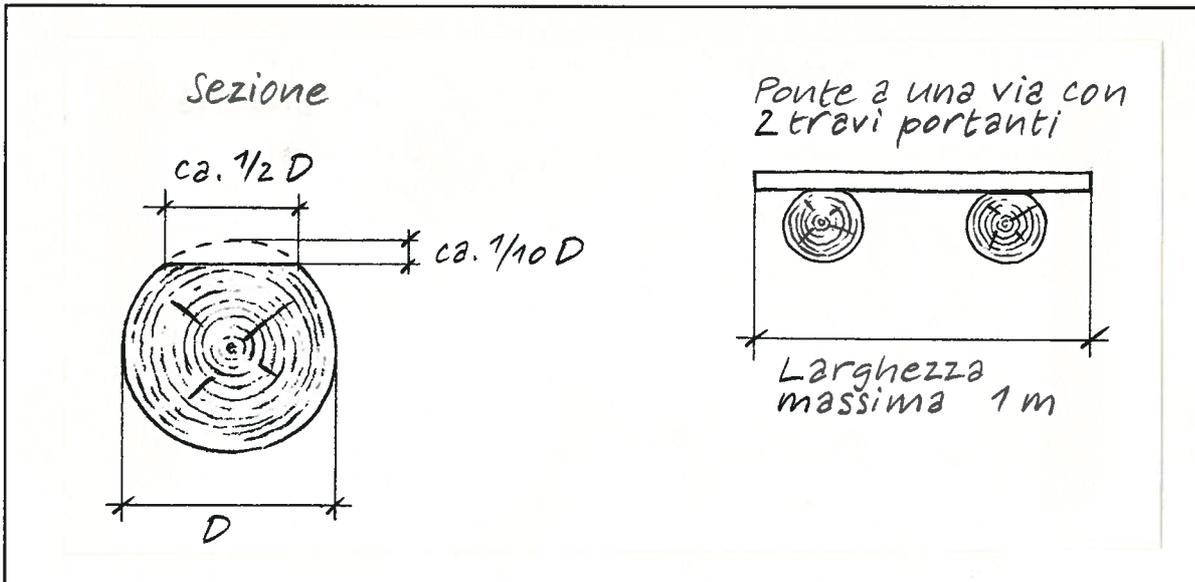
Fig. 10.4 : Impalcato con palificazioni

10.3.3. Strutture portanti principali

• Trave semplice

Le travi semplici presentano un fissaggio verticale e laterale ai due appoggi e longitudinalmente almeno a un'estremità. Le travi longitudinali dei ponti di tipo B sono costituite in primo luogo da tondoni. La *tavella 10.2.* indica le sezioni necessarie per le passerelle semplici composte da due o tre tondoni quali travi principali.

Tabella 10.2. Dimensionamento delle passerelle di tondoni per trave semplice o trave continua a due campate: diametro necessario in cm per legname resinoso in funzione della campata e dell'altitudine (per le travi continue a due campate viene considerata la campata più lunga).



Altopiano	Prealpi	Campata (m)												
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Engadina	Alpi													
Vallese francofono	Giura	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
fino a 600 m s. m.	fino a 400 m s. m.	16	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
oltre 600 m s. m.	oltre 400 m s. m.	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	

Basi di dimensionamento:

- Casi di carico ved. capitolo 7 (a seconda dell'altitudine risultano determinanti il carico utile o il carico della neve)
- Peso proprio delle travi portanti considerate
- Valori base della tensione di flessione al bordo ammissibili:
 - vb = 10 N/mm² (caso di carico: carico utile)
 - vb = 15 N/mm² (caso di carico: carico della neve, senza fattore di sicurezza!)
- Valore per carico di durata CD = 1.0
- Valore umidità del legno CW = 0.8

· *Trave continua a due campate e trave continua con cerniere*

Le travi continue con cerniere hanno più di due sostegni. Siccome gli elementi da costruzione, per motivi di trasporto e di fabbricazione, superano raramente i 15 m, le travi portanti di ponti a grande campata devono essere raccordate per mezzo di *articolazioni* (travi articolate). Di regola, per costruire le travi continue con cerniere si deve ricorrere all'aiuto di specialisti.

· *Travature a cavalletto e travature reticolari superiori*

La campata può essere aumentata tramite le travature a cavalletto e quelle reticolari superiori, comuni nel settore della carpenteria tradizionale. Esse assumono ancora oggi un'importanza sui sentieri dove:

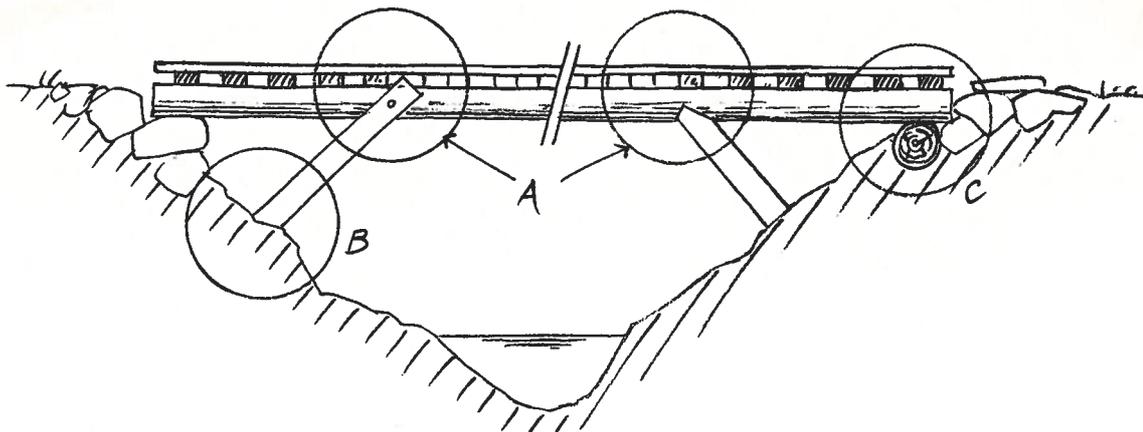
- il terreno permette di sostenere i cavalletti
- il montaggio in loco della costruzione risulta facilmente attuabile
- i vantaggi estetici di questo tipo di ponte giocano un ruolo
- sono disponibili specialisti per la costruzione del ponte (carpentieri, forestali).

Contrariamente al passato, gli *elementi di fissaggio attuali* permettono anche una trasmissione semplice delle trazioni. Gli antichi collegamenti a compressione, per motivi di durabilità, sono adatti unicamente per delle costruzioni protette (cfr. cap. 6).

· *Ponte sospeso, travatura reticolare inferiore ed arco*

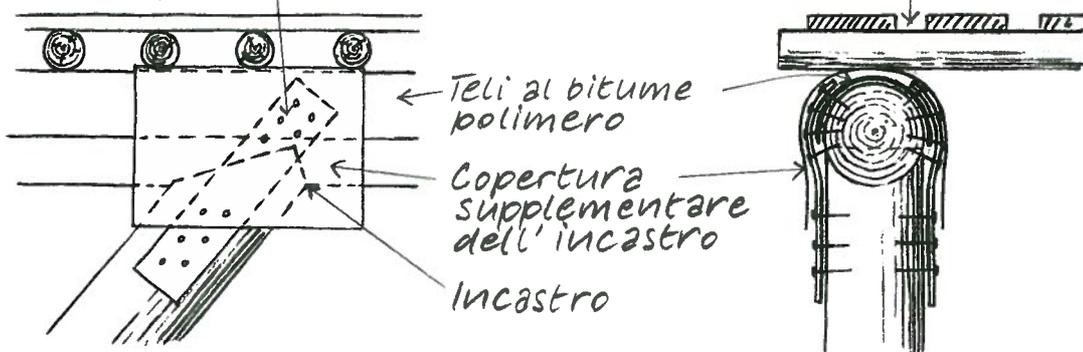
La combinazione di *legno e acciaio* permette una serie di possibilità per superare grande campate. I cavi, i ferri piatti e tondi vengono sollecitati alla trazione, mentre gli elementi in legno formano quasi sempre delle barre compresse. Fino ad ora questi sistemi sono ancora poco diffusi in Svizzera, ma sono tuttavia adatti per superare grandi campate nell'ambito della costruzione di sentieri. Il loro calcolo statico e la concezione dei collegamenti sono di difficile attuazione e devono perciò essere affidati ad ingegneri del ramo (13).

Punti critici per la protezione del legno

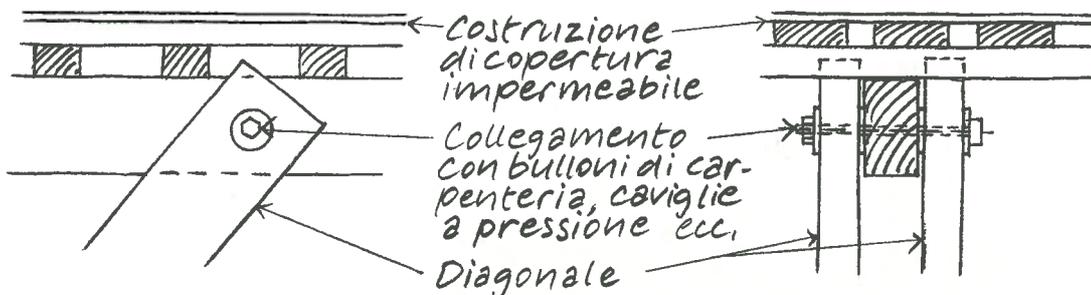


Proposte costruttive dettaglio A

Lamiera forata ev. da girare sopra la trave portante



Variante: con piano di transito impermeabile (copertura supertluc)



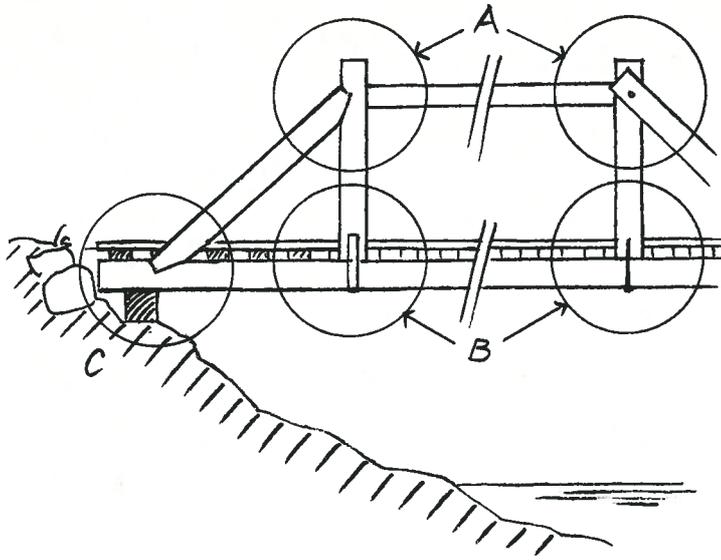
Proposte costruttive dettaglio B



Proposte costruttive dettaglio C: vedi cap. 10.3.2

Fig. 10.5: Protezione del legno - punti critici per costruzioni a cavalletto

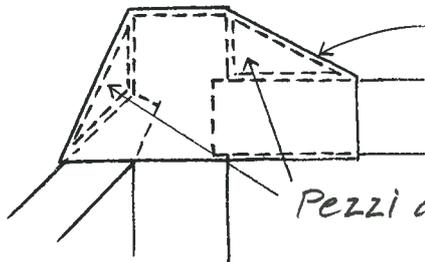
Protezione del legno - punti critici



La protezione del legno è difficile su elementi orizzontali

Proposte costruttive:

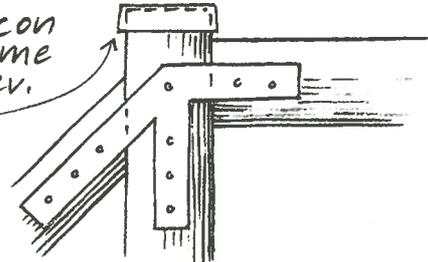
• Dettaglio A



Collegamento di segati

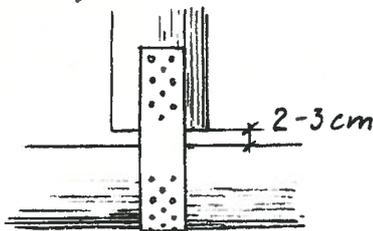
Copertura con teli al bitume polimero, ev. lamiera

Pezzi di legno



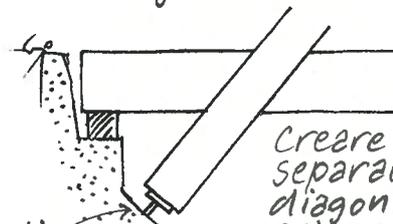
Collegamento di tondelli con fasce in acciaio

• Dettaglio B



Collegamento con tondelli e lamiere forate

• Dettaglio C



Creare appoggi separati per diagonale e trave orizzontale

Dettaglio vedi costruzione a cavalletto

Attenzione all'assestamento degli appoggi!

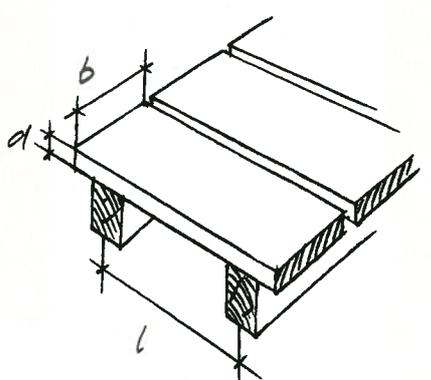
Fig. 10.6: Protezione del Legno - punti critici nelle travature reticolari superiori

10.3.4. Strato portante e strato d'usura

I ponti complessi sono di regola provvisti di uno strato portante così come di uno strato d'usura di facile sostituzione. Lo strato portante ripartisce il carico sulle travi portanti principali e si compone di tavole trasversali o di travi trasversali con assito longitudinale.

Tavole trasversali per passerelle e ponti orizzontali

Tabella 10.3: Spessori necessari per le tavole (mm) in funzione della campata l e larghezza b



Larghezza b (mm)	Campata l (m)							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
100	36	36	40	50	50	60	60	60
120								
140	30	30	36	40	40	50	50	50
160								
180	30	30	30	36	36	40	40	50
200								
220	30	30	30	30	36	36	40	40
240								

Basi di dimensionamento:

- Casi di carico ved. capitolo 7 (a seconda dell'altitudine risultano determinanti il carico utile o il carico della neve)
- Carico singolo 1 KN
- Fattore dinamico
- Valore base della tensione di flessione al bordo
- Valore per carico di durata
- Valore umidità del legno

$$\theta = 2,3$$

$$\sigma_b = 10 \text{ N/mm}^2$$

$$CD = 1,4$$

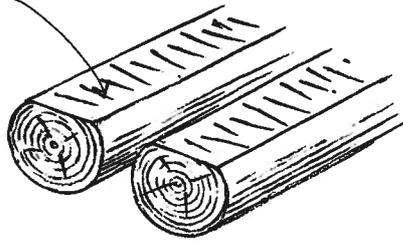
$$C_w = 0,8$$

Il piano di transito può essere concepito *aperto* (soluzione in generale meno costosa) o *chiuso* (impermeabile). Dal profilo della protezione del legno si addice meglio la soluzione chiusa, eseguita in generale tramite un rivestimento bituminoso (pavimentazione). La soluzione aperta permette invece un miglior controllo e una sostituzione più facile degli elementi da costruzione.

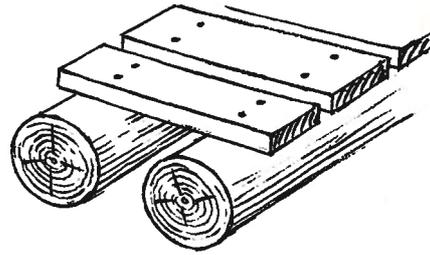
Lo strato d'usura protegge la struttura portante dal logoramento come pure (in caso d'esecuzione impermeabile) dall'acqua piovana. Siccome costituisce nel contempo il piano di transito dovrebbero essere scelti dei materiali ruvidi e resistenti. Se non si prevede nessuno strato d'usura, la sua funzione sarà assunta direttamente dallo strato portante risp. dall'assito longitudinale. La rugosità del piano di transito può essere migliorata attraverso adeguate misure (cfr. fig. 10.8). I ponti ripidi (pendenza superiore al 10%) sono malagevoli anche in presenza di una superficie ruvida, nonché pericolosi in caso di formazione di ghiaccio.

• Costruzione aperta

Se possibile creare superficie ruvida



Ponte privo di piano di transito



Piano di transito con tavole

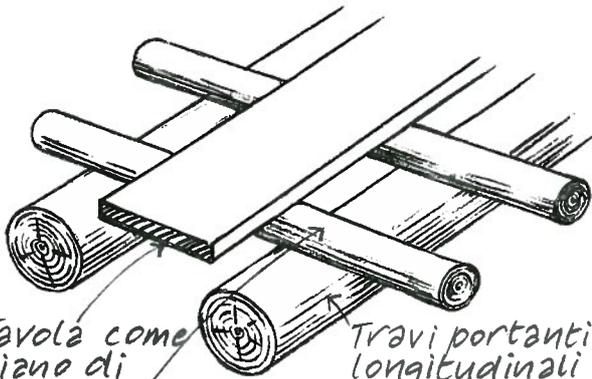
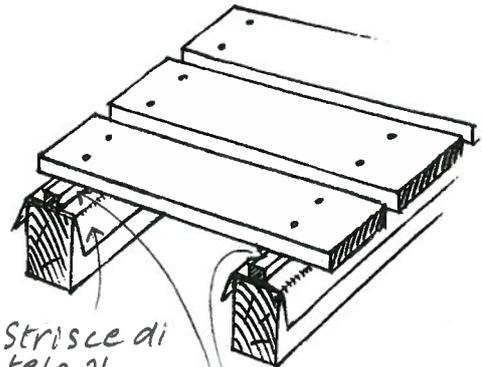


Tavola come piano di transito, tondelli come travi trasversali

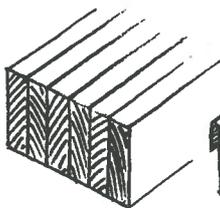
Travi portanti longitudinali rivestite con teli impermeabili



Strisce di telo al bitume polimero

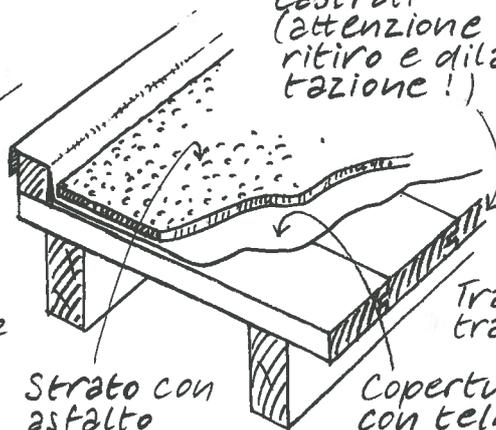
Listello impregnato

• Costruzione chiusa



Tavole incollate, ev. con tensione trasversale

Tavoloni incastrati (attenzione a ritiro e dilatazione!)



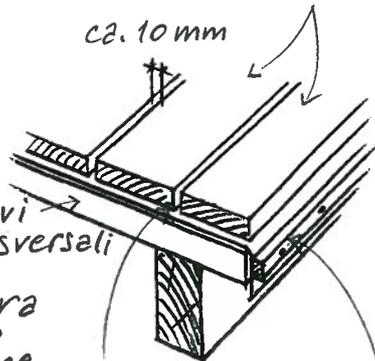
Strato con asfalto colato o stuoia di rivestimento speciale ghiaiettata

Copertura con telo al bitume polimero

Variante

Piano di transito

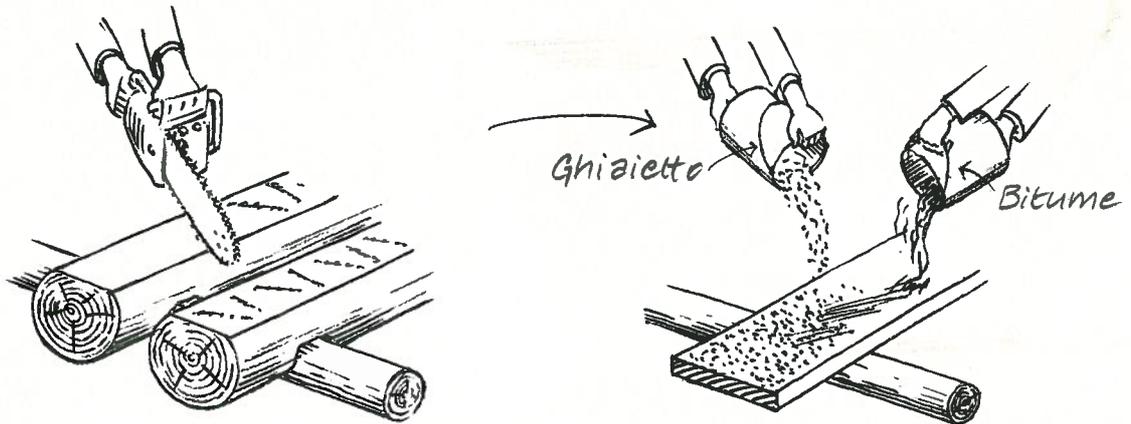
ca. 10 mm



Copertura con telo al bitume polimero fissato con viti e listello

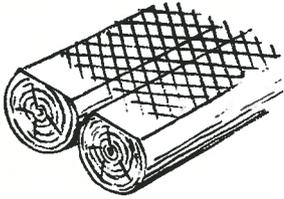
Fig. 10.7: Possibili disposizioni per piano di transito, strato d'usura, elementi portanti

①



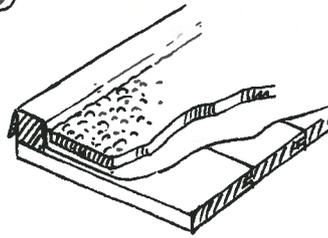
Rendere ruvida la superficie con la motosega, ev. spargere ghiaietto fissato con bitume (variante: miscela di ghiaietto o sabbia e resine epossidiche)

②



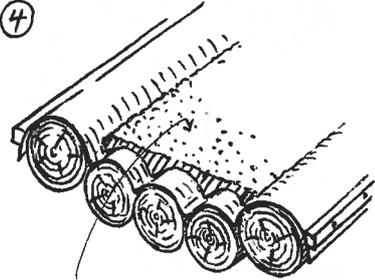
Strisce di metallo stirato, rete metallica diagonale o reti d'armatura solidamente fissate con graffes

③



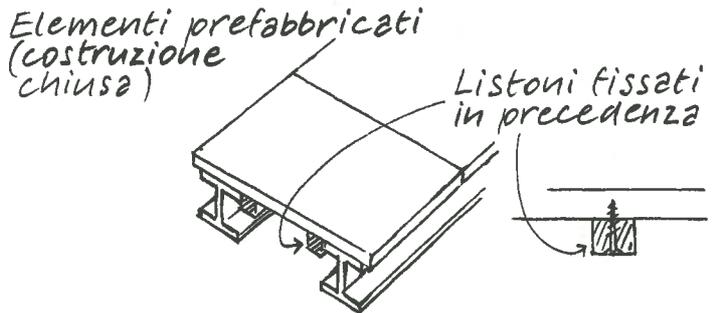
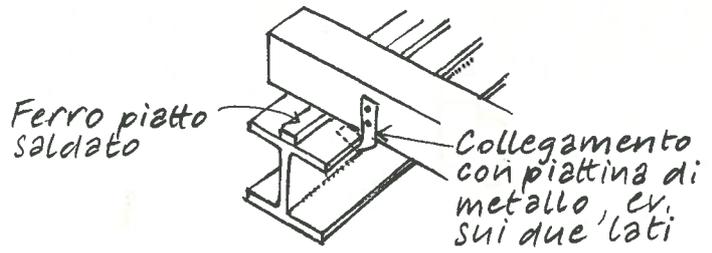
Coprire integralmente con telo impermeabile al bitume polimero, riempire con materiale ghiaioso

④

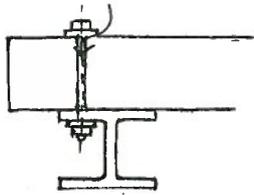


Strato di copertura con miscuglio legante sabbia-ghiaia

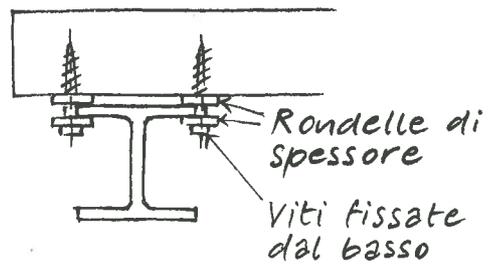
Fig. 10.8 : Possibilità per migliorare la rugosità del piano di transito



Usando bulloni di carpenteria, l'acqua penetra nel foro passante



sbagliato



corretto

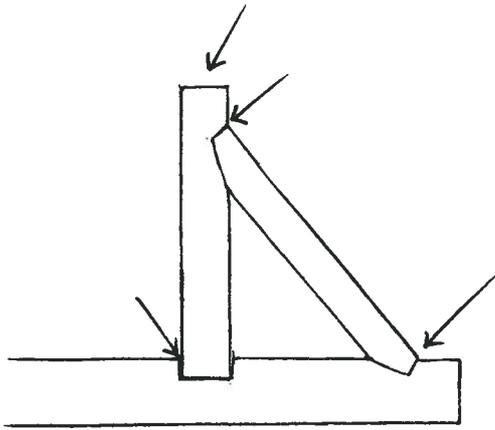
Fig. 10.9: Fissaggio di travi trasversali su travi portanti in acciaio

10.3.5. Parapetti

I parapetti garantiscono la sicurezza dei fruitori. Sebbene vengano utilizzati solo raramente, i corrimano sono tuttavia indispensabili per dare un senso di sicurezza all'escursionista.

In luoghi esposti la sorveglianza e la manutenzione dei parapetti meritano un'attenzione particolare. Dei corrimano fissati insufficientemente, dei sostegni sottodimensionati oppure una marcescenza invisibile rappresentano sovente un rischio sconosciuto (falso sentimento di sicurezza).

◦ Protezione del legno nei parapetti: punti critici



◦ Soluzione possibile

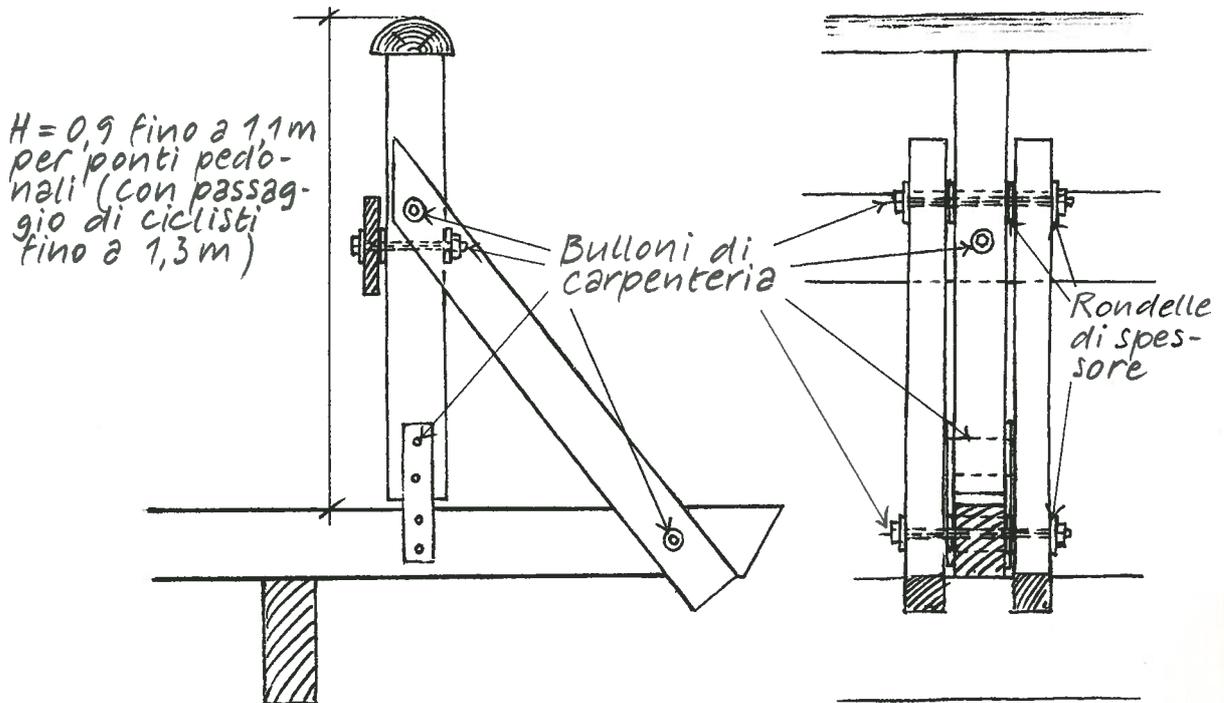


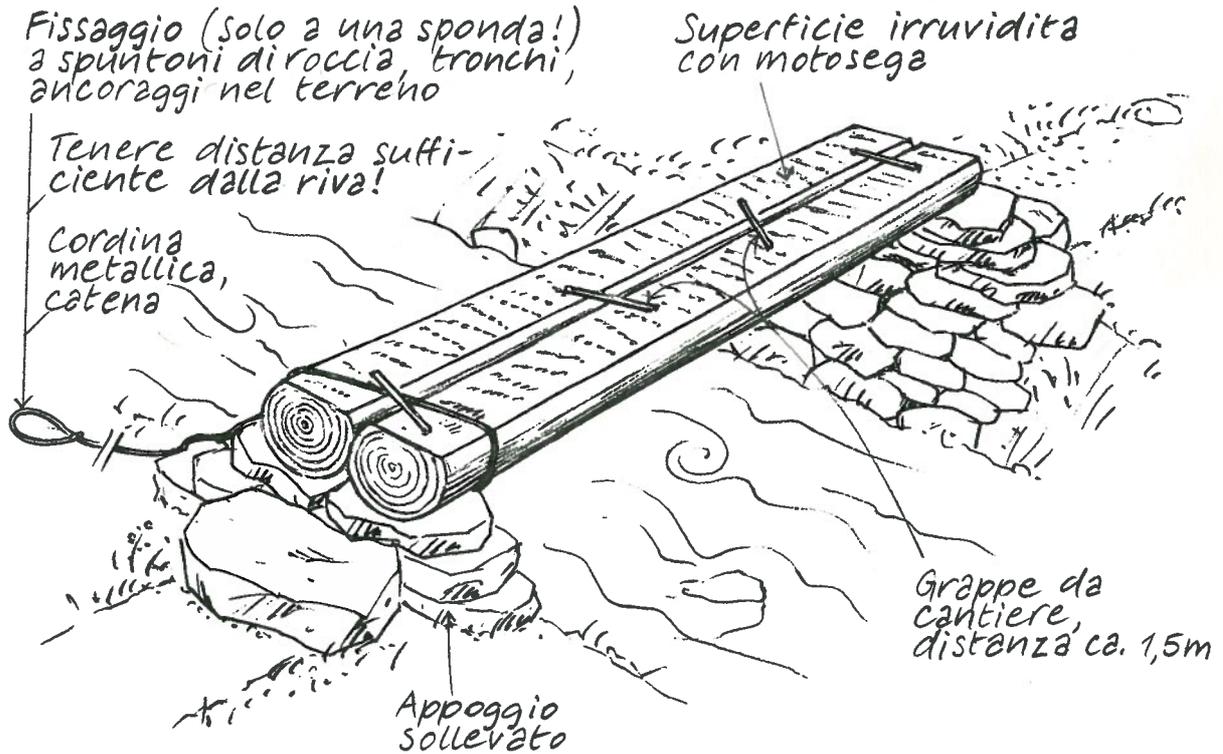
Fig. 10.10: Punti critici dal profilo della protezione del legno nei parapetti e proposte risolutive

10.4. Esempi

A titolo di raccolta d'idee, vengono di seguito presentati alcuni esempi di costruzioni in legno per i sentieri. La scelta è ristretta e casuale, non pretende di rappresentare la soluzione ideale per ogni caso. Ad eccezione delle tabelle di dimensionamento, le dimensioni indicate sono da intendere *a titolo indicativo* (p.es. distanza dei montanti di un parapetto) e da adattare alle condizioni locali.

10.4.1. Passerella semplice (esecuzione tipo B)

- Caratteristiche
- Materiale disponibile sul posto
 - Piccole campate
 - A buon mercato
- Campo d'applicazione
- Sentieri di montagna e sentieri escursionistici



Variante per l'appoggio

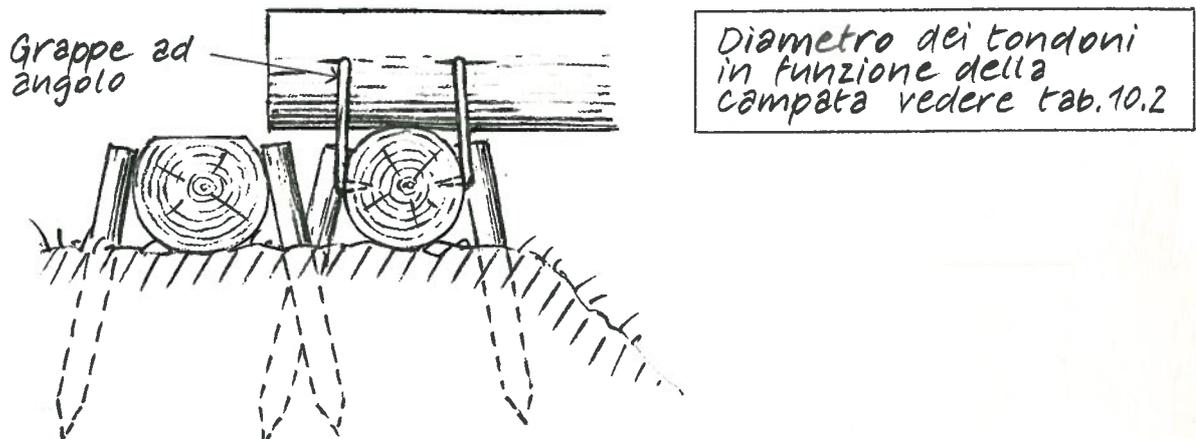


Fig. 10.11: Esempio di un semplice attraversamento con variante di appoggio

10.4.2. Passerella con travature tonde (esecuzione tipo B)

- | | |
|----------------------|--|
| Caratteristiche | <ul style="list-style-type: none">• Materiale disponibile sul posto• Campate fino a 15 m• Relativamente a buon mercato |
| Campo d'applicazione | <ul style="list-style-type: none">• Sentieri escursionistici e di montagna |

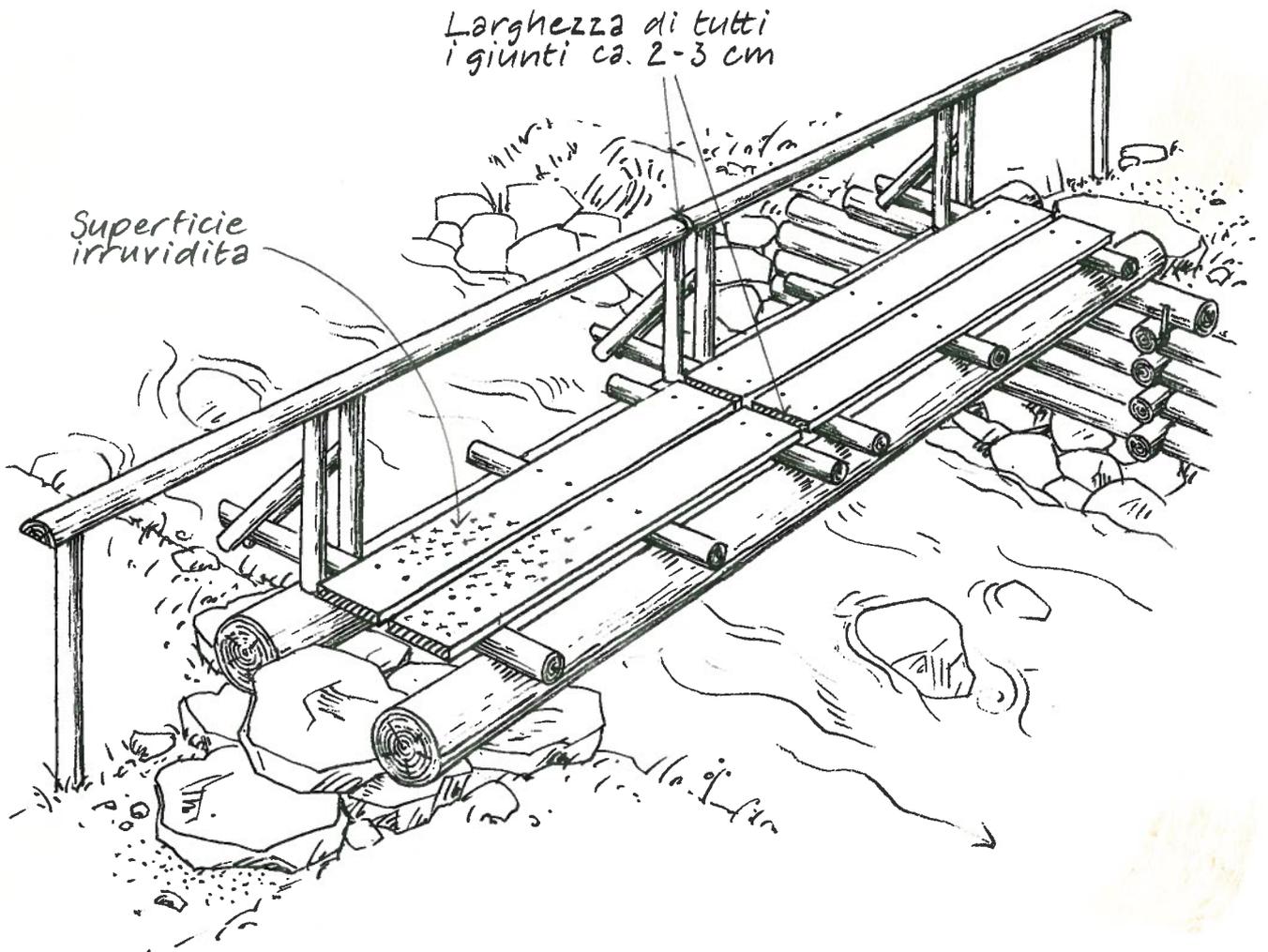
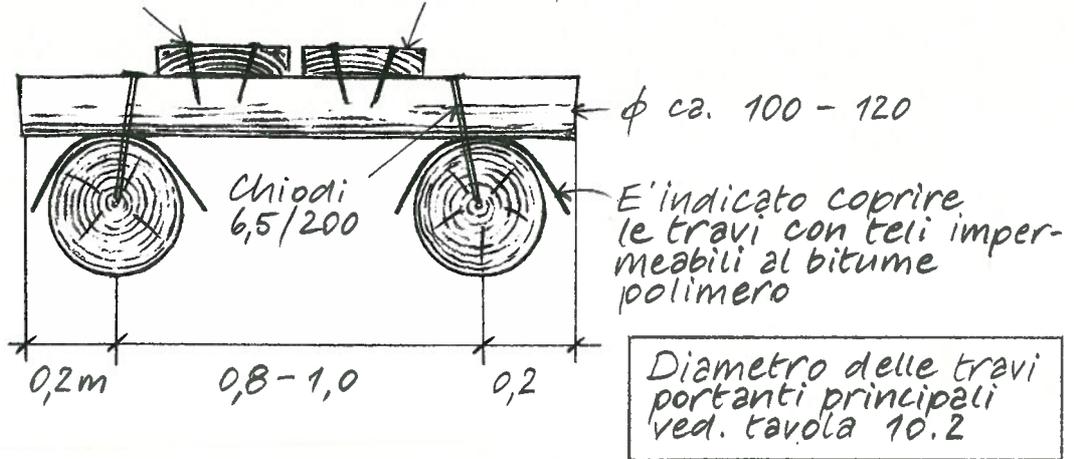


Fig. 10.12a : Passerella con travature tonde

Sezione senza parapetto

Chiodi 4/100mm Tavole 36/200



Sezione con parapetto

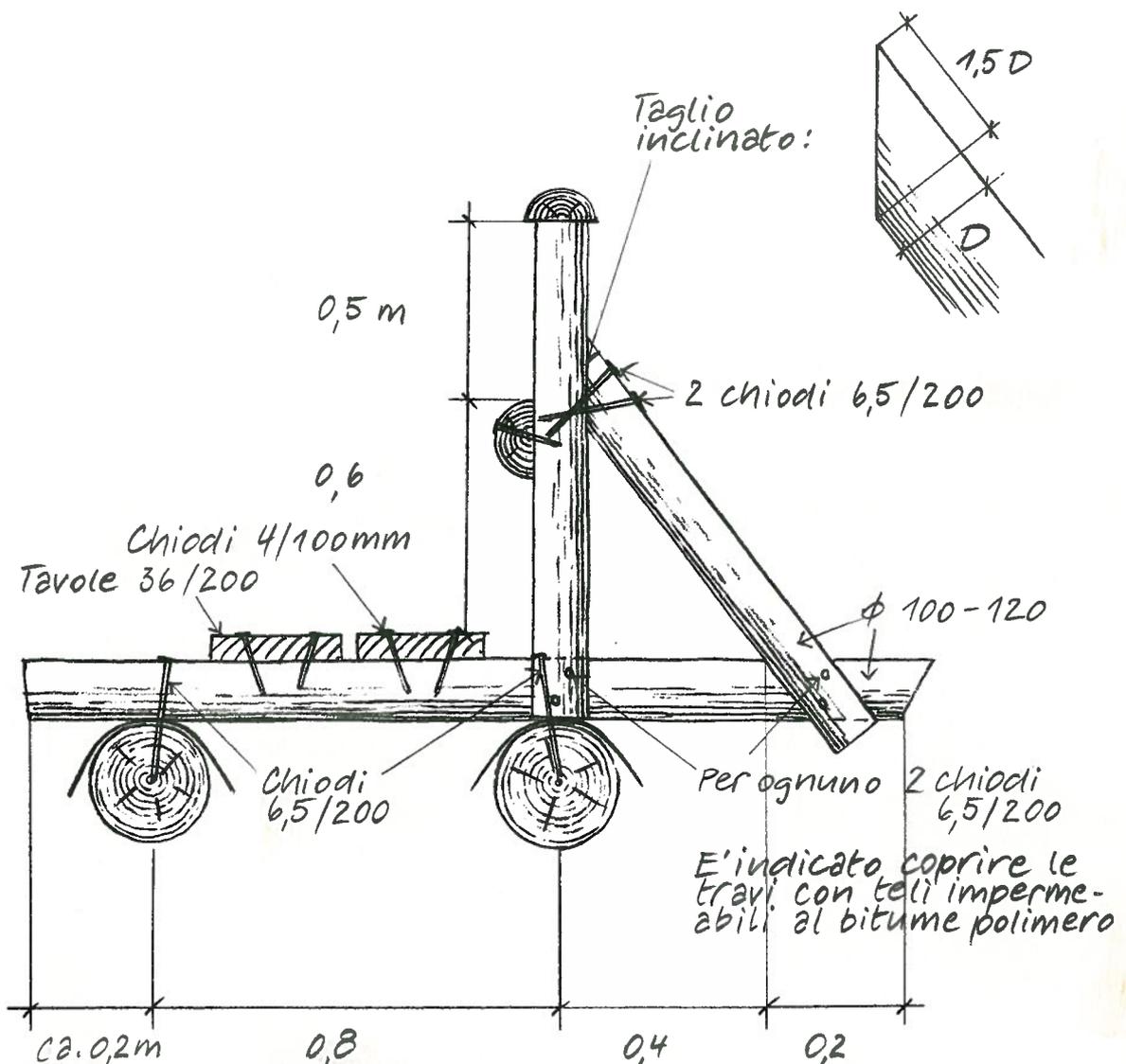


Fig. 10.12 b : Passerella con travature tonde

10.4.3. Passerella con legname segato, esecuzione standard (esecuzione tipo A)

Caratteristiche

- Materiale da costruzione trasportato sul cantiere
- Legname impregnato o durevole (castagno , robinia)
- Campate fino a 15 m
- Utilizzo di (solo) tre sezioni standard con i vantaggi seguenti:
 - peso ridotto, facile lavorazione, buona impregnabilità, elevata resistenza alla flessione, possibilità di creare delle riserve (depositi)
 - Utilizzo di (soli) cinque diversi elementi di fissaggio.

Campo d'applicazione

- Percorsi pedonali, sentieri escursionistici, eccezionalmente sentieri di montagna.

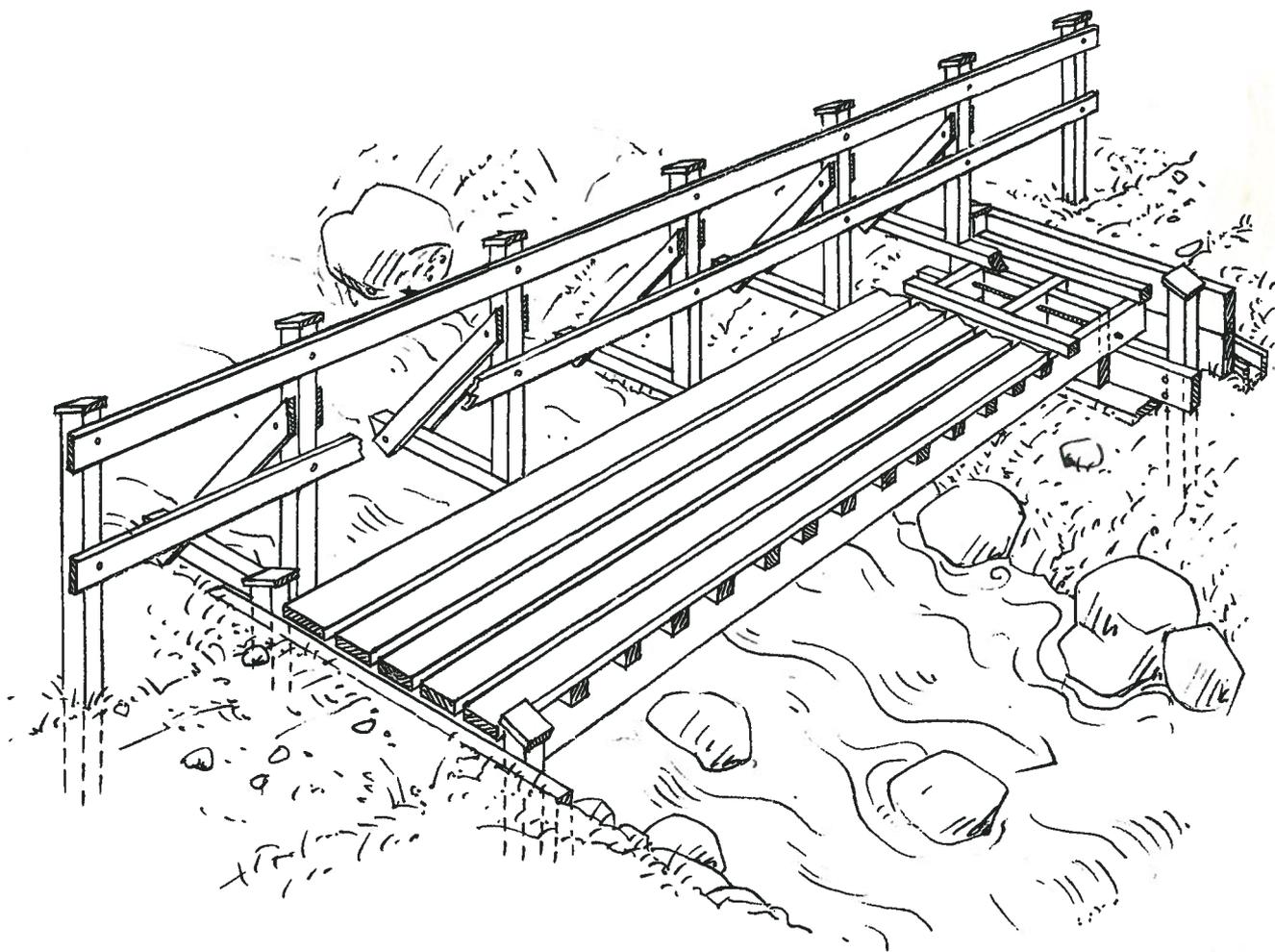
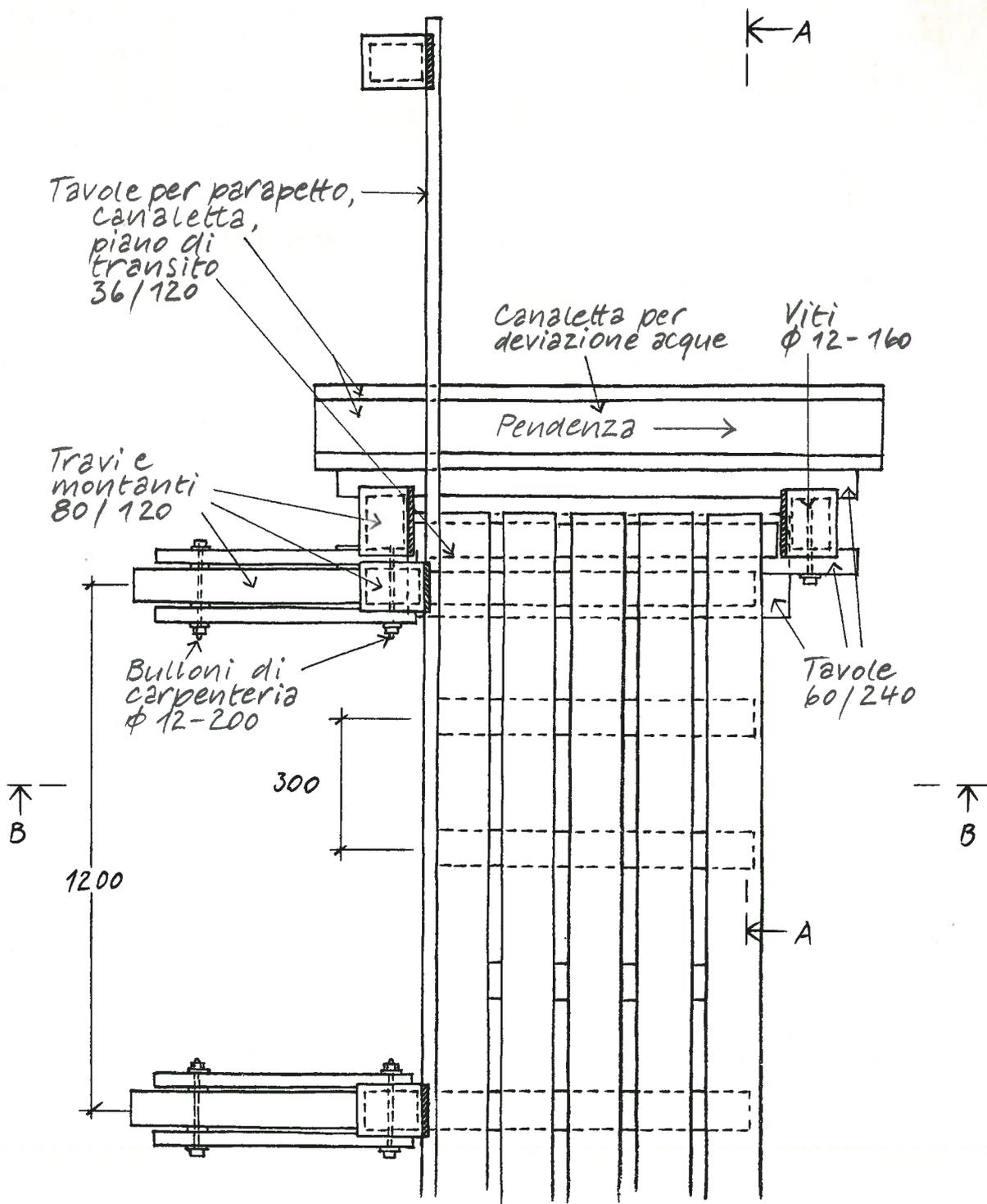


Fig. 10.13 a : Passerella con legname segato, esecuzione standard



Zincare a fuoco tutti gli elementi di metallo
 Impregnare tutti gli elementi in legno

Fig. 10.13 b: Passerella con legname segato, esecuzione standard; pianta

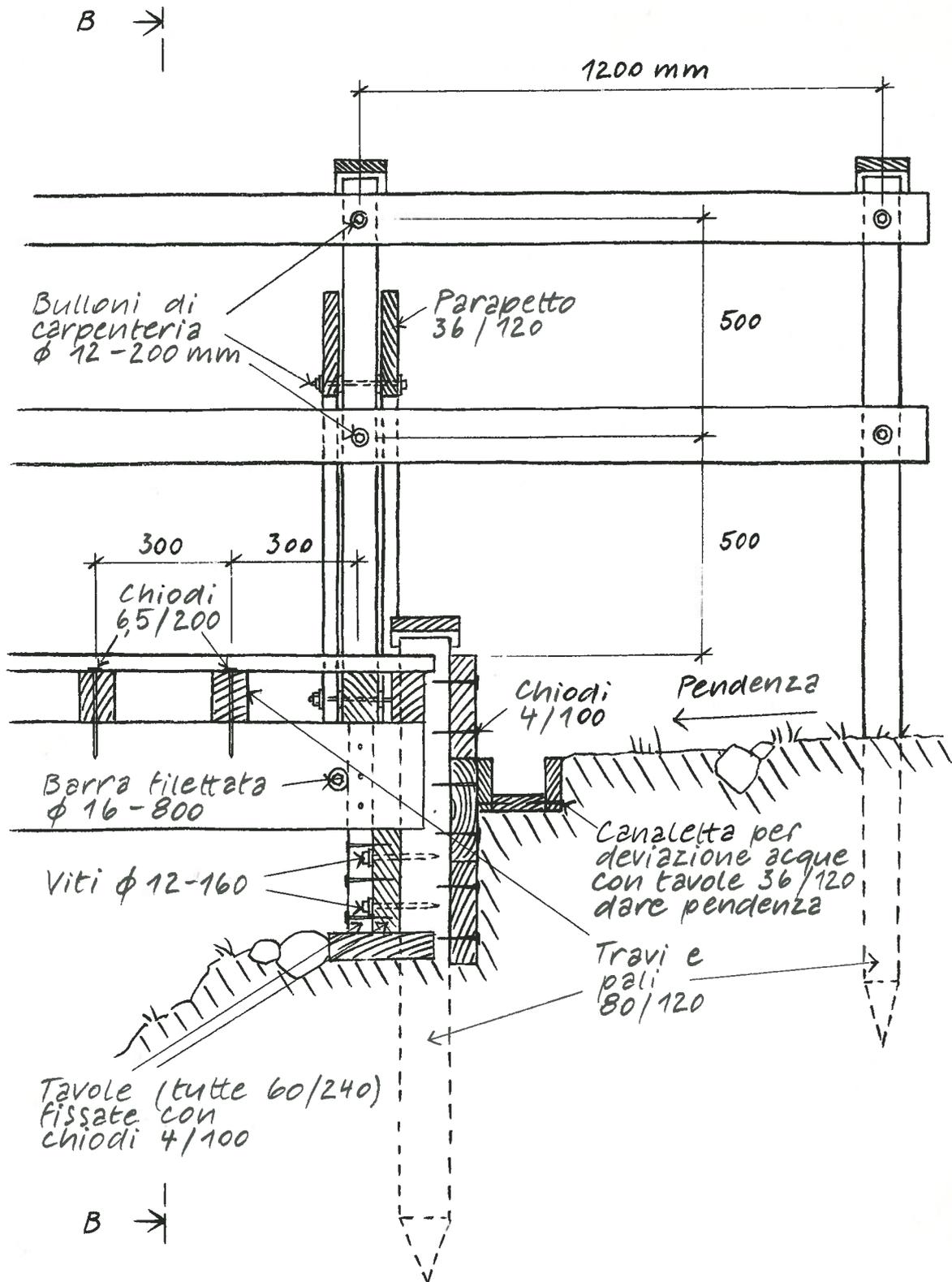


Fig. 10.13 c: Passerella con legname segato, esecuzione standard; appoggi, sezione A-A

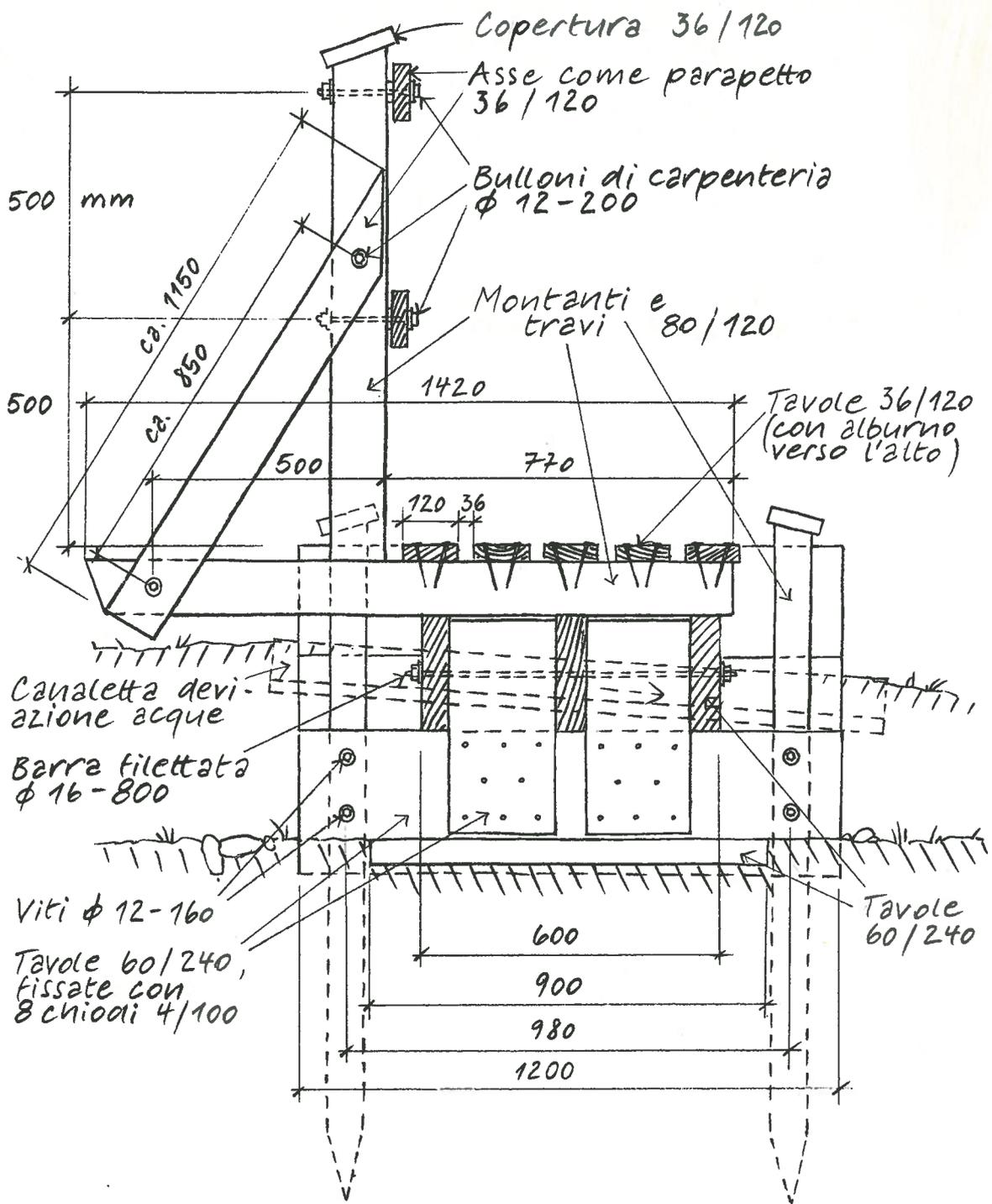


Fig. 10. 13 d: Passerella con legname segato, esecuzione standard; sezione B-B

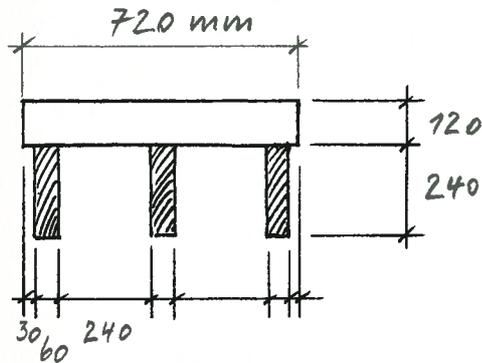
Tabella 10.14: Passerella con legname segato, esecuzione standard; scelta delle travi portanti principali in funzione della campata.

		Altopiano Engadina Vallese francofono	Prealpi Alpi Giura	Campata (m)					
				-6	7	8	9	10	11
E	Fino a 700 m s. m.	Fino a 700 m s. m.	Fino a 500 m s. m.	E3	E3	E3	E6	E6	E6
	Oltre 700 m s. m.			E3	E3	E6	E6	E6	-
Z	Fino a 700 m s. m.	Fino a 700 m s. m.	Fino a 500 m s. m.	Z4	Z4	Z8	Z8	Z8	-
	Oltre 700 m s. m.			Z4	Z8	Z8	-	-	-

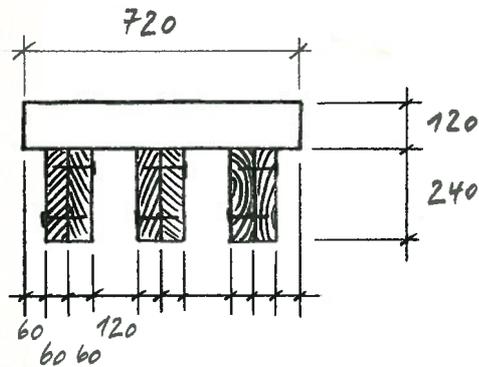
Basi di dimensionamento
(a seconda dell'altitudine
risultano determinanti il
carico utile o il carico
della neve, casi di carico
ved. capitolo 7)

- Larghezza B = 0,8 m (a una via) risp. B = 1,4 m (a due vie)
- Peso proprio della passerella considerato
- Valore della tensione di flessione al bordo ammissibile : $\sigma_b = 10 \text{ N/mm}^2$
- Valore per carico di durata : $c_D = 1.0$
- Valore umidità del legno : $c_W = 0,8$

A una via
E/3

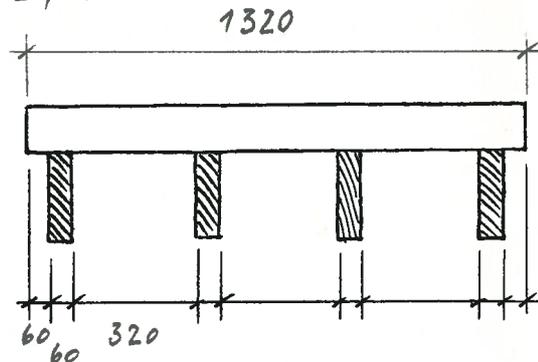


E/6

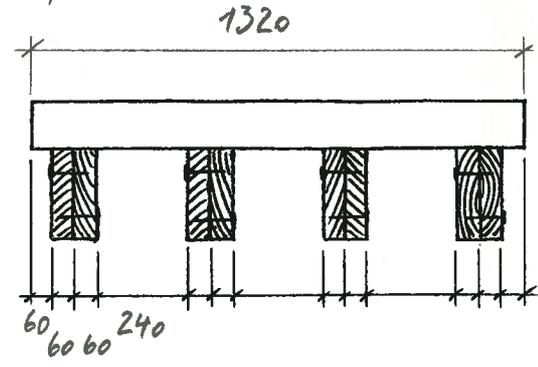


Parapetto da
un solo lato

A due vie
Z/4



Z/8

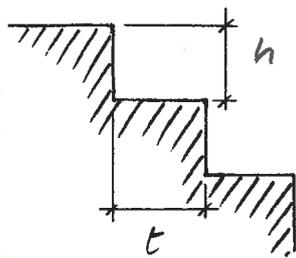


Parapetto su 2 lati

11. Scale

Le scale facilitano il superamento di tratti a forte declività. Grazie ai gradini e alle fiancate le scale sul terreno impediscono l'*erosione* del materiale terroso. Le scale libere danneggiano il terreno naturale e la vegetazione solo nei punti di appoggio e diminuiscono così il pericolo d'erosione. Le scale sono tuttavia dei manufatti relativamente costosi. Un giro più lungo con alcuni gradini antierosione può risultare talvolta meno caro e offrire una migliore sicurezza.

Le *alzate* e le *pedate* delle scale per i sentieri sono da calcolare analogamente alle scale degli edifici.



$$\text{Se pendenza } > 1:3 : \quad 2h+t \cong 63 \text{ cm}$$

$$(h_{\max} \cong 25 \text{ cm})$$

$$\text{Se pendenza } < 1:3 : \quad 2h+t \cong 75 \text{ cm}$$

$$(\text{Pendenza } 1:3 : \quad \begin{array}{c} \triangle \\ \hline 3m \end{array} \quad 1m)$$

Fig. 11.1: Formule per il calcolo di alzate e pedate

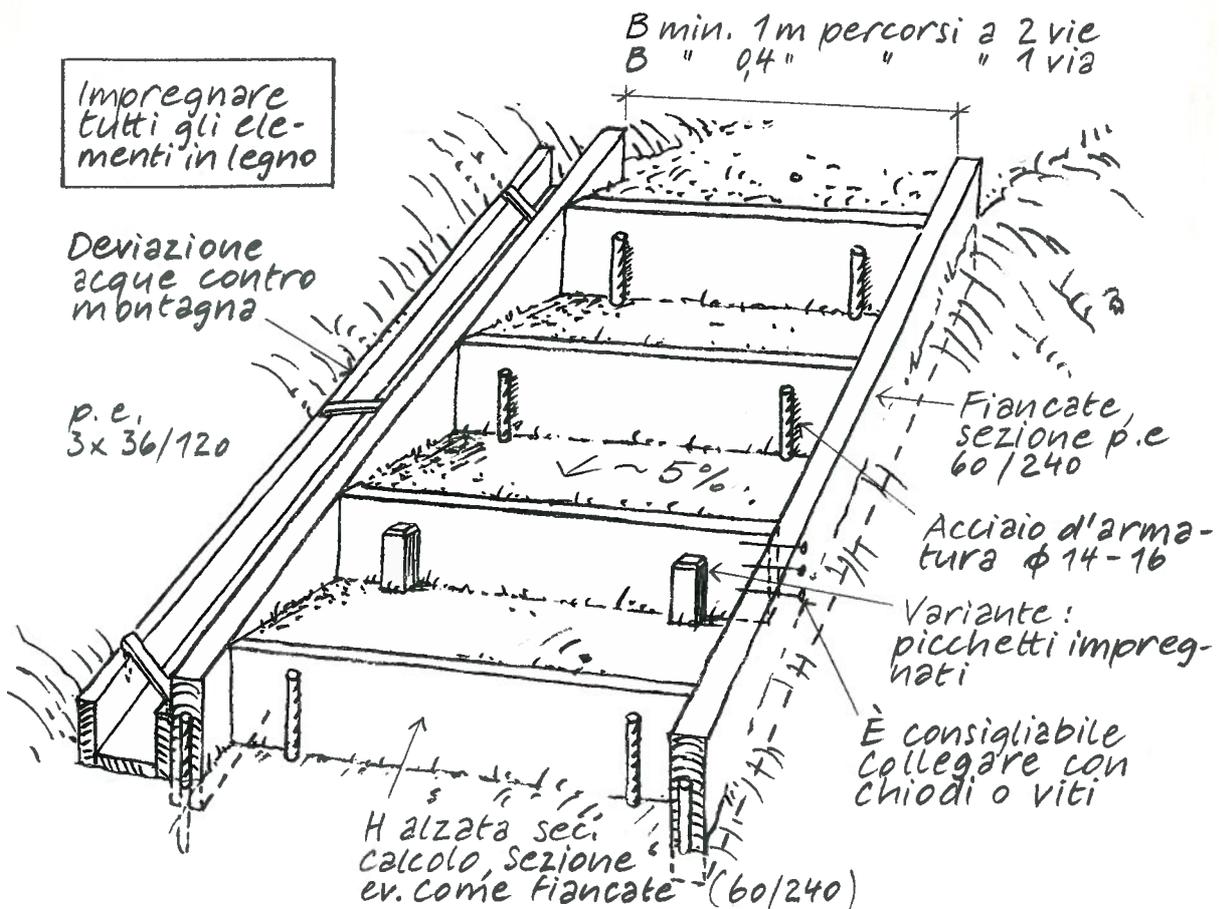
All'aperto le scale sono sovente meno inclinate di modo che le formule sopradescritte non sono sempre applicabili. L'alzata (h) e la pedata (t) vengono determinate dal terreno. Una minor pendenza del terreno comporta una minore alzata, ma essa non dovrebbe essere inferiore a 10 cm. Se le rampe sono lunghe si dovrebbe intercalare a seconda delle possibilità un pianerottolo ogni 10-15 gradini.

11.1. Scale nel terreno

Le scale nel terreno sono particolarmente esposte all'umidità del suolo. Per garantire la durabilità di questi manufatti è quindi fondamentale l'attuazione di efficaci misure di protezione del legno (cfr. cap. 5).

I rischi legati all'uso delle scale nel terreno sono di regola minimi. Nella maggior parte dei casi si può rinunciare al parapetto e a un allargamento del sentiero.

Esempio esecuzione tipo A



Esempio esecuzione tipo B

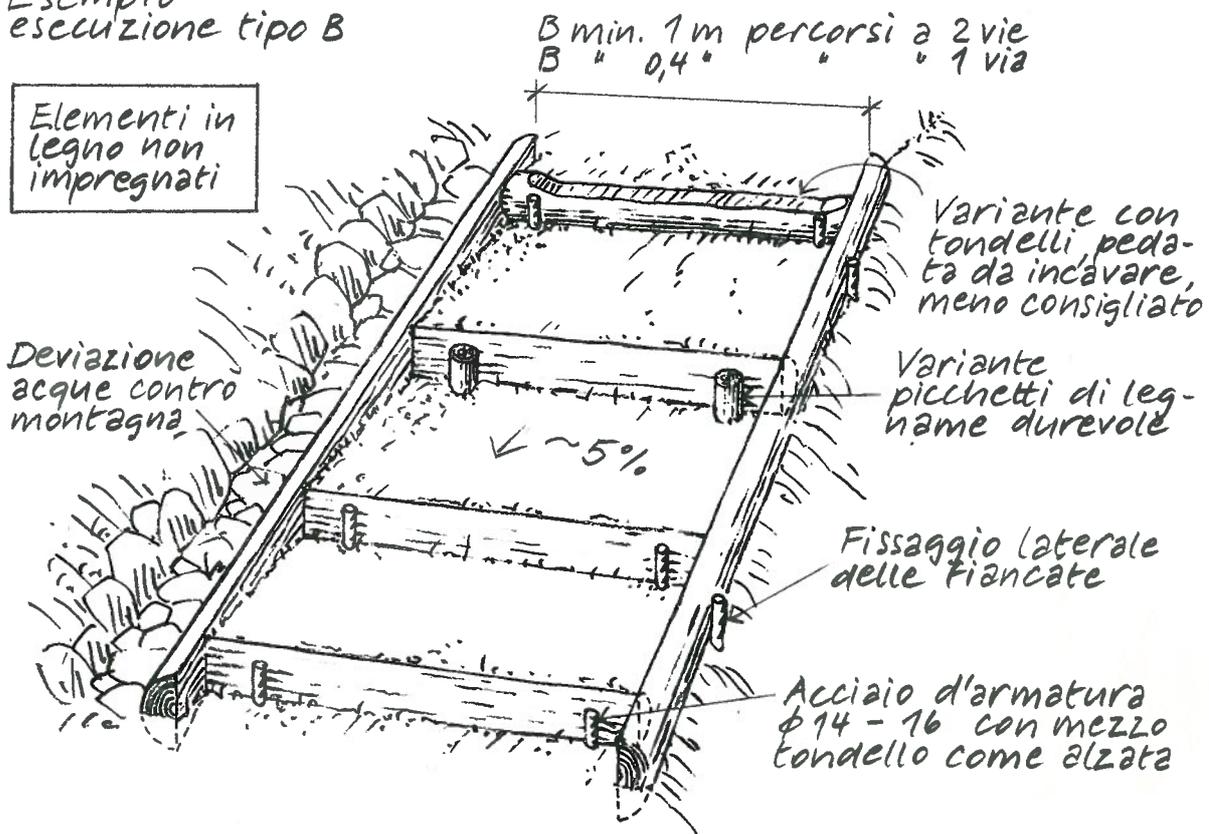


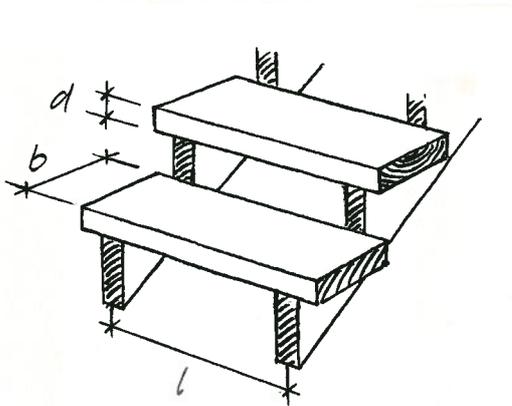
Fig. 11.2: Scale nel terreno

11.2. Scale libere

Dal profilo della loro portata e delle misure di protezione del legno le scale libere sono delle costruzioni simili ai ponti. I loro appoggi sono dunque dei punti critici. Se la scala è sollevata di poco rispetto al terreno e presenta una larghezza di almeno 80 cm si può rinunciare al parapetto. Nel caso di scale libere a una via è sufficiente di regola un parapetto su un unico lato.

Tabella 11.1.: spessori necessari per le tavole (mm) costituenti gli scalini in funzione della campata l e larghezza b

Larghezza b (mm)	Campata l (m)					
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
100	40	50	60	60	-	-
120						
140	36	40	50	50	60	60
160						
180	30	36	40	50	50	50
200						
220	30	36	36	40	50	50
240						
260	30	30	36	36	40	40
280						



Basi di dimensionamento

- Casi di carico ved. capitolo 7 (a seconda dell'altitudine risultano determinanti il carico utile o il carico della neve)
- Carico singolo 1 KN
- Fattore dinamico $\phi = 4.0$
- Valore base della tensione di flessione al bordo $\sigma_b = 10 \text{ N/mm}^2$
- Valore per carico di durata $cD = 1.4$
- Valore umidità del legno $cW = 0.8$

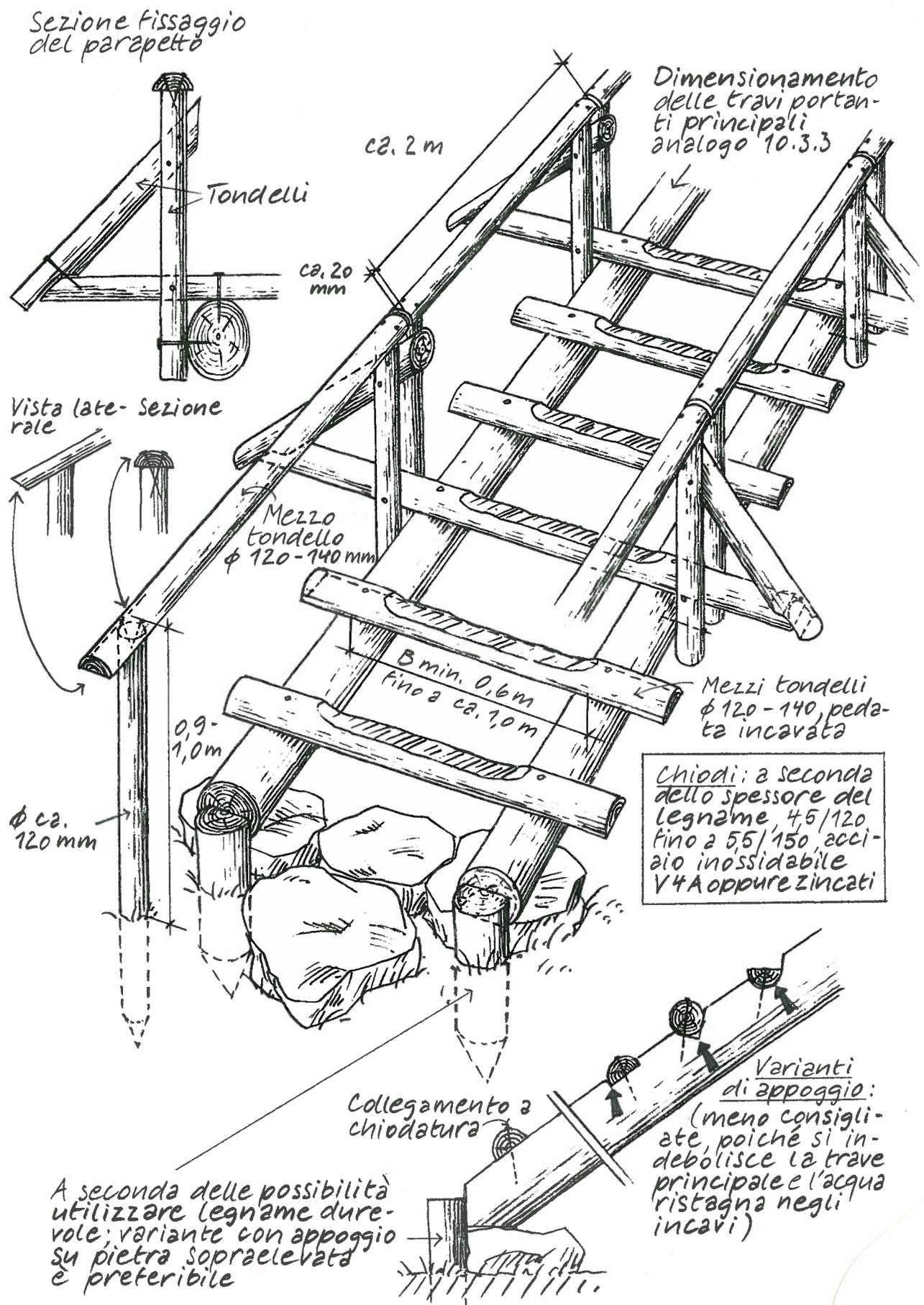
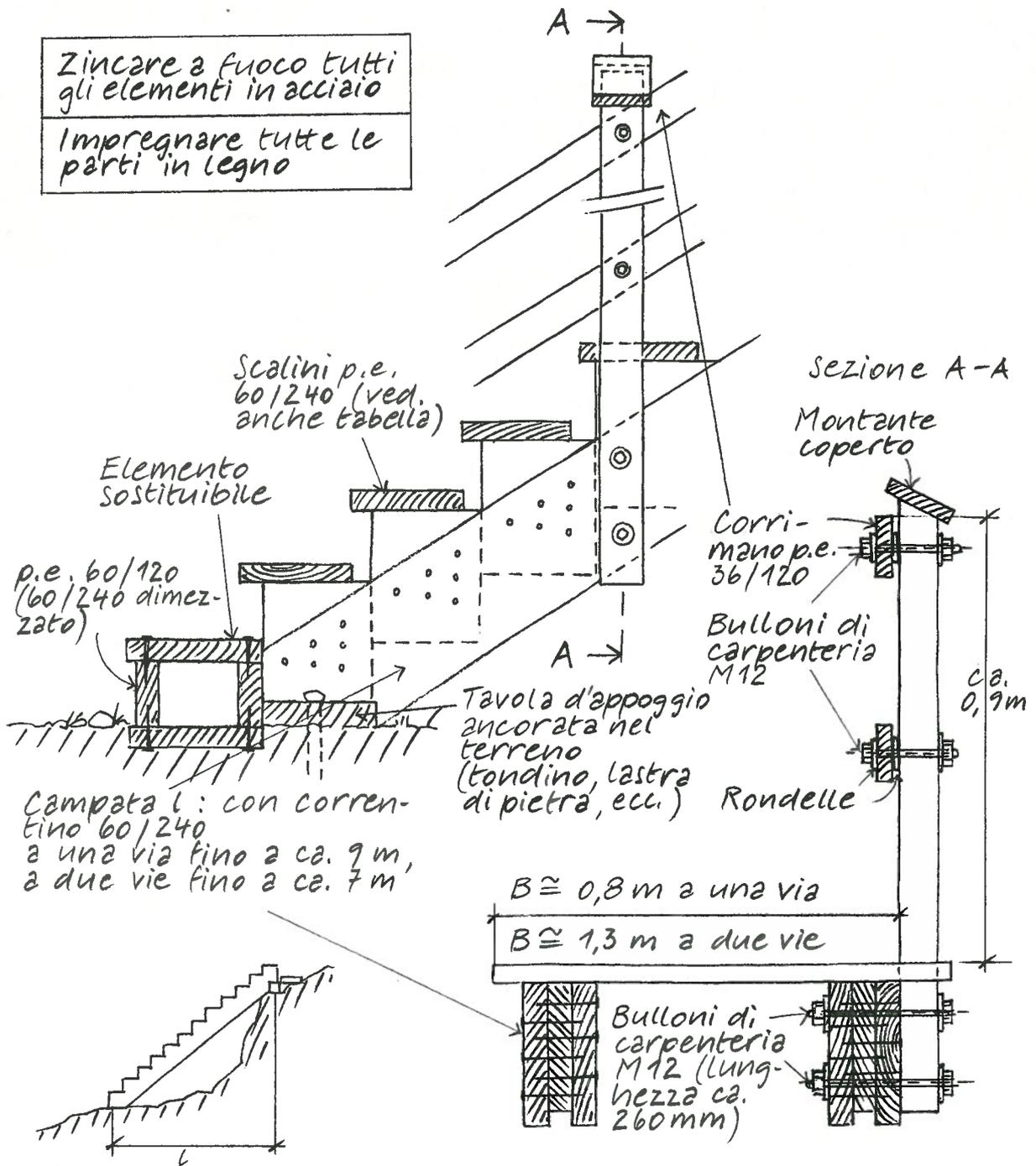
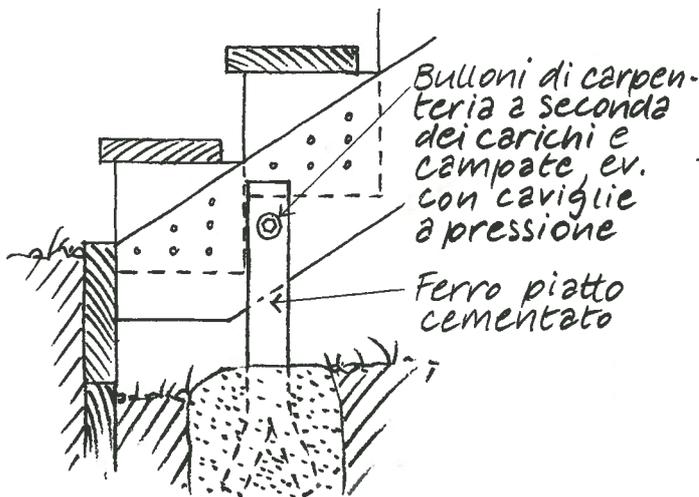


Fig. 11.3 : Esempio di scala libera, esecuzione tipo B

Zincare a fuoco tutti gli elementi in acciaio
 Impregnare tutte le parti in legno



Variante appoggio



Variante con tavola d'alzata p.e. 36/120

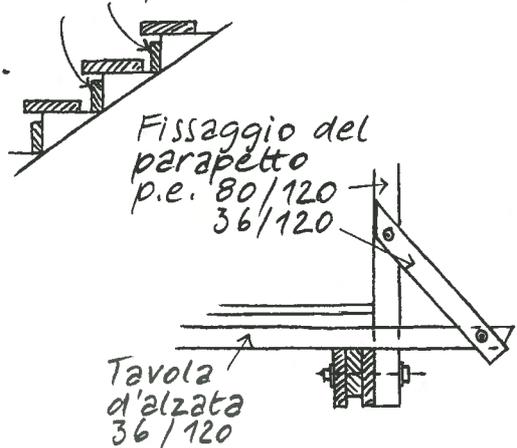
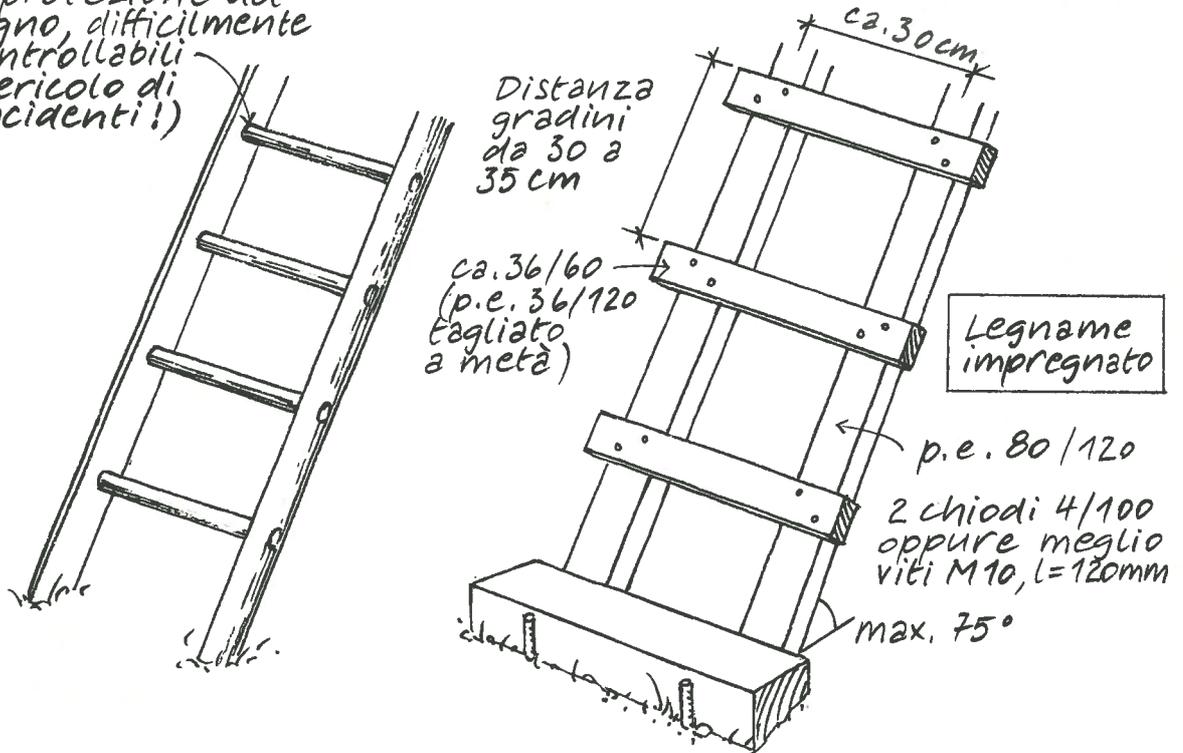


Fig. 11.4: Esempio di scala libera, esecuzione tipo A

11.3. Scale

Punti critici per la protezione del legno, difficilmente controllabili (pericolo di incidenti!)



Le scale a pioli sono sconsigliate per i sentieri

corretto

Su sentieri alpini scegliere di preferenza scale in acciaio

Fig. 11.5 : Scale (ved. anche scala della Fig. 11.3)

12. Opere di consolidamento del terreno

I sentieri e le loro costruzioni sono sovente minacciati dall'usura così come da scoscendimenti di terreno e dall'erosione dovuta alle acque stagnanti o di superficie. *L'erosione* minaccia particolarmente i terreni sprovvisti di una copertura vegetale protettiva, caso che si presenta sovente nell'ambito della sistemazione di sentieri. Altri terreni sono predisposti all'erosione a causa delle condizioni naturali (p.es. versanti ripidi e umidi, fulcri d'erosione nei pressi di torrenti); si possono sovente evitare grazie a un tracciato adeguato. Ulteriori misure di prevenzione e lotta contro l'erosione sono:

- Drenaggio (sotterraneo o superficiale)
- Lavori di consolidamento con l'ausilio della bioingegneria
- Opere di sostegno composte da blocchi, gabbioni, cassoni in legno o in calcestruzzo.

Il legno trova un vasto campo d'applicazione *nel quadro dei metodi della bioingegneria*. Le costruzioni di consolidamento in legno possono essere concepite per esercitare una funzione di sostegno temporanea fino al momento in cui il terreno risulta sufficientemente consolidato tramite le radici delle piante. In questi casi si auspica pure un deterioramento dei manufatti e con ciò una loro facile eliminazione. L'impiego del legno è limitato in caso di sollecitazioni e rischi elevati (p.es. scoscendimenti o smottamenti estesi, importanti opere di difesa contro le alluvioni, muri di sostegno di grosse dimensioni, ecc.), ma queste situazioni si presentano solo raramente nell'ambito della costruzione di sentieri.

12.1. Consolidamento del terreno

12.1.1. Drenaggi

Le precipitazioni di lunga durata o l'abbondanza delle acque di scioglimento della neve sono la causa principale dei franamenti superficiali, delle colate di fango o dell'asportazione di materiale. La misura di lotta più efficace consiste nell'evacuare le acque il più rapidamente possibile e in modo sicuro sia in superficie che sotto terra, grazie a *tubi di drenaggio* perforati in calcestruzzo o di plastica. Un'altra possibilità consiste nella posa di materiali permeabili quali ciottoli, ghiaia lavata o calcestruzzo poroso.

Per l'*evacuazione superficiale* esistono numerosi tipi di canali (14). Nella maggior parte dei casi, sui sentieri è sufficiente una semplice deviazione delle acque, in caso di bisogno completata con misure di bioingegneria. Nel terreno a pendenza ridotta e per delle deboli portate sono sufficienti dei fossati scavati manualmente; il pericolo d'erosione viene diminuito lasciando crescere la vegetazione. Nel terreno a forte pendenza è necessario prevedere dei canali rivestiti con pietrame o dei canali in legno.

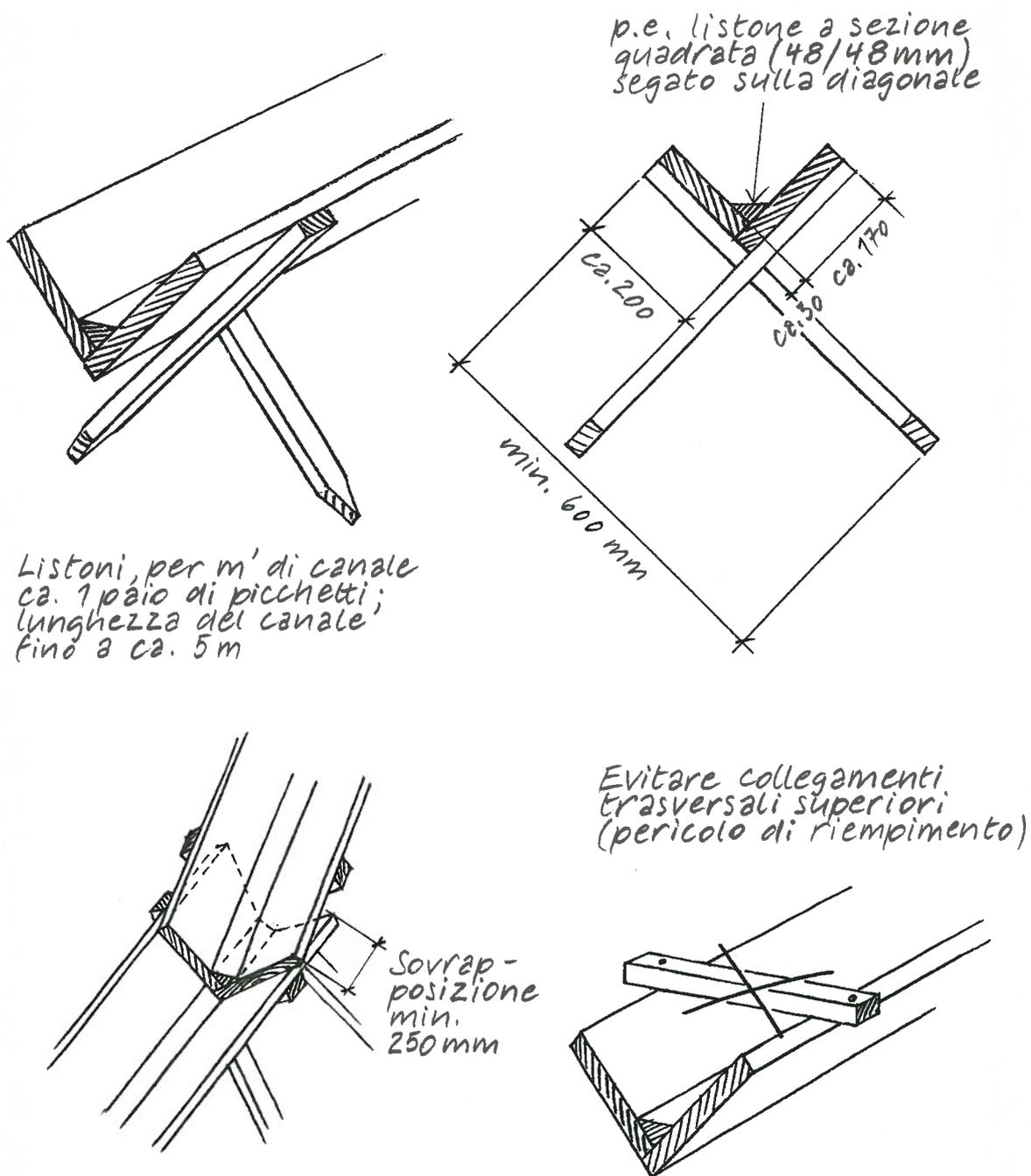


Fig. 12.1 : Costruzione di un canale in legno, sezione a V

Abitualmente i canali in legno con sezione a V vengono costruiti inchiodando assieme due tavole non trattate. Questa semplice costruzione permette una facile sostituzione di elementi marcescenti o danneggiati. In luoghi discosti e difficilmente accessibili risulta talvolta utile l'utilizzo di legname impregnato.

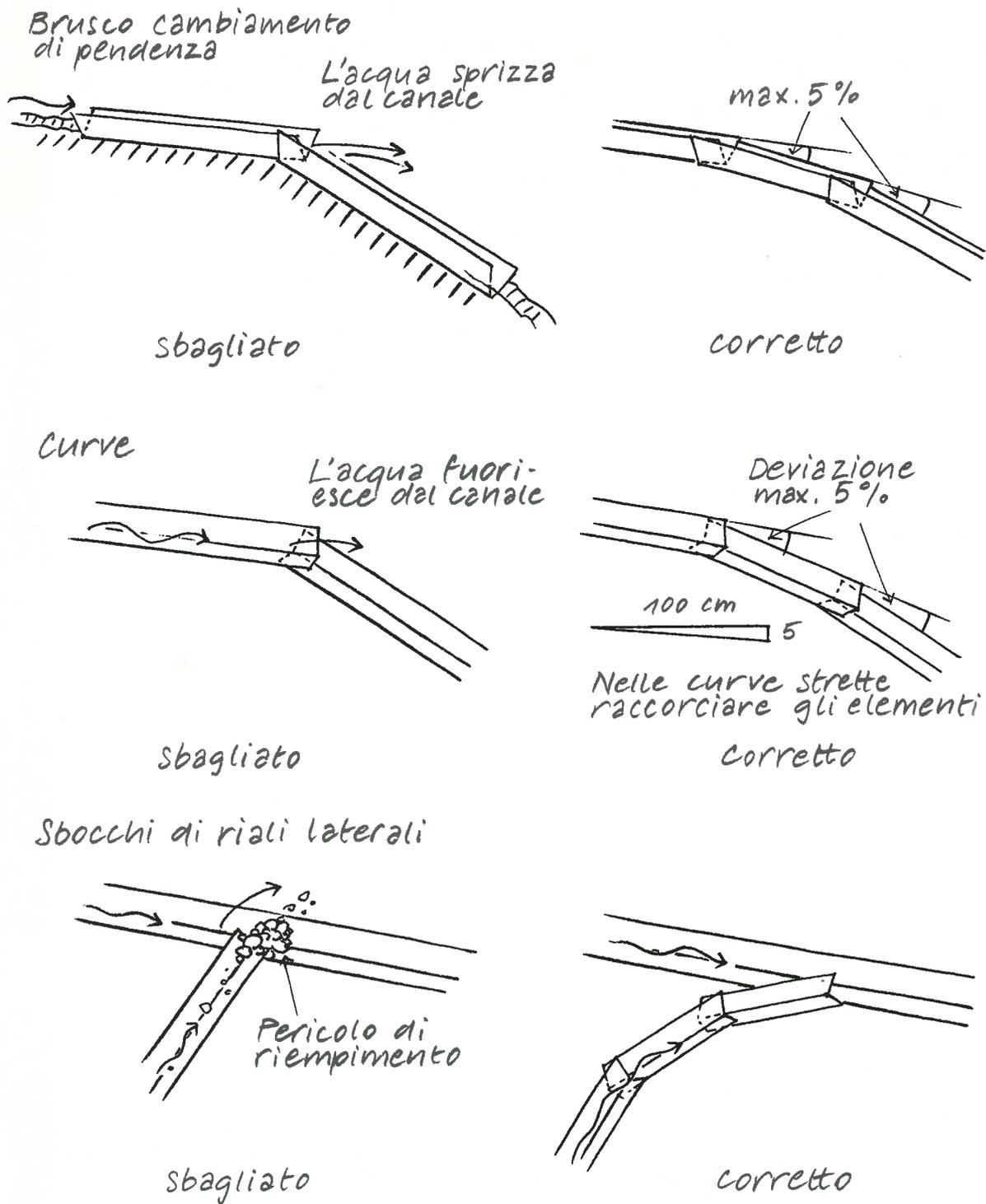


Fig. 12.2: Sistemi di costruzione per drenaggio

Nel caso di piccoli smottamenti del terreno sono già sufficienti delle semplici misure di bioingegneria come la piantagione di *talee di salice*. Queste piante a rapida crescita stabilizzano il terreno con il loro apparato radicale molto sviluppato, contribuendo alla regolazione del regime idrico. Se il drenaggio interessa un'area molto estesa si consiglia di consultare uno specialista (forestale, ev. ingegnere forestale o rurale).

La manutenzione e la pulizia dei drenaggi richiedono un'attenzione particolare, specialmente dopo violenti temporali, in autunno inoltrato o in primavera onde liberare i canali da fogliame o frasche che ostacolano lo scorrimento regolare delle acque piovane e di scioglimenti delle nevi. Solo un drenaggio permanente combatte efficacemente l'erosione.

12.1.2. Cassoni in legno

Laddove la protezione naturale contro l'erosione tramite la vegetazione e i drenaggi non risulta più soddisfacente, i franamenti e altri movimenti del terreno vengono impediti mediante opere di sostegno sotto forma di muri in beton, gabbioni o cassoni in legno. Quest'ultimi sopportano senza danni gli assestamenti del terreno e sono quindi particolarmente adatti per suoli in movimento (argillosi) con difficili condizioni di fondazione. La loro costruzione aperta permette la posa di letti di talee, le cui radici sono in grado di consolidare il materiale di riempimento. L'intera opera agisce dunque come un muro a gravità. Nei terreni a pendenza moderata la sostituzione della costruzione in legno è di regola superflua, in quanto le radici delle piantine consolidano sufficientemente il terreno.

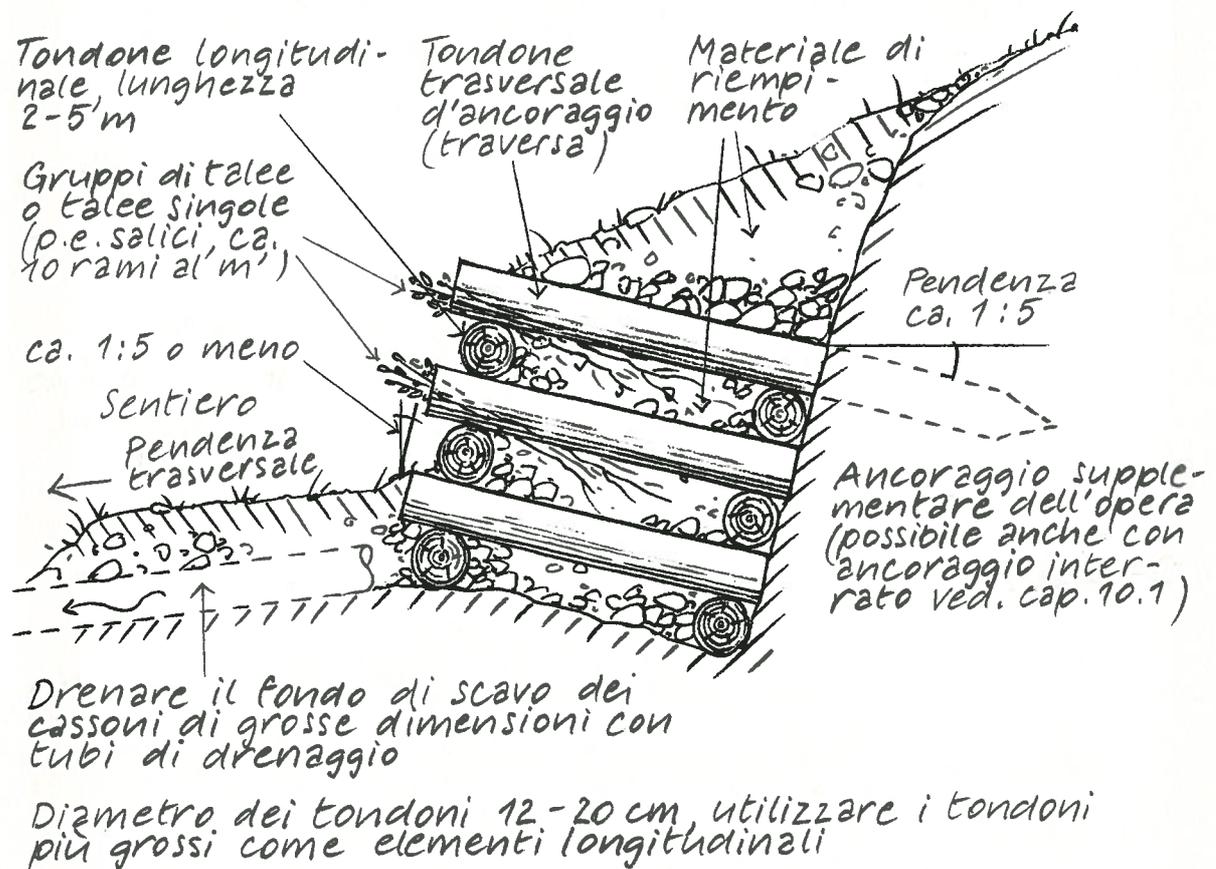
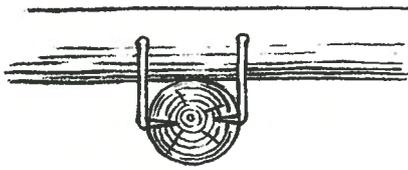
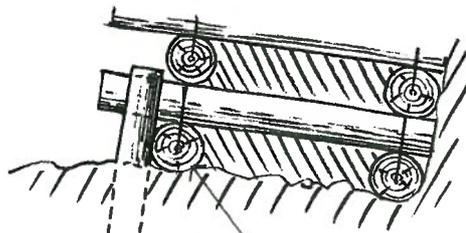
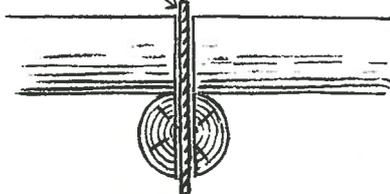


Fig. 12.3 : Caratteristiche di un'opera di sostegno con cassoni in legno

Grappe ad angolo

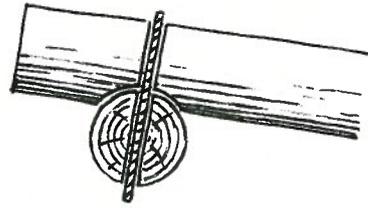


Tondini d'armatura
 ϕ 14 - 16 mm

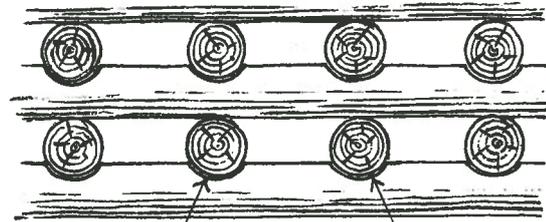


Il tondone longitudinale interno può essere consolidato con un paletto

Miglioramento del collegamento grazie all'intaglio della traversa



Gli intagli dei tondoni longitudinali non sono indicati dal profilo della protezione del legno



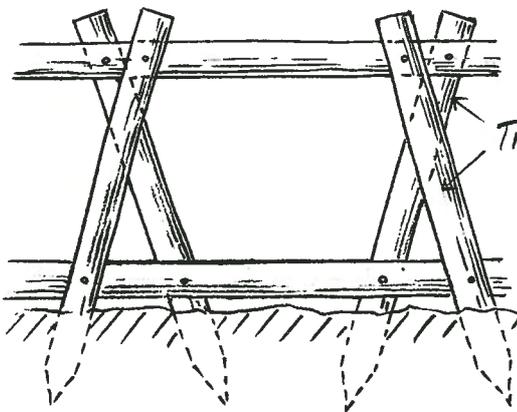
Indebolimento della sezione

Ristagno di acqua

Fig. 12.4: Varianti di collegamento dei cassoni in legno

Pianta

Disposizione incrociata o Disposizione alternata



Traverse

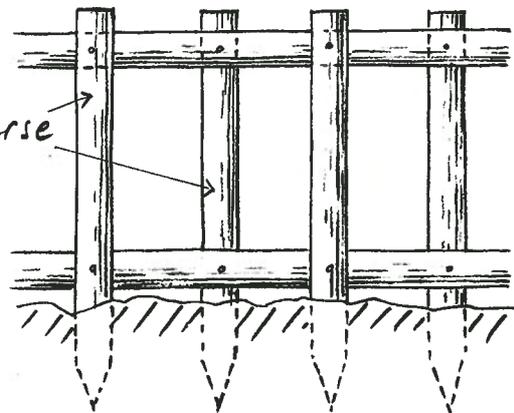


Fig. 12.5: Rafforzamento dell'ancoraggio per i cassoni in legno

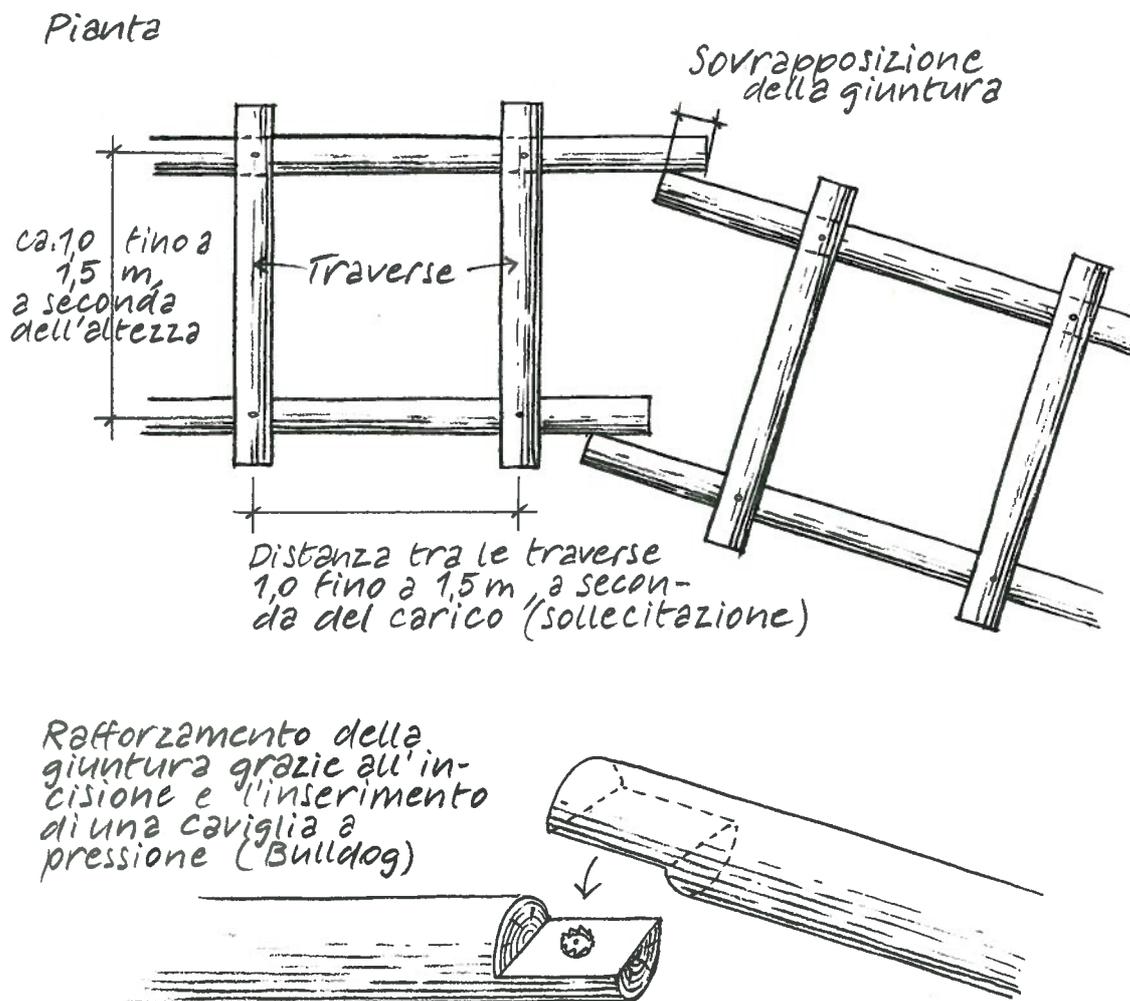
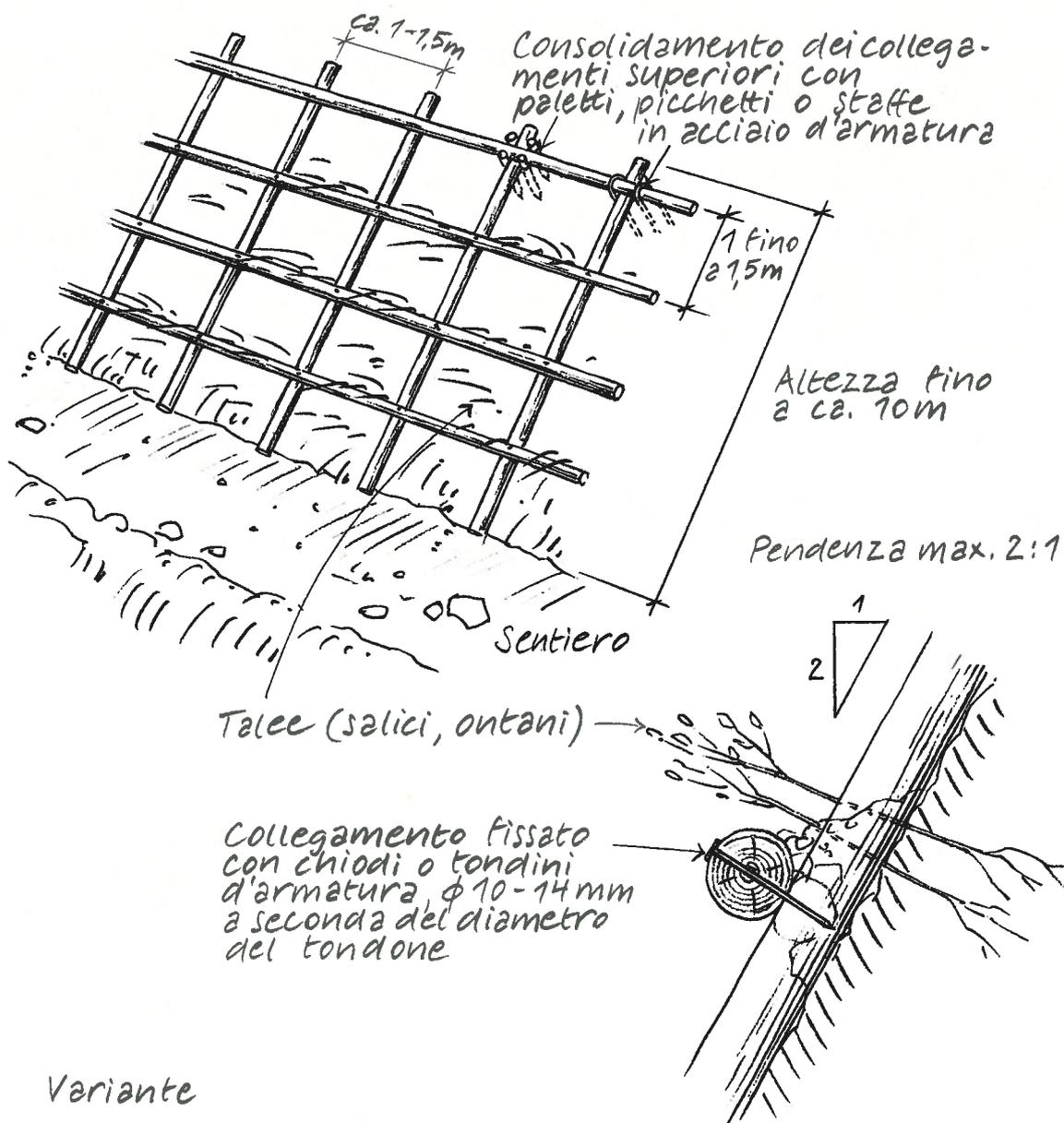


Fig. 12.6 : Formazione degli angoli dei cassoni in legno

12.1.3. Griglie di stabilizzazione

L'erosione superficiale di ripide scarpate può essere evitata tramite una griglia di stabilizzazione. Si tratta di una griglia composta da tondoni o da ferri d'armatura che viene posata e fissata sul terreno. All'interno delle maglie vengono poi piantate talee di salice o d'ontano che assumono la funzione di stabilizzazione a decomposizione del legno avvenuta.



Variante

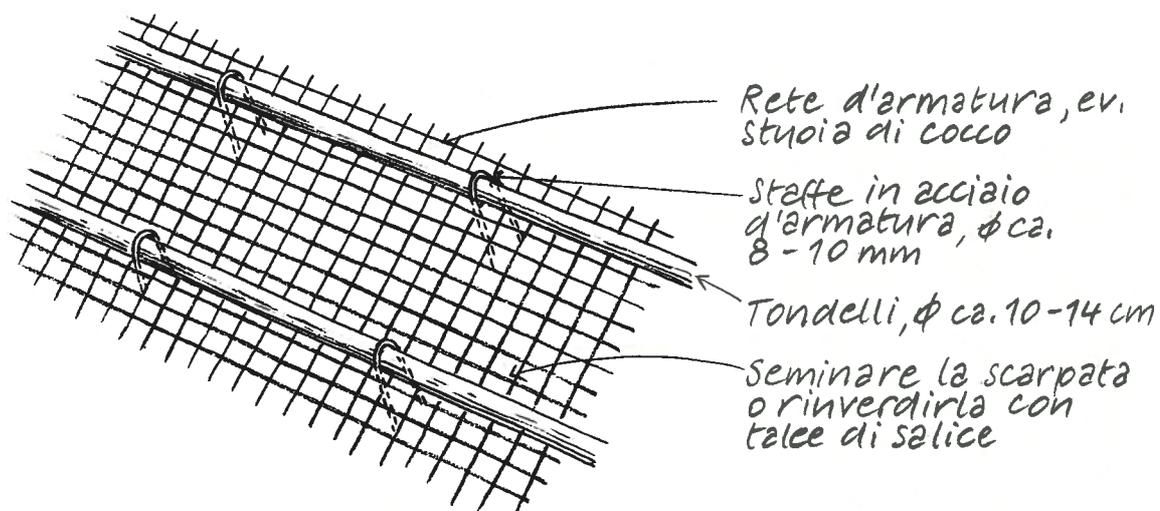


Fig. 12.7 : Costruzione di griglie di stabilizzazione

12.1.4. Fascine, graticciate e letti di talee

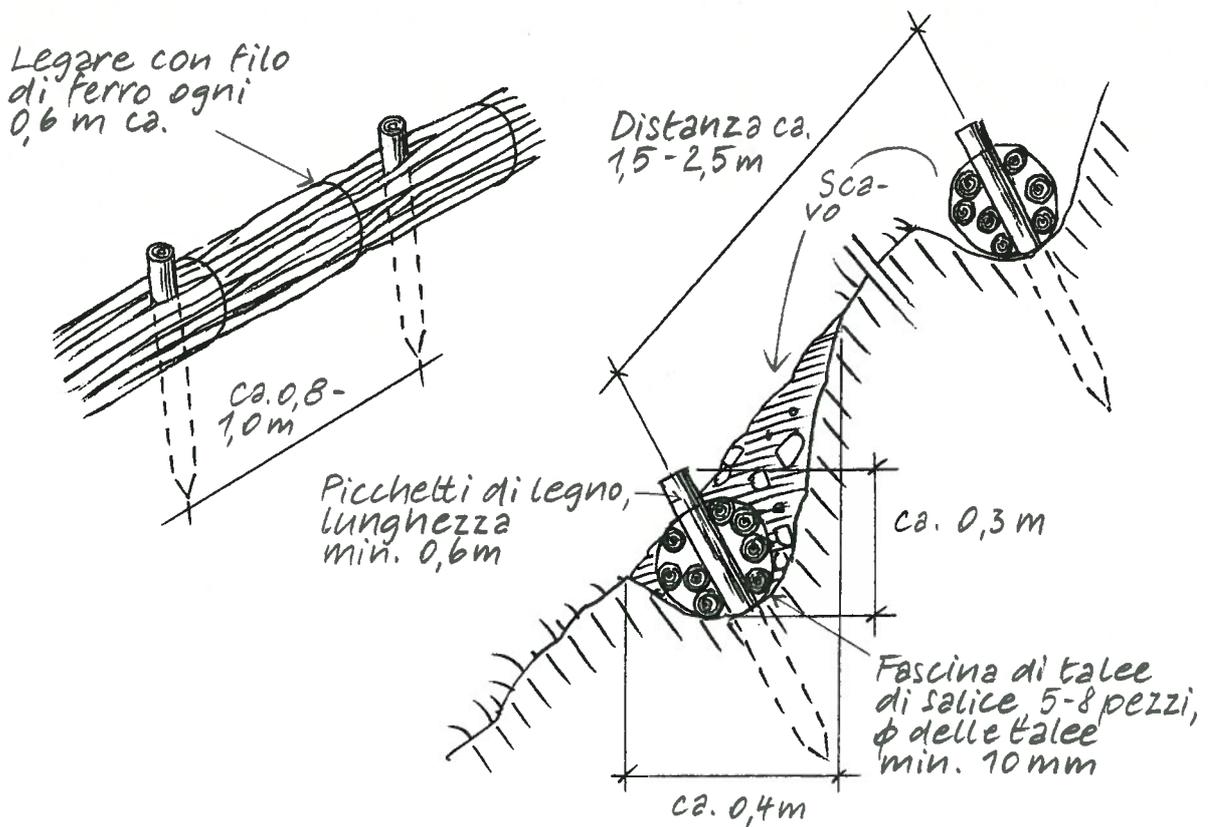
Le fascine e le graticciate sono composte da picchetti e talee di specie a facoltà pollinifera (cfr. fig. 12.8). Le *graticciate* impediscono l'asportazione superficiale del materiale terroso immediatamente dopo la loro costruzione. Nel corso del tempo anche le radici che vi si sviluppano svolgono un'azione stabilizzante.

Per drenare simultaneamente una scarpata umida si procede alla posa di *fascine* disposte obliquamente. Sulle scarpate secche le fascine vengono invece disposte orizzontalmente in modo da trattenere l'acqua piovana. Contrariamente alle graticciate, le fascine impediscono l'erosione superficiale solo dopo un certo periodo, ma agiscono in seguito a una maggiore profondità.

I letti o gruppi di talee richiedono minor lavoro rispetto alle fascine e graticciate, ma il successo non è sempre garantito. Nelle stazioni secche si deve procedere rapidamente al riempimento dei gradoni con un successivo costipamento del materiale. Nei versanti umidi è consigliata la disposizione inclinata dei gradonamenti, affinché l'acqua possa facilmente defluire.

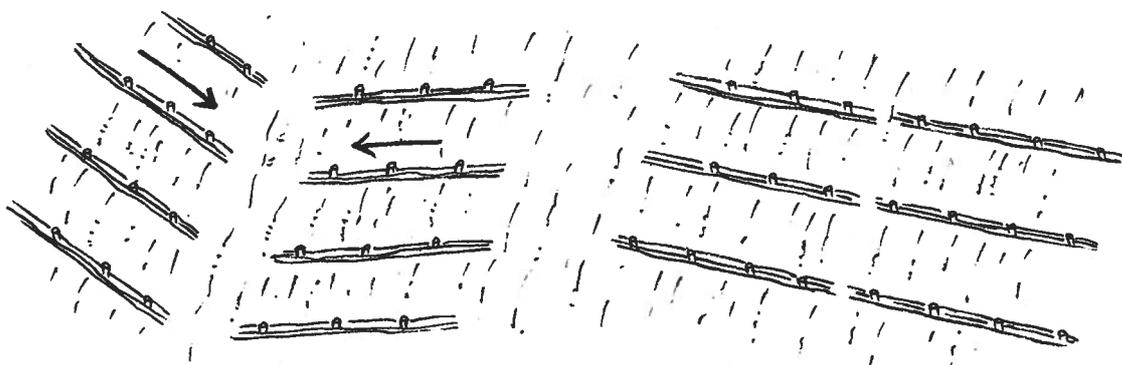
Il metodo più a buon mercato per consolidare il suolo consiste nella piantagione di talee di salice (a seconda della stazione, da 4 fino a 10 pezzi al m²). Sui ripidi pendii risulta vantaggioso piantare le talee con un piccolo angolo d'inclinazione in modo da evitare i danni derivanti da scivolamenti da neve.

I lavori di bioingegneria sono da eseguire solo durante il periodo di riposo della vegetazione, ossia tra l'autunno inoltrato fino all'arrivo della primavera. Le talee devono essere prelevate da stazioni identiche a quelle previste per la piantagione. Maggiori ragguagli in merito possono essere ottenuti consultando i forestali. In generale i salici (p.es. salice purpureo, grigio, nero e salicene) e gli ontani (nero, bianco o verde) sono poco esigenti nei confronti della stazione e assicurano un rapido sviluppo dell'apparato radicale.



Fasi realizzative: ① Scavare il fossato ② Posare le fascine ③ Conficcare i picchetti ④ Riempire il fossato con il materiale di scavo del gradone susseguente (si procede dal basso verso l'alto)

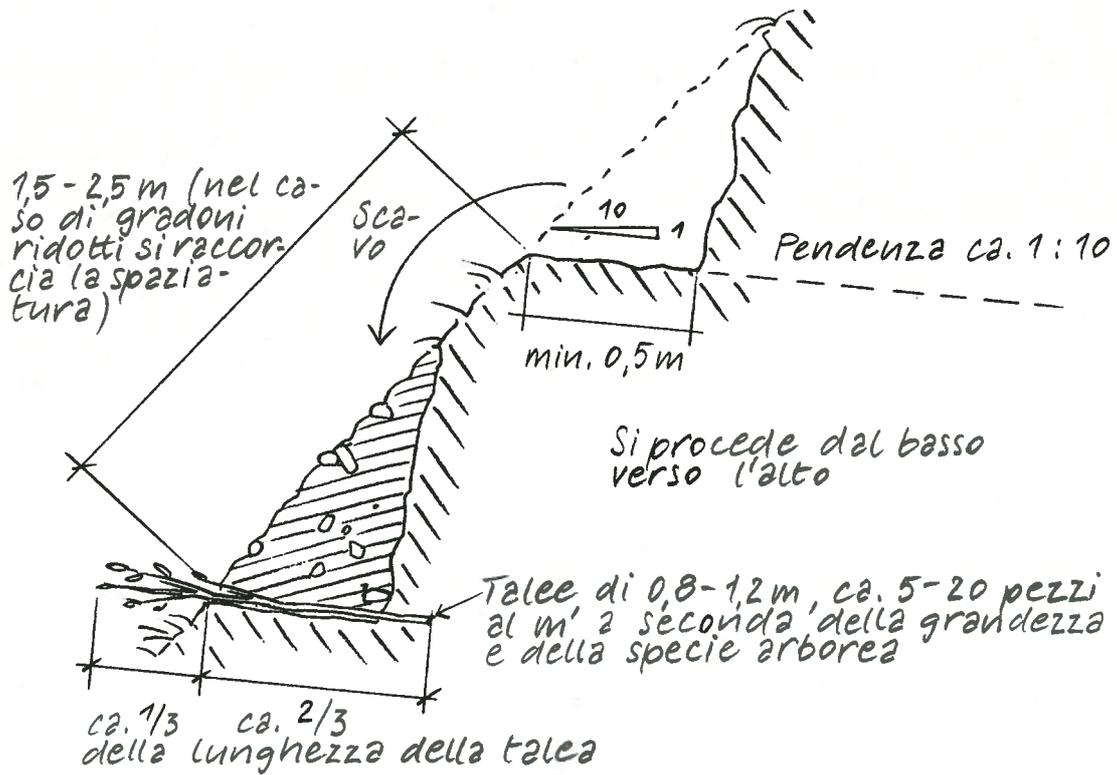
Disposizione delle fascine (prospetto)



Con la disposizione inclinata viene facilitato il drenaggio della scarpata

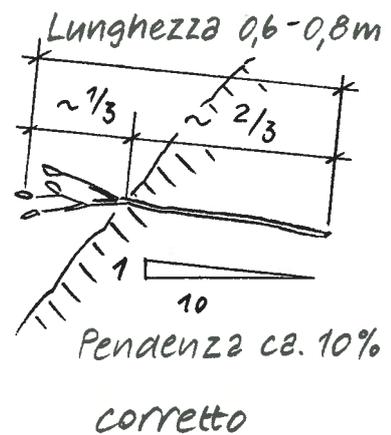
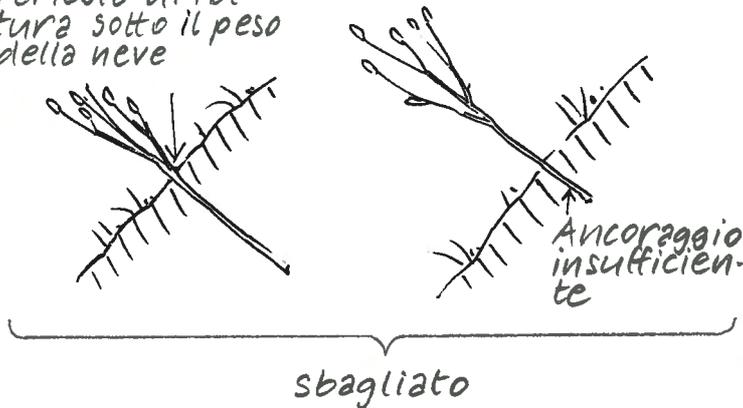
La disposizione orizzontale provoca invece un ristagno d'acqua

Fig. 12.8 : Posa e disposizione delle fascine



Piantazione di talee

Pericolo di rottura sotto il peso della neve



Talee di salice nei muri ciclopici

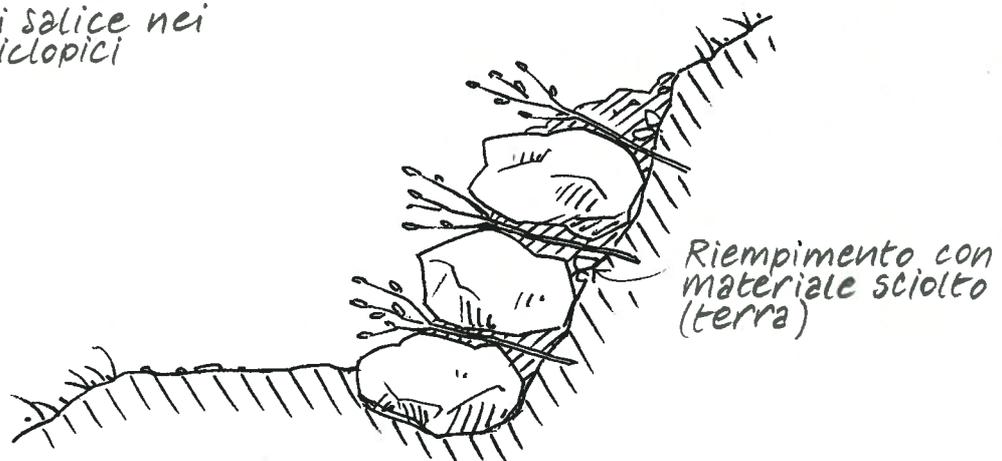


Fig. 12.9 : Piantazione di gruppi di talee e di singole talee

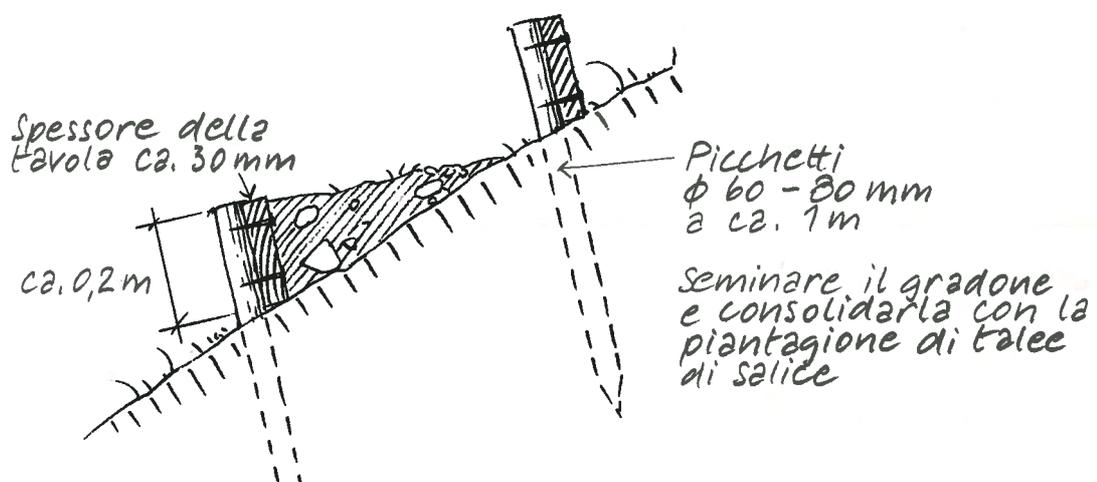
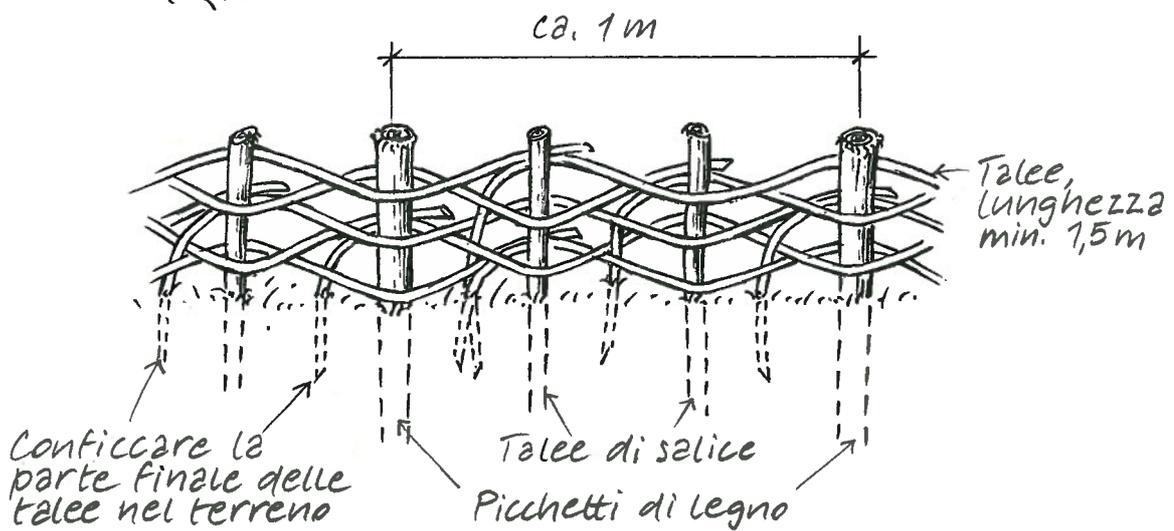
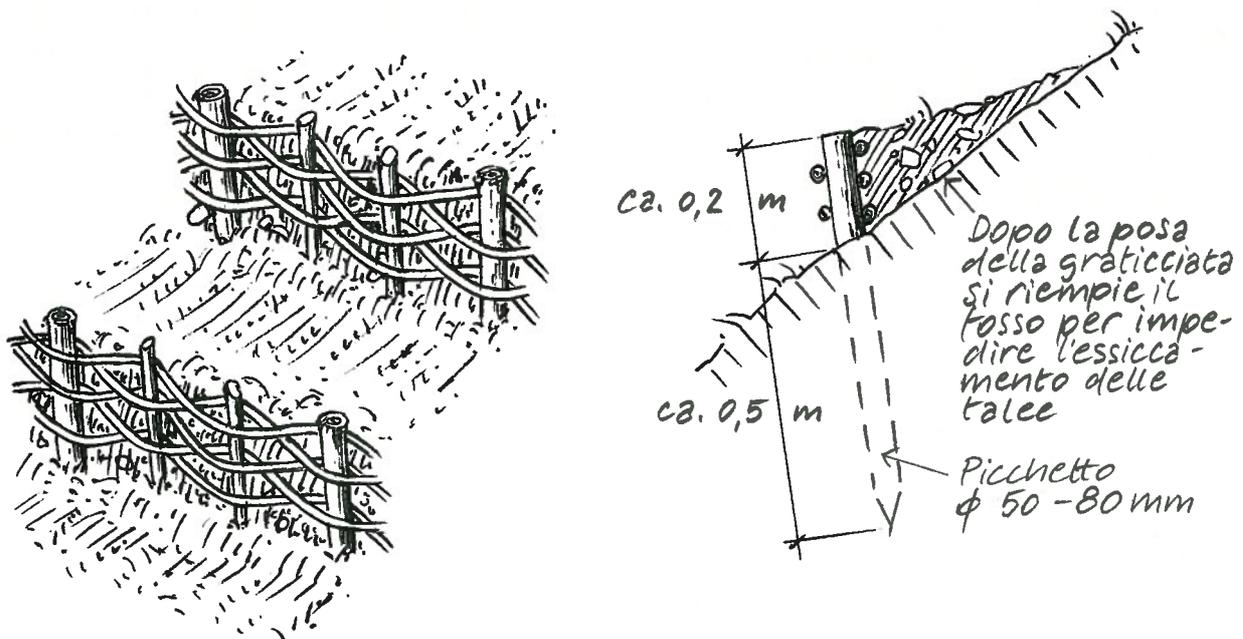


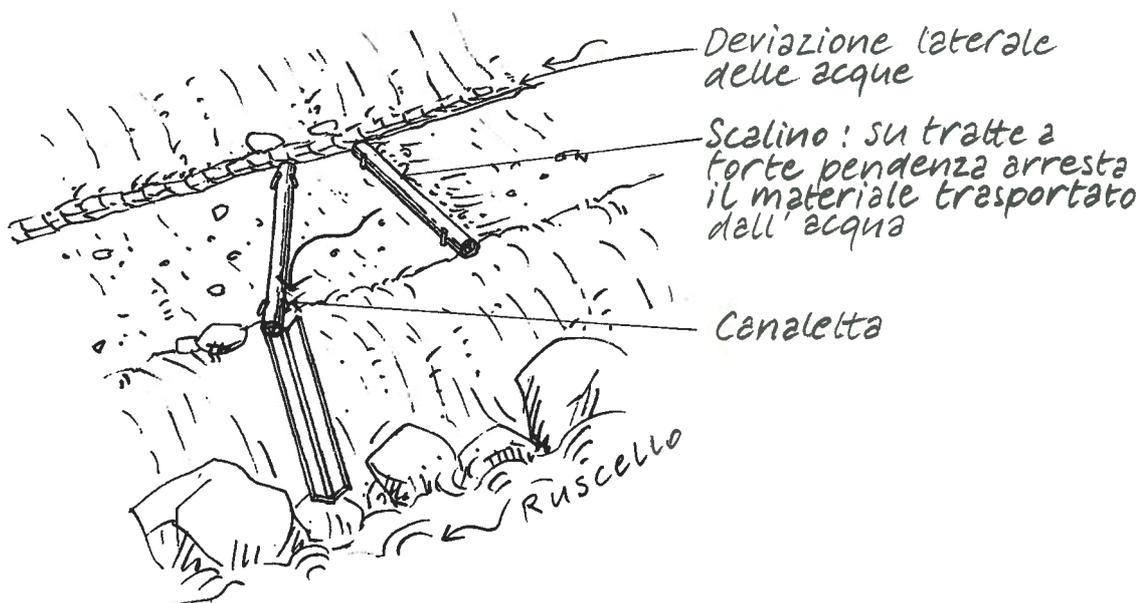
Fig. 12.10 : Costruzione di graticciate e di gradonamenti con tavole di legno

12.2. Protezione del sentiero

Non solo i dintorni del sentiero, bensì il sentiero stesso deve essere protetto contro importanti assestamenti e l'asportazione di materiale. Queste misure protettive si suddividono in costruzioni di sostegno e di deviazione delle acque.

12.2.1. Canalette e deviazione laterale

Semplici deviatori d'acqua o canalette hanno il compito di evacuare trasversalmente l'acqua che scorre lungo il sentiero. L'acqua di superficie proveniente dalle scarpate viene raccolta nelle deviazioni laterali ed evacuata verso valle tramite canalette o tubi di scarico. Nei terreni sabbiosi o argillosi e poco permeabili (p. es. Flysch), un'evacuazione difettosa delle acque rischia di provocare importanti fenomeni d'erosione. In questi casi l'acqua deve essere deviata per mezzo di fossati o canali in legno verso un vicino torrente, un'avvallamento o un terreno resistente all'erosione.



Fissaggio

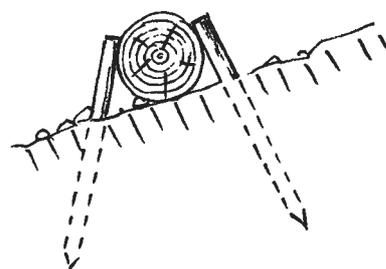
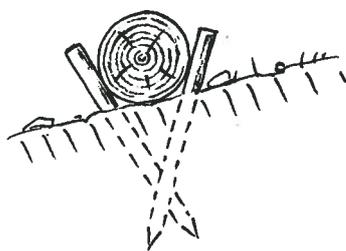
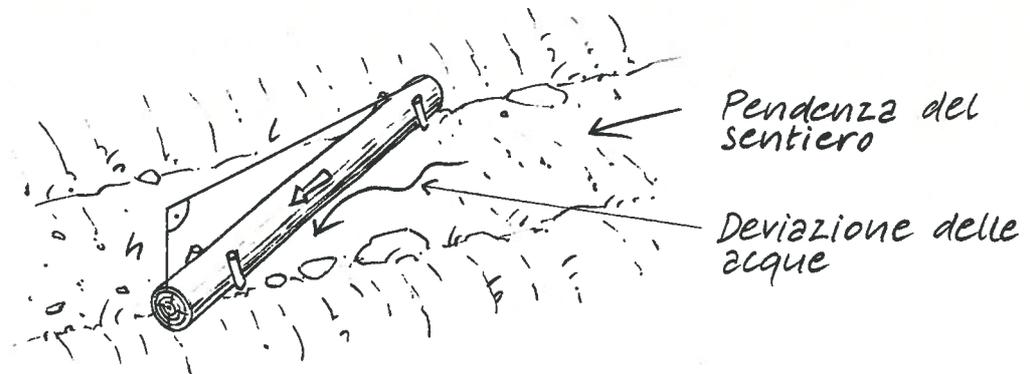


Fig. 12.11a: Costruzione di semplici deviatori d'acqua (esecuzione tipo B)

Pendenza consigliata (↙)

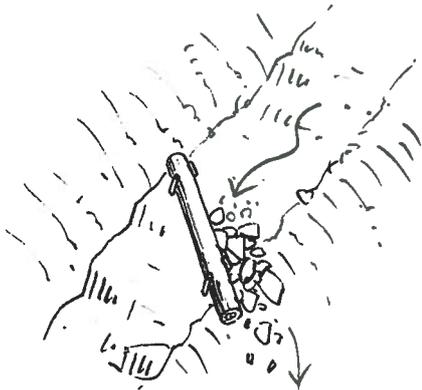
$$s = h/l = \text{ca. } 5\%$$



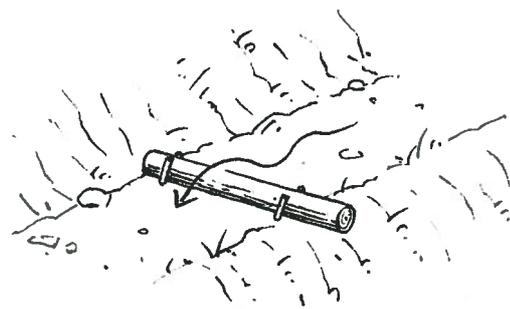
Particolarmente sfavorevoli sono :

su sentieri ripidi

su sentieri pianeggianti

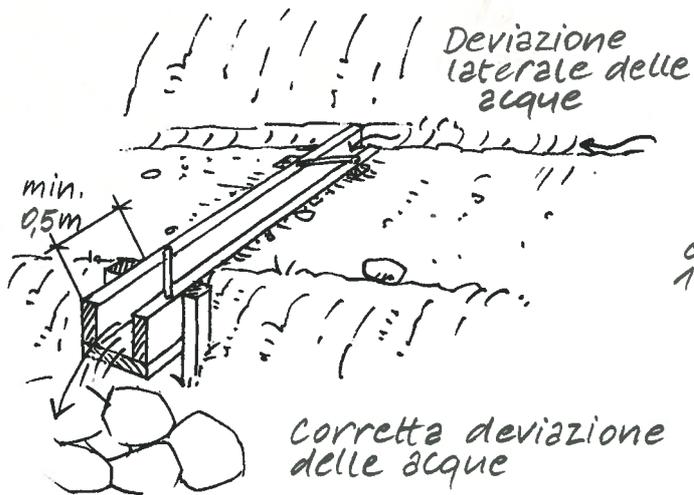


Asportazione di materiale
con deviatori troppo
inclinati

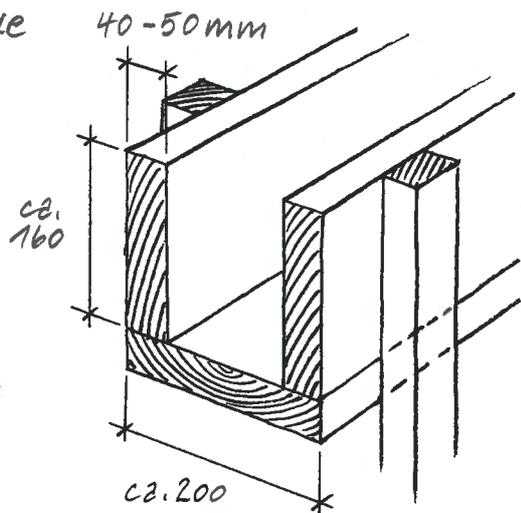


Superamento del deviatore
a seguito della sua pendenza
ridotta

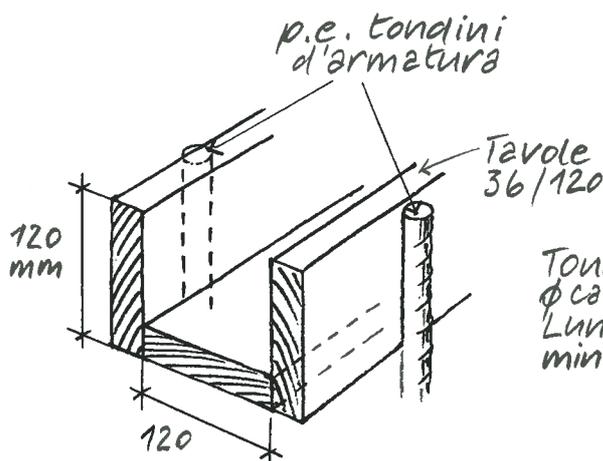
Fig. 12.11 b: Costruzione di semplici deviatori d'acqua
(esecuzione tipo B)



Pulire regolarmente le canalette

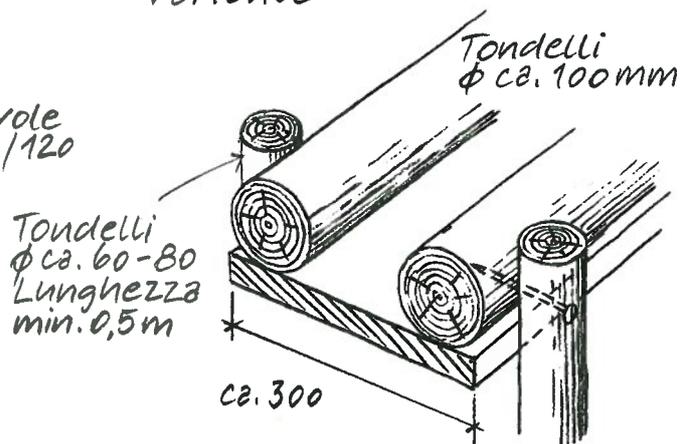


Canalette per forti portate e sentieri larghi oltre 2 m



Sezione per strade e sentieri larghi con tavole impregnate delle passerelle standard

Variante

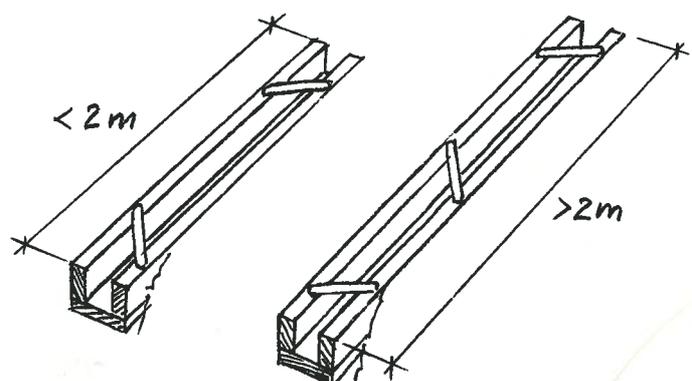


Canalette con tondelli e tavole, utilizzabile anche per deviazione acque laterali o come canale

Disposizione delle grappe



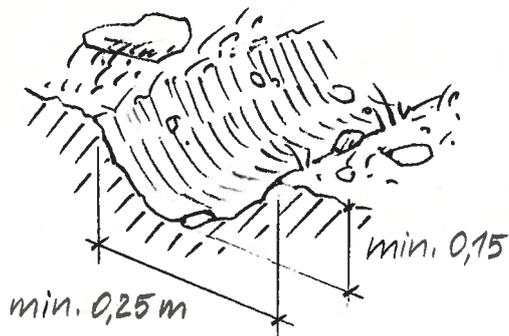
sbagliato



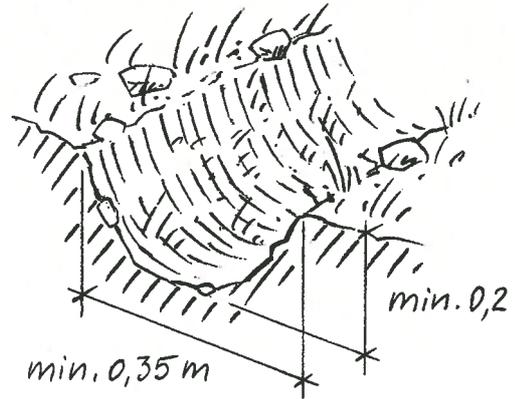
corretto

Fig. 12.12: Canalette trasversali per sentieri larghi

Pendenza ridotta

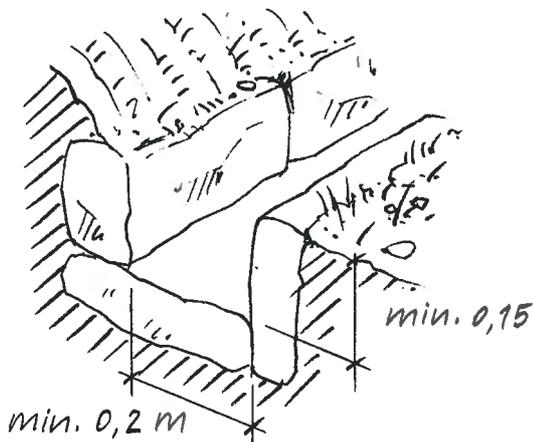


Pendenza media



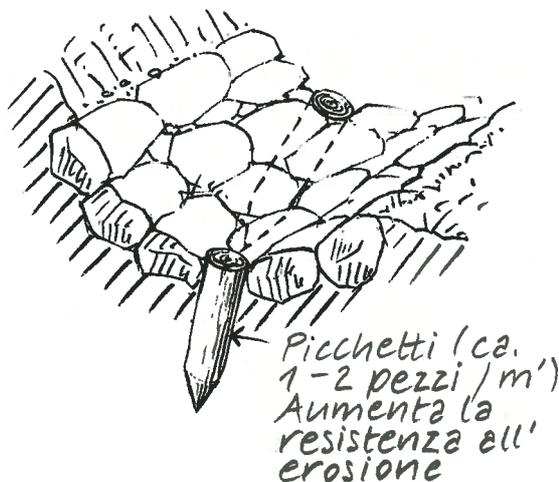
Canale rivestito d'erba, da tagliare periodicamente

Forte pendenza



Rivestimento con pietrame adatto (risulta parzialmente autopulente)

Variante 1: Canale rivestito con pietrame



Variante 2: Canali in legno

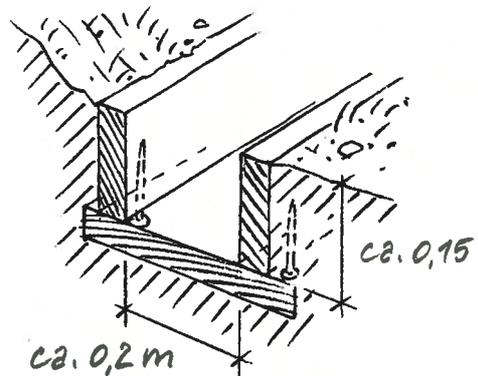


Fig. 12.13: Deviazione laterale delle acque

12.2.2. Attraversamento di zone umide

I passaggi su tondelli permettono di superare comodamente i tratti umidi e le zone torbose. Le indicazioni riguardanti il miglioramento della rugosità (aderenza) sono contenute nel capitolo 10.3.4.

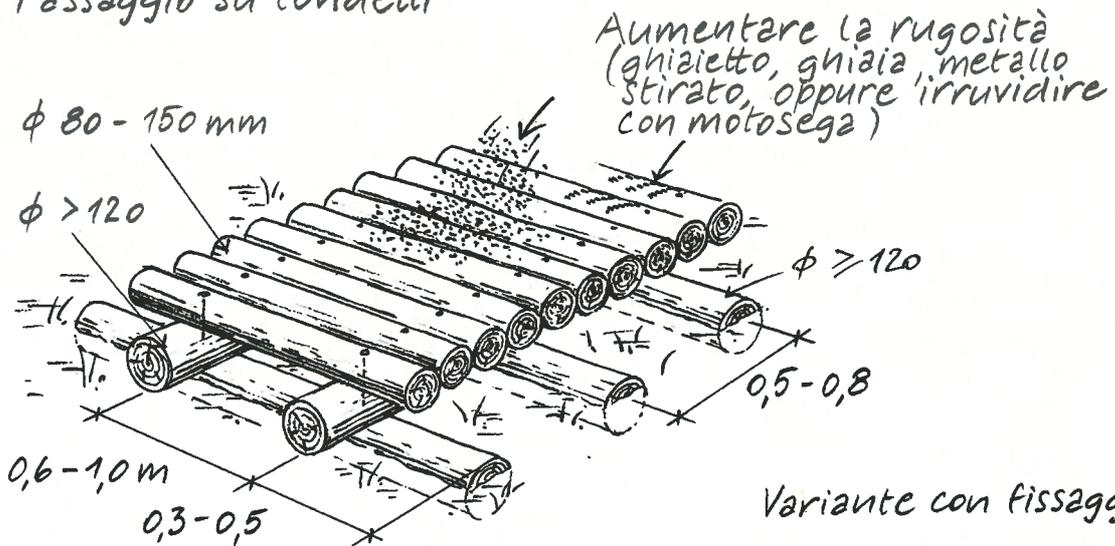
12.2.3. Gradini antierosione e consolidamento del bordo

I gradini antierosione e i consolidamenti del bordo proteggono il sentiero contro l'erosione e migliorano il comfort dei fruitori. Se queste costruzioni vengono eseguite con piastre in pietra o piccoli blocchi di roccia, risultano particolarmente durevoli. Laddove questi materiali non sono disponibili si possono utilizzare dei tondelli o delle tavole (impregnate o di legname durevole).

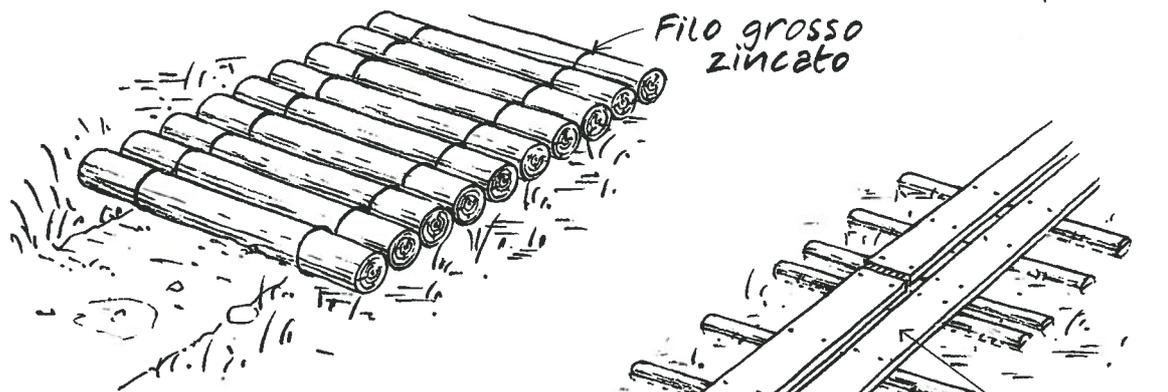
Per i consolidamenti del bordo, l'impiego di tondelli dimezzati non presenta nessun vantaggio tecnico. Un'attenzione particolare deve essere rivolta al corretto fissaggio dei lunghi tondelli conici e dell'utilizzo di elementi e picchetti sufficientemente dimensionati (almeno 150 mm di diametro per la parte finale più sottile delle traverse).

I consolidamenti del bordo verso valle devono essere eseguiti, ancorati e assicurati con picchetti prima del riempimento con materiale terroso. Se si utilizzano parecchi tondelli conici, gli stessi devono essere fissati assieme per mezzo di cavi, fasce d'acciaio, ecc. In questo modo si evita un sovraccarico delle parti sottili e non fissate dei tondelli e si impedisce inoltre il dilavamento della terra dagli interstizi troppo grandi.

Passaggio su tondelli



Tappeto di tondelli



Attraversamento di zone torbose con tavole

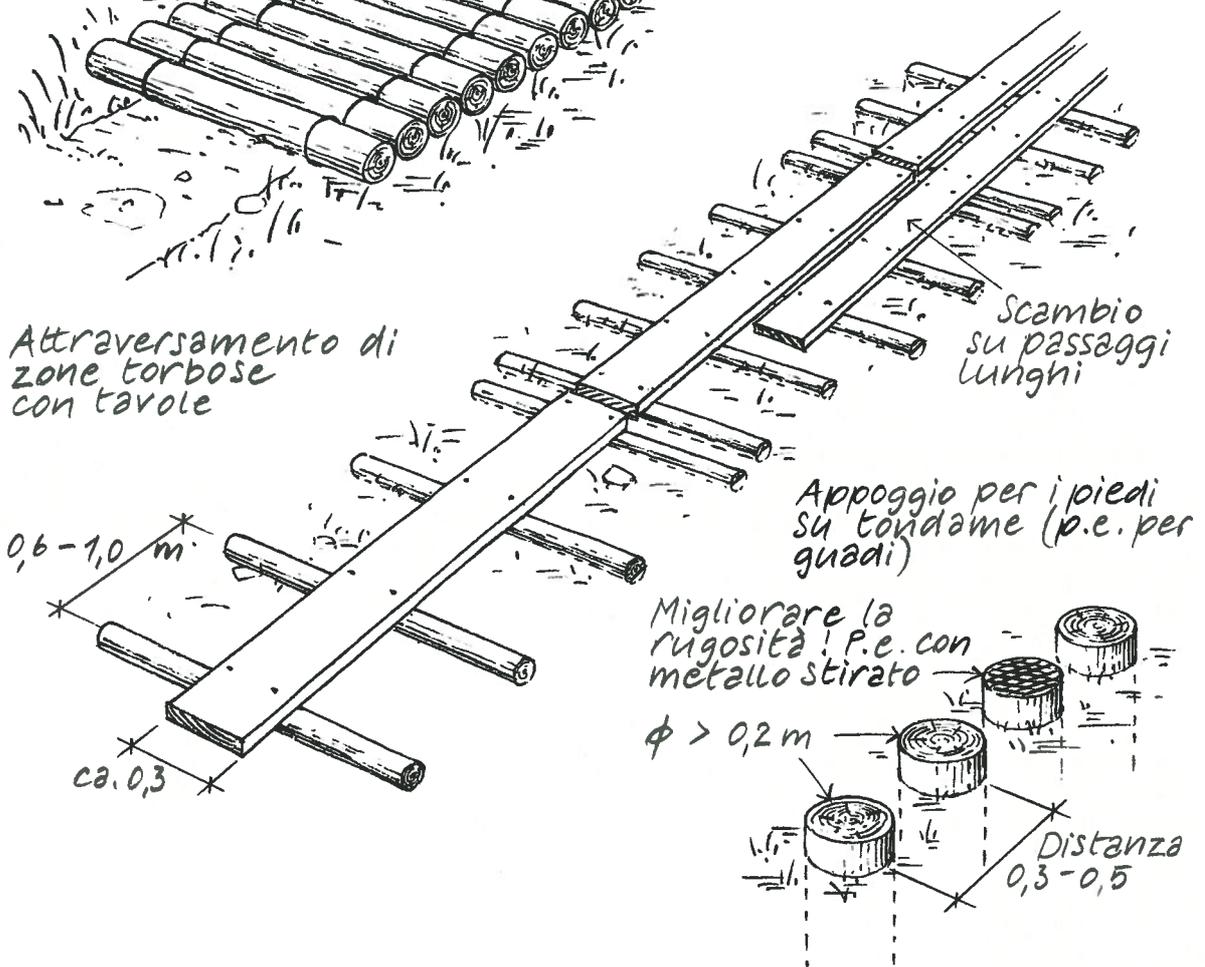
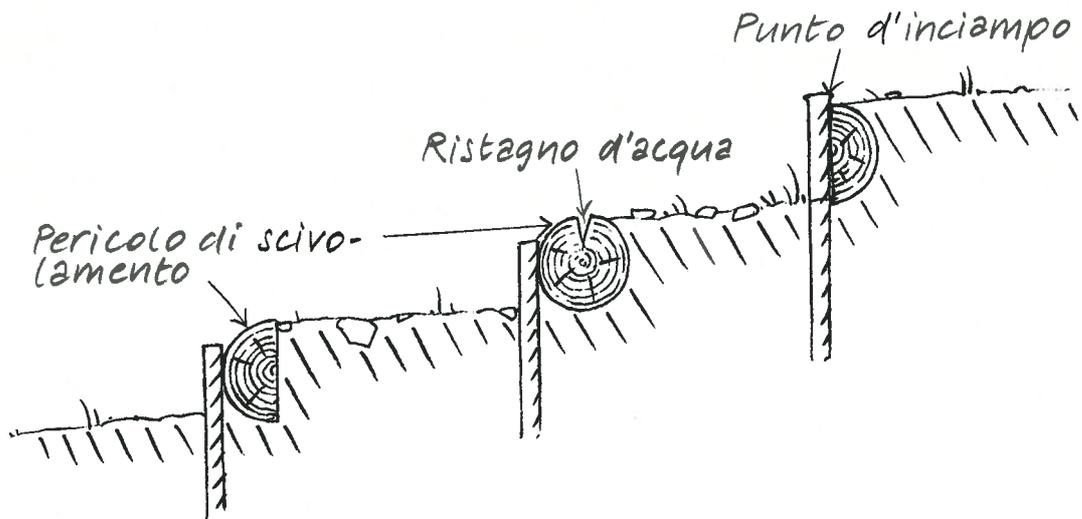
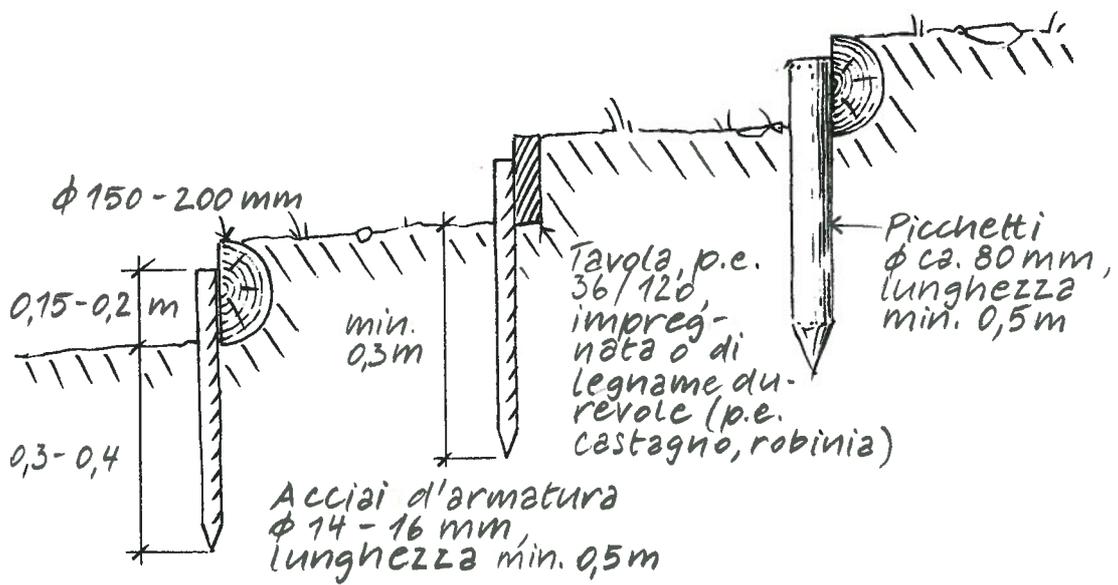


Fig. 12.14: Attraversamento di zone umide



Varianti sbagliate



Varianti corrette

Fig. 12.15 : Gradini antierosione

Sezioni di sentieri

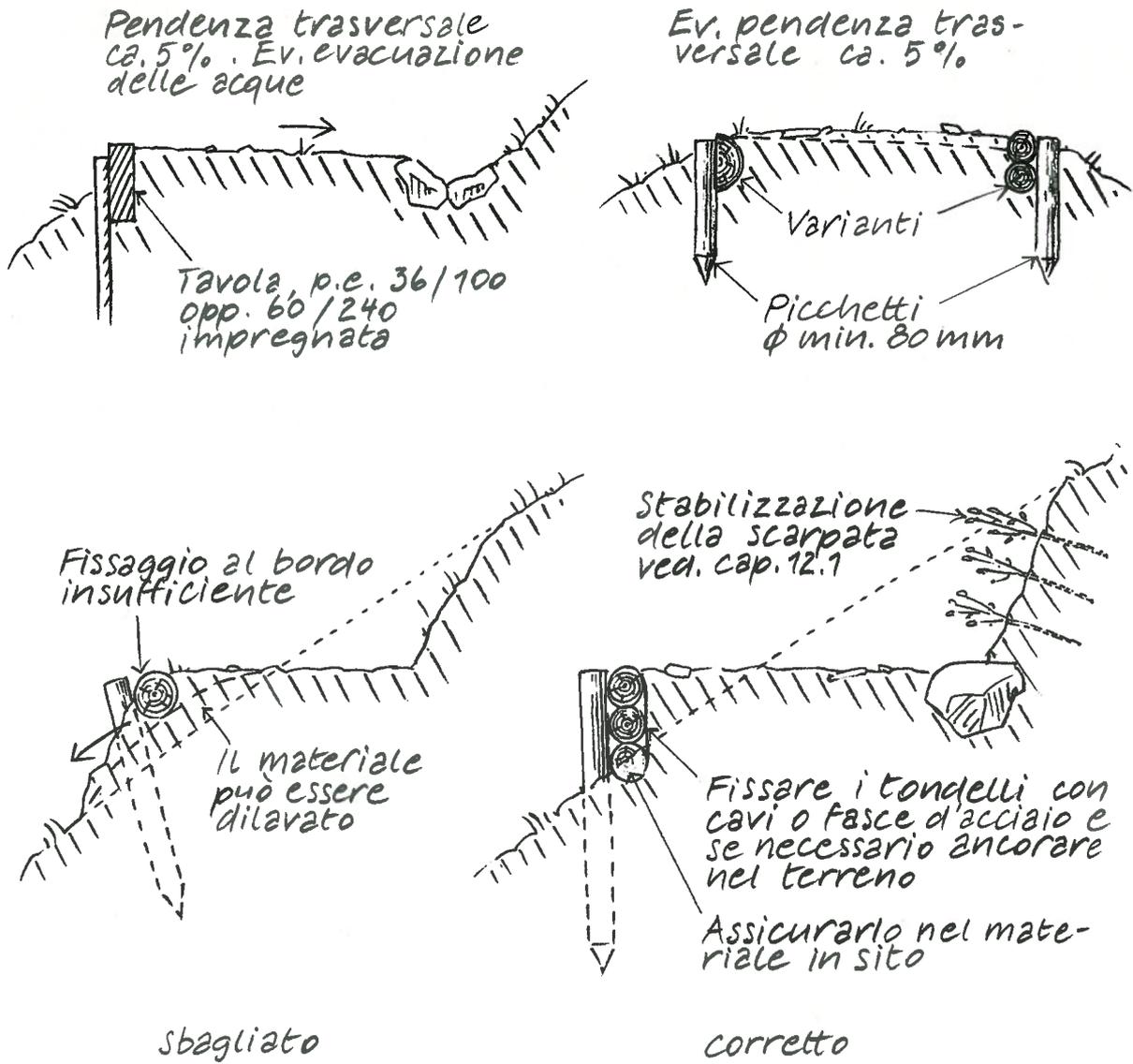


Fig. 12.16: Consolidamento del bordo

13. Passaggi di recinzioni

I sentieri attraversano sovente dei pascoli recintati. Una serie di piccole costruzioni permettono all'escursionista di superare queste recinzioni, impedendo nel contempo l'allontanamento del bestiame dal pascolo. Esse dovrebbero soddisfare i requisiti seguenti:

- costruzioni il più possibile semplici e robuste
- durabilità elevate
- manutenzione ridotta
- funzionamento sicuro

Per delle soluzioni durevoli è consigliato l'impiego di legno impregnato o resistente alla decomposizione (castagno, robinia) in quanto la maggior parte delle costruzioni sono a diretto contatto col suolo. Le misure costruttive preventive si limitano di regola alla copertura delle superfici legnose delle parti finali.

I passaggi di recinzioni si suddividono nei gruppi seguenti, a seconda del tipo di funzionamento:

- porte e cancelli
- passaggi triangolari
- passaggi elevati
- cancelli canadesi

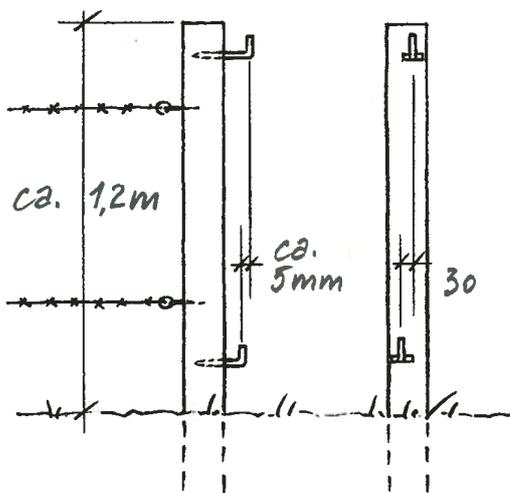
Le *porte e i cancelli* presentano sovente l'inconveniente di rimanere aperti per negligenza. I cancelli a un battente si richiudono da sè se il sostegno risulta leggermente inclinato o se i cardini sono spostati (cfr. fig. 13.1).

I *passaggi triangolari* offrono una maggior sicurezza. Se sono troppo stretti risulta sovente difficile passare con un sacco da montagna. Nelle loro dirette vicinanze bisogna evitare l'uso di filo di ferro spinato. I passaggi triangolari sono normalmente adatti solo per i pascoli con bestiame bovino. I cancelli oscillanti impediscono inoltre la fuga di pecore e capre.

I *passaggi elevati* sono funzionali ma richiedono maggior agilità per superarli e non sono adatti per i percorsi pedonali.

I *cancelli canadesi* sono previsti sui sentieri carrozzabili e sono costruiti in acciaio. Per i sentieri normali possono entrare in considerazione dei modelli costituiti da traverse di legno, ma richiedono costosi lavori di scavo e opere in calcestruzzo. Gli altri tipi di passaggio sono quasi sempre meno cari e più funzionali.

Cardini spostati



Variante: sostegno inclinato

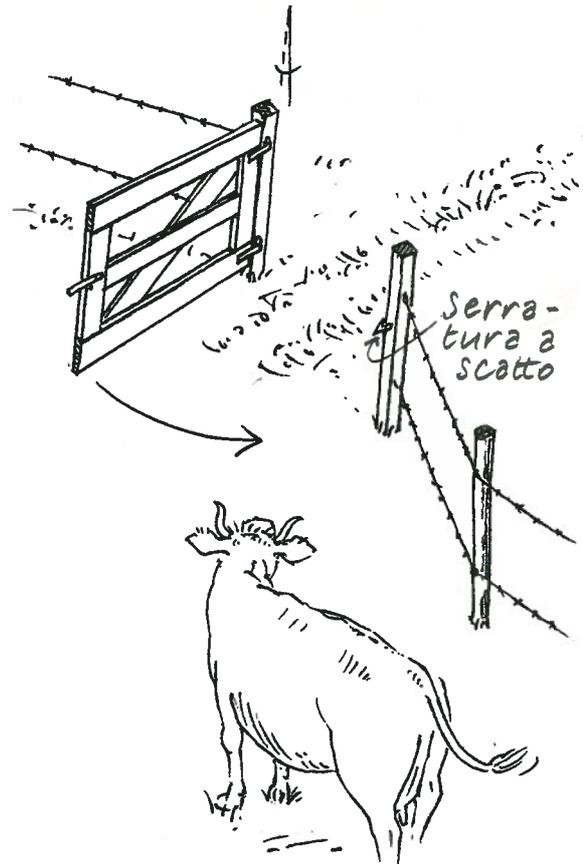
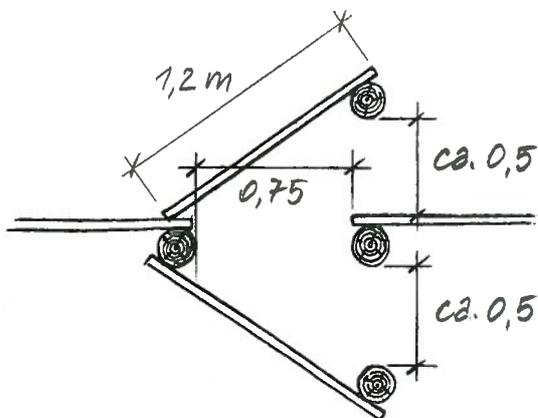


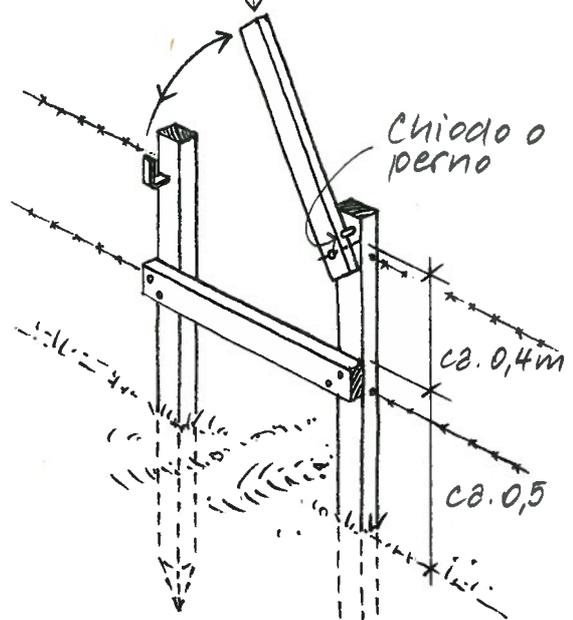
Fig. 13.1: Cancelli

Passaggio semplice



Variante

Arresto nella posizione massima (ricade da solo)



Cancello oscillante per pecore

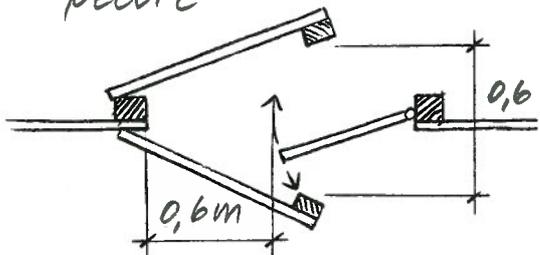


Fig. 13.2: Passaggi di recinzioni

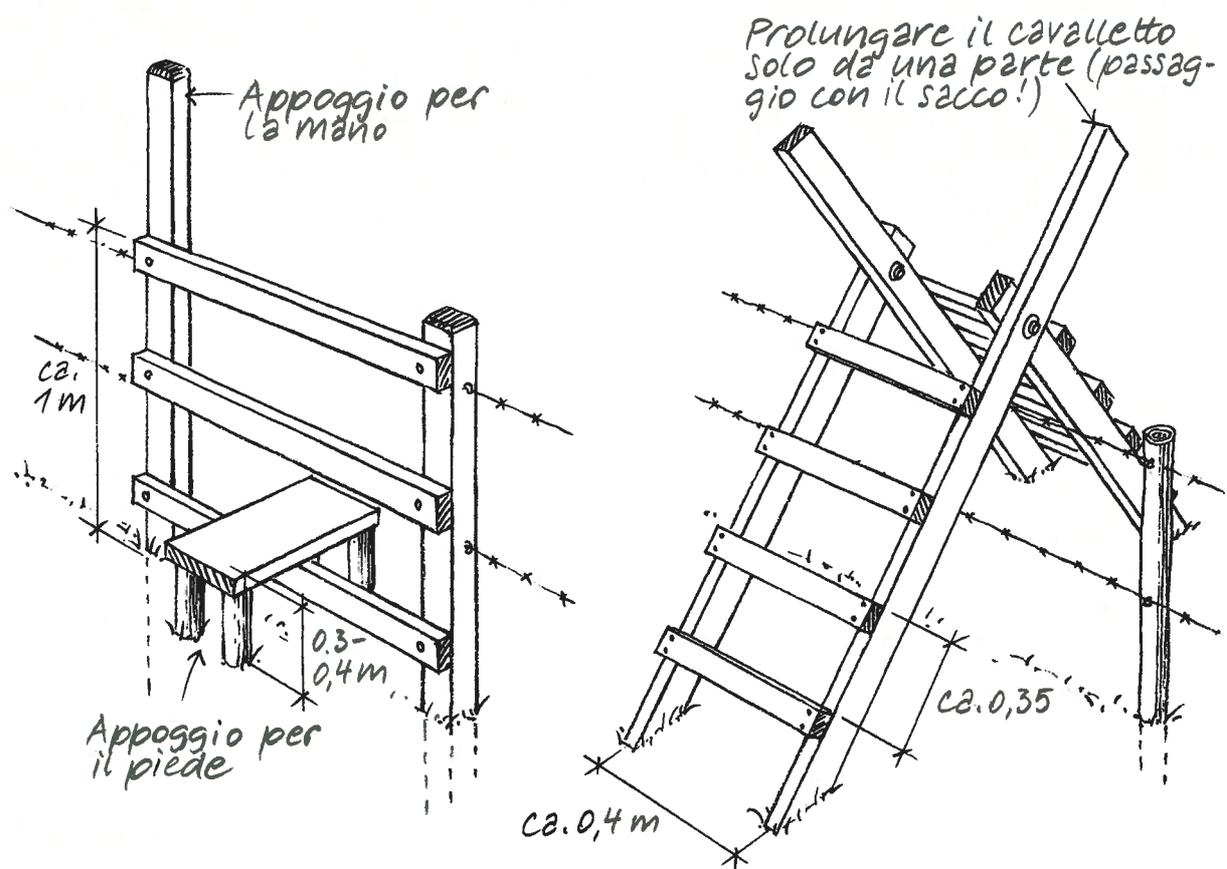


Fig. 13.3: Passaggi elevati

APPENDICE

Bibliografia

- (1) ESS, Ente svizzero pro sentieri, "Consigli pratici per la costruzione di sentieri", Riehen, (in elaborazione)
- (2) Norma SIA 164, "Costruzioni in Legno", Zurigo 1981
- (3) U. Meierhofer, "Metallkorrosion in Holz", Schweiz. Ing. u. Arch. (1990) 24, pag. 696-698
- (4) Norma SIA 281, "Teli impermeabili al bitume polimero (TBP), valori richiesti e prova del materiale", Zurigo 1983
- (5) ASSG, Associazione svizzera degli specialisti di geotessili "Il manuale dei geotessili". EMPA, San Gallo, 1987
- (6) Lignum, "Regolamento per il marchio di qualità del legname impregnato a pressione". Zurigo, 1984
- (7) EMPA/Lignum, "Direttive per la protezione del legno nelle costruzioni". Documento svizzero sulle costruzioni D 0580, 1987
- (8) Lignum, "Tabelle per la costruzione in legno I e II", Zurigo 1982 e 1990
- (9) Norma SIA 160, "Azioni sulle strutture portanti", Zurigo 1990
- (10) Ufficio federale dell'economia delle acque "Dimensionamento delle briglie torrentizie in calcestruzzo e in calcestruzzo armato", EDMZ Berna 1973
- (11) Direttive SIA 160/3, "Ispezioni periodiche dei ponti", Zurigo 1975
- (12) Raccomandazione SIA 169, "Messa in opera, sorveglianza e manutenzione delle costruzioni del genio civile", Zurigo 1987
- (13) SKAT, Centro svizzero per la tecnologia adattata "Survey, Design and Construction of Trail Bridges for Remote Areas", San Gallo 1983/84
- (14) J. Zeller, J. Trümpler, A Böll, "Rutschentwässerungen", IFRF, Birmensdorf 1986

Bibliografia generale

- ARF, Associazione Diritto del Pedone, "Planungsfragen bei Fuss-und Wanderwegen", Zurigo 1987
- ASI, Associazione svizzera degli invalidi, norma 521500 con guida SN, "Costruzioni adattate alle persone handicappate", Olten 1984
- EMPA/SSH, "Legno lamellare nelle costruzioni interne ed esterne", Raccomandazioni per una durabilità prolungata. Documento svizzero sulle costruzioni, i4 00200, 1989
- SAB, Gruppo svizzero per le regioni di montagna, "Leitfaden für die Praxis: Schalen, Armieren, Betonieren", Brugg 1984
- Kuonen, V., "Wald-und Güterstrassen", Eigenverlag, Pfaffhausen 1983
- Parks Canada "Trail Manual", Ottawa, Canada 1985
- United States Department of Agriculture, Forest Service, "Standard Specification for Construction of Trails", Washington D.C., USA 1984
- R.D. Proudman, R. Rajala, "Trail Building and Maintenance", Appalachian Mountain Club, Boston, USA 1981
- British Trust for Conservation Volunteers, "Footpaths", Wallingford, UK 1988
- CSRL, Comunità svizzera per la ricerca sul legno, "Ponti e passerelle in legno", dossier del Seminario, Zurigo 1989
- EGH, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau, "Brücken, Planung-Konstruktion-Berechnung", Düsseldorf 1988
- W. Begemann, H.M. Schiechtl, "Handbuch zum naturnahen Wasser-und. Erdbau", Bauverlag Berlin, 1986

INDICE ANALITICO

A

Alburno	10, 22	Categorie di sentieri	4, 5
Alzate e pedate (delle scale)	74	Chiodi	28 - 31
Ancoraggi interrati	48	Colle	33
Appoggi	52 - 54	Collegamenti	26 - 33
vari esempi	19, 21	Consolidamento del bordo	
ponti e passerelle	51 - 54, 58	protezione del sentiero	95, 98
vari esempi	66 - 72	Consolidamento del terreno	80 - 90
scale		Coperture	
vari esempi	77 - 79	metalli	12
Attachi fungini e d'insetti	16, 17	materiali organiche	14, 15
Attrezzi	37, 38	vari esempi	20, 51 - 55, 58, 59, 61, 62, 68
		Corrimano	20, 35

B

Bioingegneria	80, 82 - 87
Bulloni di carpenteria	32

C

Calcestruzzo	13, 14
Calcolo e dimensionamento	34 - 36
Canalette	91 - 94
Carichi	
sollecitazioni meccaniche	17
Carico utile	34, 35
Cassoni in legno	
opere di consolidamento	83 - 85

D

Deviazione laterale (cfr. drenaggio)	91, 94
Documentazione	39, 40
Drenaggio	80 - 83, 87, 91
Durabilità	18 - 25
Durame	10

E

Elementi di costruzione	
ponti e passerelle	51 - 64

Elementi di fissaggio	26 - 33
Esecuzione	37, 38
Esecuzione	
tipo A	6
tipo B	6
Essenze (cfr. specie arboree)	10
Evacuazione delle acque	80 - 83, 87, 91

F

Fascine	
opere di consolidamento	87, 88, 90
Fattore dinamico	34
Fenditure (cfr. legno)	10
Fondazioni	53 - 55
Funghi	
attacchi	10, 11, 16, 41 - 43

G

Geotessili	14
Gonfiamento (cfr. legno)	9
Gradini antierosione	
protezione del sentiero	95, 97
Grappe	33
Graticciate	
opere di consolidamento	87, 88, 90
Griglia di stabilizzazione	
opere di consolidamento	85, 86

I

Impregnazione	25
Impregnazione a pressione	24, 25
Influssi climatici	16
Ingegnere (ricorso a)	36
Insetti	
attacchi	10, 11, 16

L

Lamellare	33, 49, 50
Larghezza delle opere, dei sentieri	4, 5, 6, 34
Lavori preliminari	37
Legno	8 - 11
essiccamento	11
deposito	11, 12
qualità	11, 22
Letti di talee	87, 89
opere di consolidamento	

M

Manutenzione	42
Marciume	41, 42
Materiali	8 - 15
minerali	13, 14
organici	14, 15
scelta	8
Metalli	12, 13
Misure costruttive	6, 7

O

Opere di consolidamento del terreno 80 - 99

P

Parapetti
ponti e passerelle 64

Passaggio di recinzioni 99 - 101

Passerelle 47 - 73
standard 69 - 73
semplici 66

Ponti e passerelle 47 - 73
con travature tonde 67, 68

Progetto
svolgimento del progetto 7

Protezione chimica del legno 24, 25

Protezione contro
la corrosione del metallo 12, 13, 28, 31, 39, 40
l'erosione 80 - 94
la ruggine 12, 13

Protezione del legno
misure concettuali e costruttive 18 - 22
prodotti di protezione 24

Protezione del sentiero 91 - 98

R

Resistenza biologica del legno 10, 23, 43

Ritiro (cfr. legno) 9

Rivestimento
strato d'usura 62, 63

Rugosità del piano di transito 60, 62

S

Scale 74 - 79

Scale 79

Scelta e messa in opera del legname 22, 23

Scortecciamento dei tondelli 11, 16, 23

Scortecciatura dei tondoni 23, 39, 60 - 62

Sicurezza 37, 47, 76, 101

Sistemi costruttivi dei ponti 49, 50

Sollecitazioni e pericoli 16, 17

Sollecitazioni meccaniche 17

Sorveglianza e manutenzione 39 - 43

Sostegni (cfr. appoggi) 55

Strati di vernice
trattamenti di superficie 25
rivestimenti antiruggine 12

Strato d'usura
ponti e passerelle 62, 63

Strato portante
ponti e passerelle 60 - 63

Strutture portanti principali
ponti e passerelle 55 - 59

Stuoie impermeabilizzanti 14, 15

Svolgimento del progetto 7

T

Tondelli 22

Tondoni 22

Trasporti
mezzi 37, 38

Trattamenti di superficie	25
Travatura a cavalletto	50, 57, 58
Travatura reticolare superiore	49, 57, 59

U

Umidità (cfr. tasso d'umidità)	8, 9, 16, 41, 42
Utensili, attrezzi e mezzi di trasporto	37, 38

Z

Zone umide (cfr. attraversamento)	95
-----------------------------------	----

Pubblicazioni sul traffico lento

Siti da cui è possibile scaricare i documenti: www.traffico-lento.ch

Aiuti all'esecuzione per il traffico lento

N.	Titolo	Anno	Lingua			
			d	f	i	e
1	Directive per la segnaletica dei sentieri (ed. UFAM); → nicht mehr gültig, ersetzt durch Nr. 6	1992	*	*	*	
2	Costruzioni in legno per sentieri (ed. UFAM)	1992	x	x	x	
3	Revêtement des routes forestières et rurales: goudronnées ou gravelées? (ed. UFAM)	1995	x	x		
4	Segnaletica ciclistica in Svizzera	2003		d / f / i		
5	Pianificazione di percorsi ciclabili	2008		d / f / i		
6	Segnaletica die sentieri.	2008	x	x	x	
7	Posteggi per cicli - raccomandazioni per la pianificazione, la realizzazione e l'esercizio	2008	x	x	x	
8	La conservation des voies de communication historiques. Guide de recommandations techniques	2008	x	x		
9	Costruzione e manutenzione di sentieri	2009	x	x	x	

Documentazione sul traffico lento

N.	Titolo	Anno	Lingua			
			d	f	i	e
101	Responsabilità in caso di infortuni sui sentieri (ed. UFAM)	1996	x	x	x	
102	Evaluation einer neuen Form für gemeinsame Verkehrsbereiche von Fuss- und Fahrverkehr im Innerortsbereich	2000	x	r		
103	Nouvelles formes de mobilité sur le domaine public	2001		x		
104	Progetto Linee guida traffico lento	2002	x	x	x	
105	Efficiencia des investissements publics dans la locomotion douce	2003	x	r		s
106	PROMPT Schlussbericht Schweiz (inkl. Zusammenfassung des PROMPT Projektes und der Resultate)	2005	x			
107	Concept de statistique du trafic lent	2005	x	r		s
108	Problemstellenkataster Langsamverkehr. Erfahrungsbericht am Beispiel Langenthal	2005	x			
109	CO2-Potenzial des Langsamverkehrs - Verlagerung von kurzen MIV-Fahrten	2005	x	r		s
110	Mobilität von Kindern und Jugendlichen - Vergleichende Auswertung der Mikrozensen zum Verkehrsverhalten 1994 und 2000	2005	x	r		s
111	Verfassungsgrundlagen des Langsamverkehrs	2006	x			
112	Il traffico lento nei progetti d'agglomerato	2007	x	x	x	
113	Obiettivi di qualità per i sentieri svizzeri	2007	x	x		
114	Expériences faites avec des chaussées à voie centrale banalisée à l'intérieur de localités (CD-ROM)	2006	x	x		
115	Mobilität von Kindern und Jugendlichen - Fakten und Trends aus den Mikrozensen zum Verkehrsverhalten 1994, 2000 und 2005	2008	x	r		s
116	Forschungsauftrag Velomarkierungen – Schlussbericht	2009	x			
117	Randonner en Suisse 2008	2009	x	r	r	
118	Aiuti finanziari per la conservazione delle vie di comunicazione storiche in virtù dell'articolo 13 LPN; aumento eccezionale delle aliquote del sussidio: prassi dell'USTRA nell'applicazione dell'articolo 5 capoverso 4 OPN da parte dell'USTRA	2009	x	x	x	
119	Velofahren in der Schweiz 2008; Sekundäranalyse von «Sport Schweiz 2008»	2009	x	r		

x = testo integrale r = resumé/riassunto s = summary

Documentazione sulle vie di comunicazione storiche in Svizzera IVS: monografie cantonali

Siti da cui è possibile scaricare i documenti: www.ivs.admin.ch

Ogni monografia cantonale presenta la storia dei trasporti nonché alcune testimonianze del passato particolarmente interessanti per la loro costruzione, il loro inserimento nel paesaggio o per altre caratteristiche. Le informazioni sulla nascita, la struttura, gli obiettivi e l'utilità dell'IVS completano i contenuti della pubblicazione destinata a un vasto pubblico.