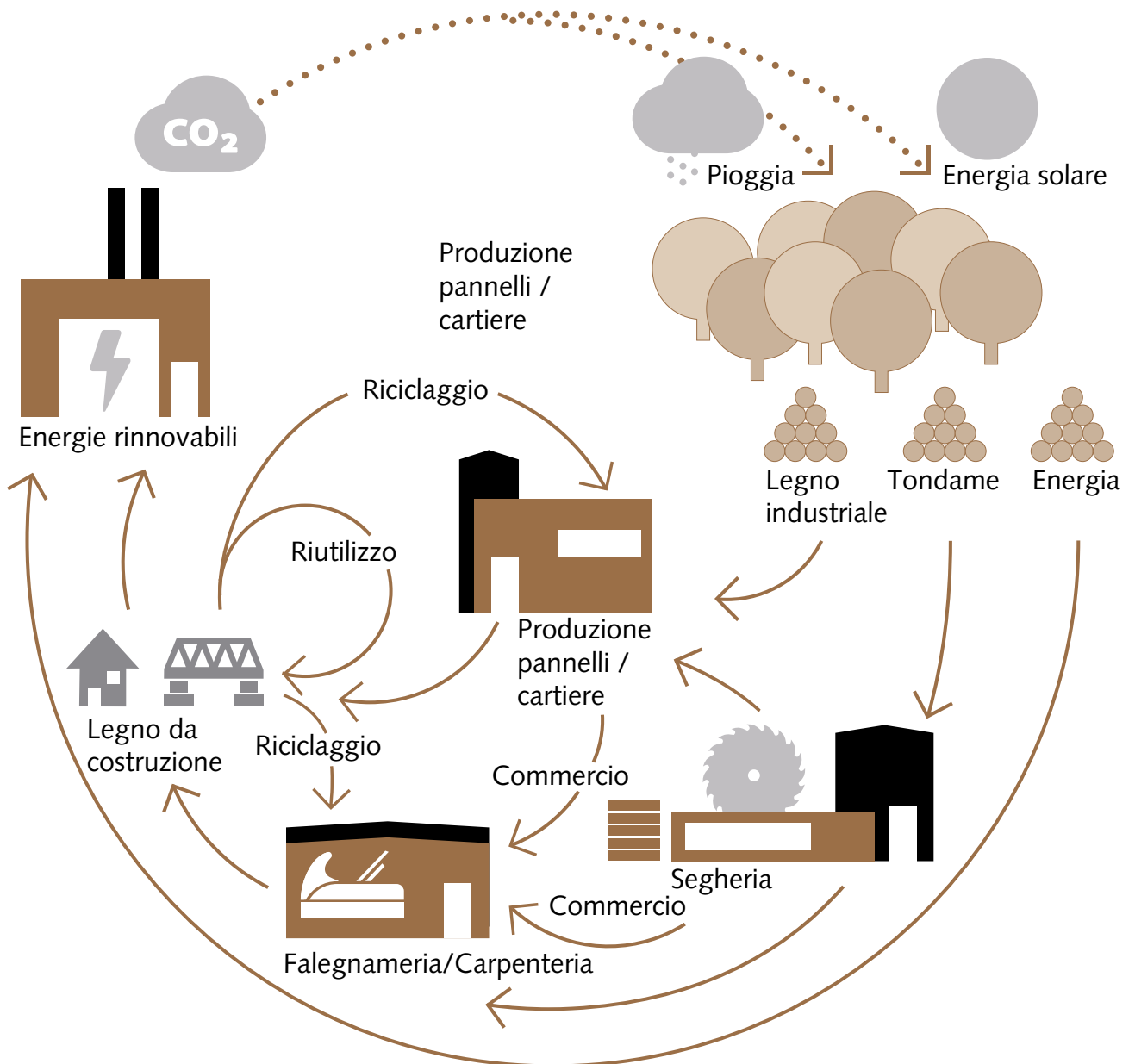


Riutilizzo del legno da costruzione per uso strutturale



Indice

Autori

Gunther Ratsch,
MSc. Ing. BFH/SIA,
Lignum, Zürich

Lettorato specialistico

Christoph Fuhrmann,
dipl. Holzbau-Ing. HTL/SIA,
BFH-AHB, Biel
Urs Luginbühl,
dipl. Holzbau-Ing. HTL,
Ingenieurbüro Luginbühl, Biel
René Steiger,
Dr. sc. techn., dipl. Bau-Ing. ETH/SIA,
Empa, Dübendorf

Coordinazione

Gunther Ratsch,
Lignum, Zürich
Denis Pflug,
Cedotec-Lignum,
Le Mont-sur-Lausanne

Traduzione

federlegno.ch

Sostenitori ideali

Società svizzera degli ingegneri
e degli architetti SIA

Partner del progetto

Berner Fachhochschule
Institut für Holzbau IHB

Empa – Materials Science and
Technology

Pagina	3	1	Basi
		1.1	L'economia circolare nell'edilizia
		1.2	Vantaggi degli elementi costruttivi riutilizzati in relazione al bilancio ecologico
		1.3	Il legno massiccio per il riutilizzo
		1.4	Legno da costruzione non adatto per il riutilizzo
	7	2	Riutilizzo mirato del legno da costruzione
		2.1	Generalità
		2.2	Attori della decostruzione per il riutilizzo
		2.3	Condizioni generali
		2.4	Verifica dell'idoneità prima del riutilizzo
		2.5	Trattamento prima del riutilizzo
		2.6	Diagramma di flusso per il riutilizzo mirato del legno da costruzione
	11	3	Indicazioni per la valorizzazione del legno massiccio
		3.1	Effetti dell'invecchiamento
		3.2	Durabilità
		3.3	Analisi della resistenza del legno massiccio
		3.4	Classificazione secondo la resistenza del legno massiccio
		3.5	Verifica della sicurezza strutturale
		3.6	Verifica dell'efficienza funzionale
		3.7	Protezione antincendio
	13	4	Indicazioni per la valorizzazione dei prodotti di legno massiccio incollato
		4.1	Effetto dell'invecchiamento degli adesivi
		4.2	Analisi della resistenza del legno lamellare incollato
		4.3	Valutazione del legno massiccio con giunti incollati
		4.4	Valutazione del legno massiccio incollato
		4.5	Valutazione del legno lamellare incollato
		4.6	Verifica della sicurezza strutturale e dell'efficienza funzionale
	17	5	Raccomandazioni sul riutilizzo del legno da costruzione
	18	6	Commercializzazione del legno da costruzione riciclato
	20	7	Prospettiva
	21	8	Bibliografia

1 Basi

1.1 L'economia circolare nell'edilizia

Secondo l'ufficio Federale dell'ambiente (UFAM) con il concetto di economia circolare si intende un approccio globale che considera l'intero ciclo di vita dei prodotti: dalla messa a disposizione delle materie prime, passando per la progettazione e il design, per la produzione e la commercializzazione dei prodotti, fino all'utilizzo il più a lungo possibile, per giungere finalmente al riutilizzo o alla riqualificazione. In questo modo, il valore del prodotto viene preservato e i rifiuti si riducono al minimo. Un prodotto è affidato al riciclaggio soltanto quando non è più utilizzato, in modo da poter riutilizzarne il materiale. In Svizzera si producono ogni anno da 80 a 90 mio. di tonnellate di rifiuti. Ca. 17 tonnellate di questi rifiuti provengono dalla decostruzione di edifici, strade e vie ferrate; la componente di legno ammonta a ca. mio. di tonnellate. È quindi enorme la quantità di materiale che può essere utilizzata come parte essenziale di un'economia circolare e a basso consumo di risorse, a favore di uno sviluppo sostenibile. [1]

L'economia circolare nell'edilizia è caratterizzata dall'impiego efficiente dei materiali e dei prodotti da costruzione fino a quando i processi naturali di invecchiamento e di degrado si manifestano con la riduzione delle loro proprietà e caratteristiche tecniche. Uno sguardo al passato rivela che il riutilizzo e la riqualificazione degli elementi costruttivi in legno erano ben radicati fino al ventesimo secolo, sebbene principalmente per motivi economici e non ecologici.

Figura 1
Nelle costruzioni storiche a traliccio le parti riutilizzate possono essere identificate in modo piuttosto semplice, se analizzate con occhio attento. Gli indizi in questo senso sono l'impiego di specie legnose diverse, o la presenza di lavorazioni, quali per esempio alcune forature che non sono più necessarie. Anche la determinazione dell'epoca di provenienza del legname può essere di aiuto in questo senso (p.es. tramite la dendrocronologia).



In questo modo i «preziosi elementi costruttivi in legno» di materiale pregiato, e che contenevano il risultato di un lavoro intenso (taglio, lavorazione) venivano recuperati in fase di decostruzione, per poter essere poi adattati se necessario, e riutilizzati per costruzioni nuove (per esempio negli edifici a traliccio, si veda la figura 1).

Tramite la riutilizzazione e la riqualifica del legno da costruzione si risparmiano le risorse, si aumenta la durata di utilizzo dei materiali e dei prodotti da costruzione, e si riducono al minimo gli effetti ambientali dovuti alla produzione di nuovi materiali e prodotti da costruzione. Il riutilizzo dei materiali è quindi sensato e interessante in relazione alla sostenibilità.

Questo quaderno della serie Lignatec contiene le informazioni necessarie alla riqualificazione corretta del legno per uso strutturale. Può essere applicato anche in caso di riutilizzo di elementi costruttivi di legno.

Definizioni

Un **riuso** (in inglese «Reuse») diretto di elementi costruttivi di legno può avvenire senza alcuna preparazione, permettendo un risultato molto efficiente in relazione allo sfruttamento delle risorse e dell'impatto ambientale. In questo modo gli elementi di legno che sono stati smontati – come, per esempio, la travatura di un solaio di un edificio oggetto di decostruzione – possono essere sottoposti ad una classificazione secondo la resistenza ed essere riutilizzati o rivalutati in una nuova costruzione con le loro dimensioni originali. Qualora ciò non fosse possibile, si può procedere ad una **riqualifica** (riciclaggio per un impiego equivalente del materiale) degli elementi di costruzione. L'obiettivo in questo caso è di procedere ad un trattamento degli elementi costruttivi, che permetta di mantenerne la qualità elevata e di reinserirli nel circolo produttivo. Gli elementi costruttivi di legno possono essere impiegati in una nuova funzione; le travi di un solaio possono per esempio, a seguito di una decostruzione, essere **riqualificate** (tramite pulizia, classificazione secondo la resistenza o valutazione particolare) come pilastri portanti di una nuova struttura. Se non ne fosse possibile la riqualifica, è auspicabile valutarne il riciclaggio, prima di procedere alla valorizzazione termica. Si procede in questo caso alla produzione di materiali derivati, che a loro volta saranno impiegati per nuovi prodotti. Il legno massiccio può per esempio essere impiegato per la produzione di legno massiccio o lamellare incollato (Upcycling). Qualora il legno lamellare incollato fosse rivalorizzato per la produzione di pannelli truciolari o di travetti per la costruzione intelaiata, si procederebbe con una forma di Downcycling. La valutazione del prodotto finale definisce quindi se si tratta di una procedura di Up- o di Downcycling. Ciò può essere applicato tanto alla qualità materiale/tecnica, quanto alla valutazione economica.

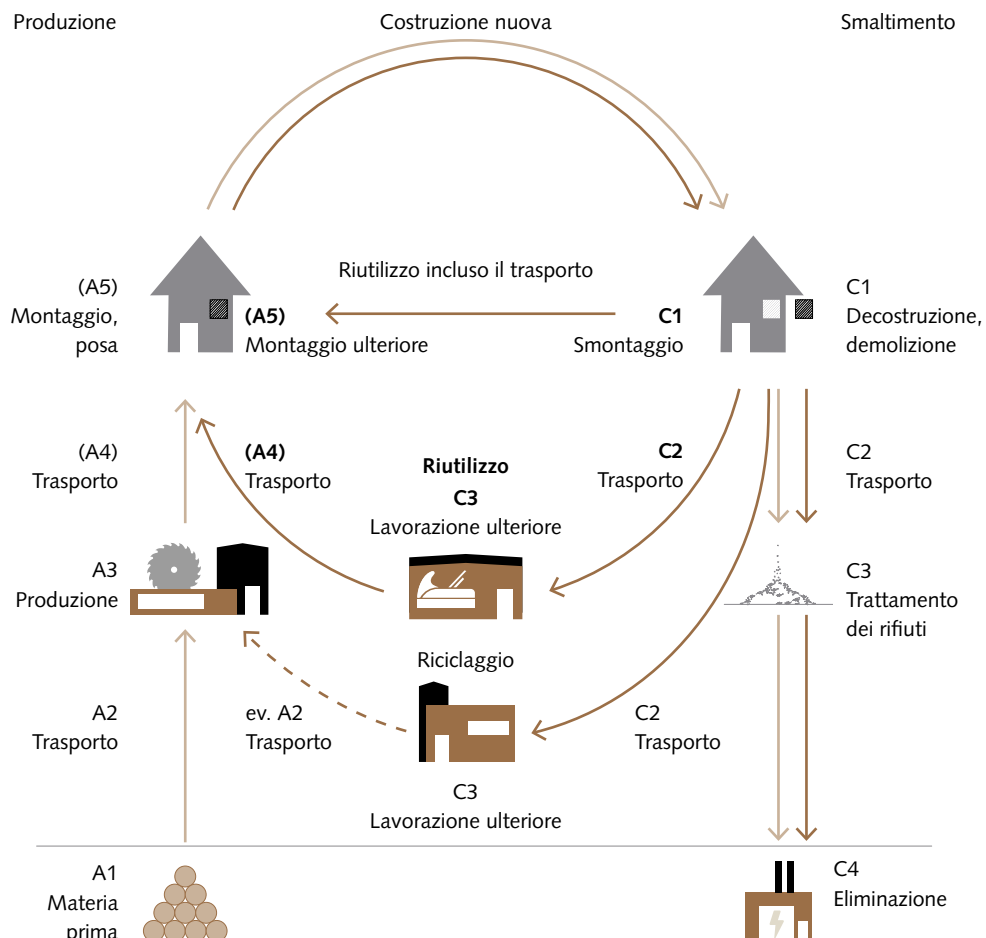
1.2 Vantaggi degli elementi costruttivi riutilizzati in relazione al bilancio ecologico

Il riutilizzo e la riqualifica degli elementi da costruzione per la realizzazione di nuovi edifici rappresentano un contributo diretto alla protezione delle risorse e del clima, come dimostrano anche i bilanci ecologici. Un bilancio ecologico mette in evidenza gli effetti climatici dell'intero ciclo di vita del materiale e dei prodotti impiegati. A questo scopo vengono usati i dati contenuti nelle dichiarazioni ambientali di prodotto (EPDs, Environmental Product Declarations) relative ai prodotti per la costruzione. La procedura di definizione dei dati EPD è per principio definita nella Norma SN EN 15804 + A2 [2]. Le dichiarazioni ambientali di prodotto definiscono l'impatto ambientale per fasi (Figura 2). I moduli da A1 a A3 descrivono per esempio la produzione dei materiali da costruzione. I moduli del trasporto verso il cantiere (A4), del montaggio della costruzione (A5), dell'utilizzo (B, non rappresentato in figura) e dello smaltimento (C1 fino a C4) possono essere applicati e considerati separatamente. La somma dei singoli moduli

permette una considerazione globale. Con l'aiuto del promemoria SIA2032 [3] possono essere allestiti i bilanci ecologici degli edifici, con particolare attenzione al trasporto e allo smaltimento. Il trasporto e il montaggio possono essere contabilizzati nel bilancio ecologico secondo i fogli informativi trasporto (A4) e montaggio (A5). Le indicazioni in **grassetto** nella figura 2 mostrano le diverse fasi del riutilizzo degli elementi di costruzione. Qualora nel quadro di una riqualificazione il trasporto (**A4**) e il montaggio ulteriore (**A5**), in analogia alle costruzioni nuove per i moduli (A4) e (A5), siano trascurati, il bilancio ecologico del riutilizzo degli elementi da costruzione è composto soltanto dalle seguenti posizioni (vedi [4] e [5]):

- **C1** Smontaggio sul sito di decostruzione
- **C2** Trasporto dal sito di decostruzione fino al deposito o all'officina
- **C3** Lavorazione, riparazione, adattamento in un'officina

Figura 2
Rappresentazione di alcune fasi scelte di un bilancio ecologico di elementi da costruzione nuovi o provenienti da una riqualifica, Basato secondo [5].



Gli effetti sull'ambiente della fase **C2** possono essere definiti sulla base dei dati messi a disposizione tramite KBOB/ecobau/IPB in «Dati dell'ecobilancio nel settore della costruzione 2009/1:2022» [6]. Gli effetti sull'ambiente dei processi delle fasi **C1** e **C3** non sono ancora inclusi nella lista della KBOB e devono essere definiti tramite il necessario impiego di materiali e macchinari. Il riutilizzo o la riqualificazione degli elementi di legno determinano di regola un bilancio ecologico migliore rispetto agli

elementi da costruzione in legno nuovi. I processi della prima fase di lavorazione del legno da costruzione nuovo, come per esempio i lavori forestali, il trasporto del tondame e il taglio in segheria, possono essere trascurati. In caso di un futuro smaltimento (C1 fino a C4) l'effetto sul bilancio ecologico dipende dal tipo di materiale (per esempio quale legno massiccio, o quale pannello truciolare ottenuto tramite Downcycling), e deve esservi integrato di conseguenza.

1.3 Il legno massiccio per il riutilizzo

Lo smaltimento dei rifiuti di legno è suddiviso in sei categorie nell' «Ordinanza del DATEC sulle liste per il traffico di rifiuti» [7]. Secondo questa ordinanza, rifiuti di legno provenienti dai cantieri a seguito di demolizioni, rinnovazioni e trasformazioni sono definiti come legno vecchio (codice di rifiuto 17 02 97 [ak]). In questa categoria sono compresi, tra gli altri, i seguenti prodotti:

- Materiali a base di legno per l'uso nella costruzione
- Assi e tavole
- Legno lamellare incollato e massiccio incollato
- Legno da costruzione classificato secondo la resistenza o con giunti incollati
- Tavole per parquet, interni e per pavimenti

Questi prodotti si differenziano nella descrizione tecnica, nel tipo di impiego previsto, e nello stato normativo attuale e storico. Le regole commerciali pubblicate nel 2021 (Regole commerciali per la Svizzera) [8] danno una visione attuale ed esaustiva dei prodotti di legno normati e delle relative definizioni. Secondo queste definizioni, il legno da costruzione comprende i prodotti di legno usati prevalentemente con funzione strutturale. Questo documento si limita al riutilizzo del legno massiccio, del legno con giunti incollati, del legno massiccio incollato e del legno lamellare incollato (vedi figura 3).

Figura 3
Prodotti in legno
per la costruzione trattati
in questo documento.



«Legno massiccio» indica il legno da costruzione per l'uso strutturale, di solito con sezione rettangolare.



Il legno massiccio con giunti incollati è composto da legno massiccio con giunti longitudinali a pettine.



Il legno massiccio incollato è composto da 2 fino a 5 strati di lamelle incollate, il cui spessore finale è compreso fra 45 e 85 mm, e la cui altezza sezionale complessiva non supera 280 mm.



Il legno lamellare incollato è composto da almeno due lamelle parallele fra loro e incollate, il cui spessore finale è compreso fra 6 e 45 mm.

1.4 Legno da costruzione non adatto per il riutilizzo

L'allegato 1 della «Ordinanza del DATEC sulle liste per il traffico di rifiuti» [7] contiene un elenco che specifica, per ogni tipo di rifiuto, se si tratta di un rifiuto speciale, di un rifiuto soggetto a controllo o di altri rifiuti.

I rifiuti di legno provenienti da cantieri di demolizioni, ristrutturazioni e ammodernamenti, come pure i rifiuti provvisti di trattamenti di protezione del legno importanti, sono definiti in modo specifico (Codice dei rifiuti 17 02 98 [S]). Sono problematici in caso di riutilizzo, rispettivamente esclusi dal riutilizzo:

- i rivestimenti alogeno organici (per esempio i rivestimenti in PVC)
- le vernici contenenti piombo (per esempio, dei telai di porte e finestre)
- le parti in legno trattate in profondità con protezione chimica (per esempio tramite impregnazione in autoclave)
- le parti in legno trattate con l'insetticida lindano (dal 1971 ne è permessa la sola importazione, dal 1989 generalmente vietate)
- le parti in legno trattate con il pentaclorofenolo (PCP) (per esempio, nella struttura dei tetti, vietato dal 1989)

Si può presumere che gli edifici costruiti dopo il 1990 non contengano sostanze problematiche utilizzate per il trattamento del legno.

In caso di sospetto di contaminazione deve essere eseguita un'analisi specifica. I Cantoni sono responsabili dell'esecuzione delle Legge sui prodotti chimici [9]. In caso di sospetti concreti ci si può rivolgere alle istituzioni cantonali specifiche.

Non è semplice identificare il legno trattato con prodotti chimici. Per esempio, non è possibile identificare in modo organolettico (in modo sensoriale) il legno trattato con PCP; occorre prelevare un campione superficiale di legno di 2–3 mm di spessore con uno scalpello. I campioni devono essere analizzati in laboratorio. Uno studio realizzato nel Canton Zurigo ha dimostrato che ca. il 10% degli edifici con tetto a falde costruiti fra il 1950 e il 1990 contengono parti di legno trattate con sostanze contenenti PCP e presentano concentrazioni di PCP relativamente importanti. [10] Qualora fossero constatate concentrazioni elevate di PCP, gli elementi di costruzione di legno vecchio devono essere consegnati agli impianti per il trattamento del legno vecchio o agli impianti di incenerimento dei rifiuti provvisti degli appositi sistemi di filtro dei gas di combustione.

2 Riutilizzo mirato del legno da costruzione

2.1 Generalità

Il riutilizzo mirato è caratterizzato dal recupero di elementi di costruzione dalla decostruzione di un edificio (oggetto di origine) per il successivo impiego in un nuovo edificio (oggetto di destinazione). Di regola in questo caso viene stipulato un contratto fra il mandante (committente) e il mandatario

(impresa) per la realizzazione di una costruzione con legno riutilizzato. L'impresario può fornire il materiale necessario per l'esecuzione dei lavori, recuperandolo in modo mirato dallo smontaggio di una costruzione (oggetto di origine), pure il materiale può essere fornito dal committente.

2.2 Attori della decostruzione per il riutilizzo

Più attori sono implicati nel processo di decostruzione, e ciò richiede una regolamentazione più articolata rispetto a quella prevista per i normali processi di costruzione. (vedi Figura 4). Il riutilizzo mirato del legno da costruzione proveniente dalla decostruzione (oggetto di origine) per un nuovo edificio (oggetto di destinazione) richiede ad esempio:

- dichiarazione di intenti/ convenzione di cessione fra il proprietario dell'oggetto di origine e il committente dell'oggetto di destinazione

- Contratto fra i progettisti (arch., ing.)
- Contratto di decostruzione con/senza smontaggio, o contratto di decostruzione con accettazione dello smontaggio da parte dell'impresa di riutilizzo
- Mandato per il riutilizzo nell'oggetto di destinazione
- Contratti di logistica (per esempio trasporto e deposito)

Figura 4
Fra tutti gli attori, come per esempio il committente dell'oggetto di destinazione, l'impresa di decostruzione, i progettisti, o ancora il committente dell'oggetto di destinazione, devono essere chiariti e stipulati per tempo i relativi contratti. [11]



2.3 Condizioni generali

L'uso di legno riutilizzato dovrebbe essere indicato in modo specifico nella convenzione di utilizzazione secondo la Norma SIA 260 [12]. Lo stesso vale per la base di progetto. In questo modo possono essere definiti, per esempio, anche le esigenze (durabilità, azioni) e i rischi particolari che derivano dall'utilizzo e dalle deformazioni degli elementi della costruzione (verifica dell'efficienza funzionale). Secondo la Norma SIA 118/265 cifra 1.1.2.3 [13] le indicazioni di appalto devono contenere tutte le indicazioni necessarie. L'impiego di legno riutilizzato deve essere quindi specificato nei docu-

menti di appalto. Inoltre, devono essere definiti la provenienza (oggetto di provenienza o commerciante), il trattamento eseguito per il riutilizzo o la classificazione in base alla resistenza. Devono, per esempio, essere definiti adeguati supplementi per gli scarti e per il trattamento dei difetti (p.es. riparazioni, intagli, forature da chiodatura). Se del caso l'indennizzo secondo la Norma SIA 118/265 cap. 2 [13] deve essere definito in modo specifico. In caso di impiego di legno riutilizzato è consigliabile descrivere esplicitamente tutte le prestazioni, incluse e non incluse. Anche le disposizioni della cifra 5.2.

[13] sulle dimensioni devono essere chiarite. Secondo l'articolo 165, par. 1 della Norma SIA 118 [14]. L'impresa è responsabile del fatto che l'opera sia priva di difetti, anche in caso di impiego di legno riutilizzato. L'impresa è responsabile senza riserve in relazione alla causa dei difetti. L'impresa incaricata del nuovo impiego del materiale è sog-

getta all'obbligo di cura (obbligo di notifica e di diffida) secondo la SIA 118, Art. 25 [14]. L'ingegnere civile, secondo gli accordi e nella sua funzione di direttore dei lavori secondo l'Ordinanza SIA 103 [15], può essere responsabile della sorveglianza e dei controlli.

2.4 Verifica dell'idoneità prima del riutilizzo

I seguenti aspetti permettono di valutare la possibilità di riutilizzare per gli elementi strutturali il legno di un edificio esistente:

- Età della costruzione: può dare le prime indicazioni sull'età dei materiali da costruzione (ammesso che non si tratti di materiali già riutilizzati)
- Utilizzazione dell'edificio: può dare indicazioni sui carichi e sulle sollecitazioni degli elementi della costruzione, sugli eventuali adesivi o trattamenti protettivi, rispettivamente sostanze dannose, applicati e relativi ad un uso precedente dell'edificio che a loro volta possono essere stati assorbiti dal legno
- Provenienza del legno: rilevante in vista di una ulteriore classificazione del legno secondo la resistenza
- Produttore dei prodotti da costruzione (dichiarazione di prestazione a dipendenza del prodotto, a partire dal 2006 per il legno massiccio e dal 2005 per il lamellare)

Visione dello stato del materiale

È consigliabile visionare l'edificio in presenza di un progettista specializzato prima dello smontaggio e definire gli elementi della costruzione adatti per il riutilizzo. Possono così essere immediatamente identificati e scartati dall'uso strutturale gli elementi con fessure da ritiro e rigonfiamento eccessive, con danni dovuti a sovraccarichi strutturali (fessure da taglio, deformazioni dovute a schiacciamento trasversale eccessivo, flessioni importanti), o ancora con danni di delaminazione o provocati da funghi o insetti distruttivi del legno. Questa scelta preliminare riduce drasticamente il lavoro successivo e permette di ridurre i costi. Le indicazioni per l'analisi e la valutazione si trovano in [16] e [17]. In caso di sospetto di presenza di sostanze problematiche (trattamenti superficiali, sostanze protettive, ecc.) devono essere presi dei campioni, secondo il capitolo 1.4. Un indizio della presenza di sostanze protettive problematiche è dato dalla presenza di efflorescenze cristalline. In alcuni casi, le tracce della lama dell'ascia sugli elementi infettati (verifica della distruzione da funghi o insetti) o le tracce di iniezioni sono indizi del trattamento con sostanze di protezione del legno [10].

Catalogo degli elementi da costruzione

Gli elementi scelti per il riutilizzo devono essere se possibile catalogati. Le informazioni essenziali per il riutilizzo, come per esempio le seguenti, possono essere registrate nel catalogo:

- Attribuzione di un numero di elemento
- Impiego allo stato precedente (p.es. trave, pilastro)
- Indicazioni sul carico strutturale
- Danni esistenti (p.es. fessure da essiccazione)
- Indicazioni sulle condizioni climatiche (classe di umidità)
- Se del caso, grado umidità del legno
- Allineamento con la dichiarazione di prestazione (attribuzione)
- eccetera.

Figura 5
Vecchio legno recuperato e immagazzinato protetto dalle intemperie, suddiviso per prodotto e dimensioni.



2.5 Trattamento prima del riutilizzo

Smontaggio

Lo smontaggio deve essere eseguito con cautela, in modo da non danneggiare gli elementi di costruzione. I mezzi di collegamento visibili (p.es. spinotti, parti di metallo) devono essere rimossi. I danni provocati da uno smontaggio non adeguato dovrebbero essere indicati nel catalogo degli elementi.

Deposito intermedio

Qualora un deposito intermedio fosse necessario, deve essere garantita la protezione dagli agenti climatici. Gli elementi da costruzione devono essere depositati in condizioni climatiche adeguate (vedi figura 5).

Trasporto

I trasporti necessari (p. es. Dall'oggetto di origine all'officina per il trattamento) devono garantire la protezione contro le intemperie.

Trattamento

Pulizia generale

Gli elementi di costruzione devono essere ripuliti da sporcizia, polvere, resti di malta o altri intonaci, in modo da ridurre al minimo il rischio per i macchinari usati per la lavorazione.

Parti metalliche

Le parti metalliche all'interno degli elementi di costruzione, come viti e chiodi, che potrebbero danneggiare i macchinari, devono essere marcate, trattate o se del caso eliminate.

Trattamenti superficiali

È consigliabile asportare i trattamenti superficiali (coloratura, lacca). In questo modo possono essere evidenziati gli eventuali danni non visibili durante le prime valutazioni. Le caratteristiche del legno (nodi, inclinazione della fibratura, ecc.) sono in questo caso meglio riconoscibili e la classificazione secondo la resistenza si semplifica.

Indebolimenti delle sezioni

Le riduzioni sezionali (fori, intagli, riduzioni locali della sezione, ecc.) devono essere valutate in relazione al riutilizzo, oppure le parti che le contengo-

no devono essere eliminate. Se del caso, le indicazioni o le esigenze che ne risultano devono essere inserite nel catalogo degli elementi di costruzione.

Umidità del legno

Gli elementi di costruzione in legno devono essere posati con un tasso di umidità corrispondente alle condizioni ambientali della situazione di impiego normale. Gli elementi previsti per il riutilizzo devono essere scelti in funzione delle condizioni di umidità dell'oggetto di destinazione secondo la Norma SIA 265 cifre 3.2 e 8.2.1 [18], o condizionati di conseguenza.

Classificazione secondo la resistenza e valutazione

Le indicazioni sulla classificazione secondo la resistenza del legno massiccio si trovano nella Norma SIA 265/2 [19]. Le indicazioni relative al legno massiccio riutilizzato e al dimensionamento degli elementi di legno massiccio si trovano nel capitolo 3. Per la valutazione e il dimensionamento di elementi di legno massiccio con giunti incollati e lamellare incollato, le indicazioni si trovano nel capitolo 4. I risultati della valutazione e della classificazione secondo la resistenza devono essere anch'essi inseriti nel catalogo degli elementi.

Fessure da ritiro

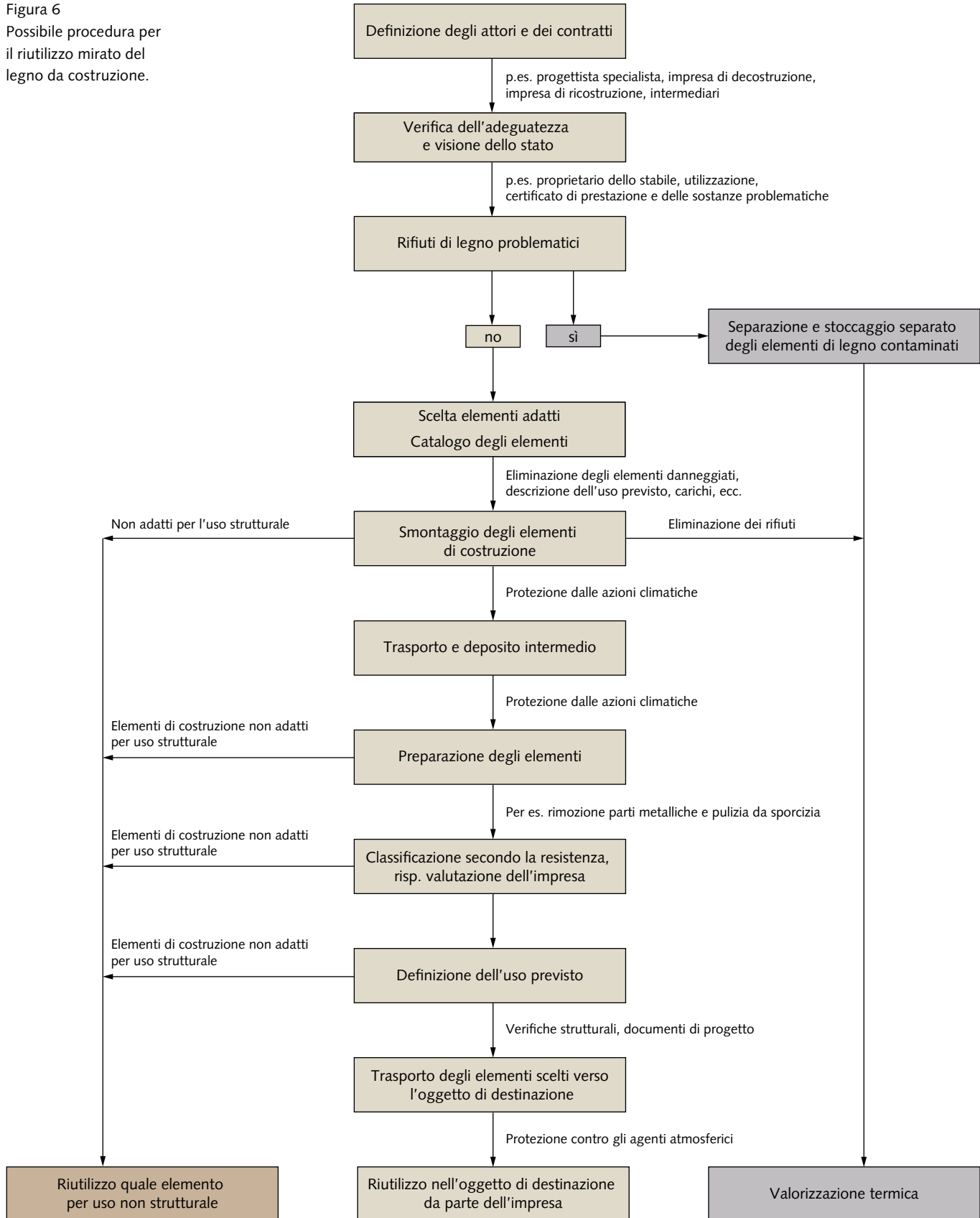
Deve essere valutato l'effetto delle fessure da ritiro sul comportamento strutturale e sulle deformazioni degli elementi da costruzione. Le fessure da ritiro, ad esempio, riducono la larghezza sezionale disponibile per le sollecitazioni a taglio degli elementi inflessi, riducendone la resistenza a taglio. Le indicazioni sulle fessure da ritiro ammissibili nel legno massiccio e nel legno lamellare incollato si trovano nella cifra 4.2.1 della Norma SIA 269/5 [20].

Dimensioni e curvature

Le dimensioni delle sezioni, la lunghezza degli elementi e l'ampiezza delle curvature, come pure le deformazioni importanti dovute alla viscosità del materiale, devono essere considerate secondo la Norma SIA 265 cifra 8.2.4 [18] e se del caso registrate nel catalogo degli elementi di costruzione.

2.6 Diagramma di flusso per il riutilizzo mirato del legno da costruzione

Figura 6
Possibile procedura per
il riutilizzo mirato del
legno da costruzione.



3 **Indicazioni per la valorizzazione del legno massiccio**

3.1 **Effetti dell'invecchiamento**

Con invecchiamento si definisce la modifica naturale o artificiale delle caratteristiche del materiale sul lungo termine. Sul legno, nell'impiego pratico, agiscono molti fattori che possono modificarne, con il passare del tempo, in modo diverso il comportamento (vedi Figura 8). Gli effetti climatici (irraggiamento UV del sole, cambiamenti climatici, precipitazioni) provocano modifiche cromatiche della superficie e il susseguirsi alternato di umidità elevata (pioggia) e dell'essiccazione (insolazione) provoca la formazione di fessure. La lignina viene inoltre scomposta e dilavata tramite l'azione dei

raggi UV (il legno di primavera, meno duro, è dilavato più rapidamente del legno invernale) e la superficie ingrigisce. Inoltre, anche i funghi provocano variazioni cromatiche. L'effetto di sostanze aggressive (sostanze chimiche o metalli) comporta danni del legno a partire dalla sua superficie, dovuti a processi chimico-fisici. L'effetto della lunga durata di una sollecitazione meccanica sulla resistenza può essere trascurato per i carichi usuali delle costruzioni; solo in caso di carichi molto elevati si manifestano riduzioni della resistenza permanenti [21].

3.2 **Durabilità**

La probabilità che il legno di conifera sia attaccato da insetti che distruggono il legno diminuisce con l'aumento dell'età del legno, anche se la letteratura riporta indicazioni divergenti sull'età a partire dalla quale questi fenomeni non si innescano più. Di solito, a partire da 50 fino a 60 anni di età del legno non ci deve più aspettare attacchi dal capricorno delle case; il legno vecchio con più di 100 anni non è di regola più adatto quale nutrimento per le larve

[22]. Resta comunque valido il principio che le eccezioni confermano la regola. È quindi più che auspicabile applicare, in riferimento alla durabilità naturale del legno riutilizzato, le medesime esigenze (secondo la Norma SN EN 350 [23]) che valgono per gli elementi da costruzione nuovi. Le classi di utilizzazione e le indicazioni per l'impiego devono essere definite conformemente a quanto indicato in [24].

3.3 **Analisi della resistenza del legno massiccio**

Rug e Seeman [25] [26] hanno analizzato già negli anni '80 le caratteristiche di resistenza del legno massiccio invecchiato. Hanno eseguito le loro analisi tramite il metodo della perforatura su legno di abete, di pino e di rovere. I campioni analizzati avevano un'età fra i 60 e i 200 anni. Le analisi della resistenza alla compressione parallelamente alla fibratura (1384 provini) hanno portato a concludere che non esistono differenze di resistenza rispet-

to al legno nuovo. Niemz e Sonderegger [21] indicano che il legno in condizioni di clima secco ha una durata praticamente senza limiti. Si riducono le variazioni di ritiro e rigonfiamento relativi; le caratteristiche di resistenza, per contro, non si modificano, o lo fanno di poco. Un riassunto dei risultati di diverse ricerche sul legno massiccio invecchiato si trova in [27].

3.4 **Classificazione secondo la resistenza del legno massiccio**

Secondo [28], il legno massiccio previsto per il riutilizzo e senza danni può essere classificato in base alla resistenza seguendo i medesimi criteri definiti dalle prescrizioni per la classificazione del legno massiccio nuovo. Per la classificazione secondo la resistenza vale la Norma SN EN 14081-1 [29]. La Norma SN EN 1912 regola l'appartenenza alle classi di resistenza. Per la classificazione visiva della resistenza del legno massiccio si usa in Svizzera la Norma DIN 4074-1[30] quale riferimento, disponibile anche come Norma SIA 265/2 [19]. Il legno massiccio di latifolia deve essere classificato secondo la Norma DIN 4074-5 [31].

Anche i risultati della classificazione secondo la resistenza devono essere indicati nel catalogo. È consigliabile che il progettista strutturale e l'impresa si accordino per tempo sul modo di comportarsi con i difetti dovuti a forature, oppure a intagli di diverso tipo, o ancora in casi di fori di chiodi. In caso di commercializzazione (vedi cap. 6) sulla base della legge sui prodotti da costruzione [32], la classificazione secondo la resistenza deve essere eseguita da un'impresa che possa poi emettere la dichiarazione di prestazione del materiale.

3.5 Verifica della sicurezza strutturale

Per la verifica della sicurezza strutturale valgono le Norme SIA 265 [18] e SIA 265/1 [33].

Nel caso del legno massiccio per il riutilizzo, occorre prestare particolare attenzione allo scostamento al centro dell'elemento della forma effettiva dell'elemento rispetto alla retta di riferimento per la misura della lunghezza. Secondo la Norma SIA 265 cifra 8.2.4 [18] vale per gli elementi compressi di legno massiccio una divergenza massima ammissibile di $l/300$, e per le travi inflesse di $l/600$. Le riduzioni della sezione dovute alla presenza di fessure,

o di altri difetti vari quali forature, intagli diversi, fori per spinotti e bulloni o altro, devono essere prese in considerazione per la verifica della sicurezza strutturale (verifica della sezione netta). Per i collegamenti del legno massiccio riutilizzato, le esigenze della Norma SIA 265 cifra 8.4 e 8.5 [18] per le caratteristiche del legno nella zona dei collegamenti devono essere rispettate. A causa della possibile forte riduzione della resistenza dovuta alla presenza di fessure, ciò può comportare limitazioni nelle prestazioni e nelle possibilità di impiego.

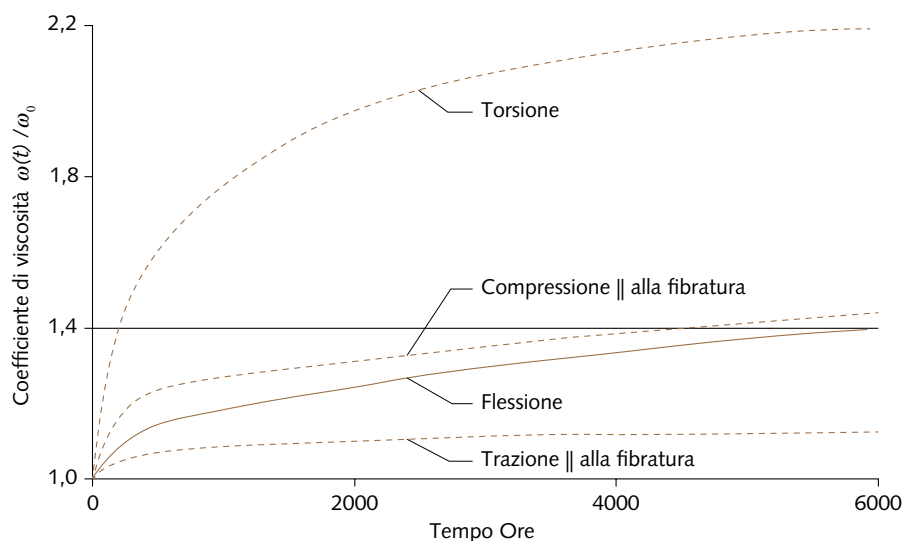
3.6 Verifica dell'efficienza funzionale

Le deformazioni degli elementi di legno si determinano sulla base della teoria dell'elasticità. Se gli elementi di legno sono sollecitati per lungo tempo, alle deformazioni elastiche (iniziali) si aggiungono quelle dovute alla viscosità del materiale e dipendenti dal carico; la somma di entrambe descrive le deformazioni totali. [34] Togliendo i carichi agenti sulla struttura, le deformazioni elastiche si riducono completamente e scompaiono; le deformazioni viscosi sono, invece, permanenti e irreversibili. Le deformazioni viscosi dipendono dalla durata del carico, dal livello di sollecitazione, dall'umidità del legno e dalla temperatura. Si distingue fra la viscosità primaria (deformazione a crescita rapida), viscosità secondaria (stabilizzazione) e viscosità terziaria (crescita progressiva); in caso di carico

troppo elevato si arriva col tempo al collasso del materiale [35].

La componente viscosa dipende dal tipo di sollecitazione. In caso di sollecitazione a trazione pure, le deformazioni viscosi sono più piccole, mentre la sollecitazione torsionale provoca le deformazioni viscosi più grandi (vedi figura 7). Per la verifica dell'efficienza funzionale vale la Norma SIA 265, con i coefficienti di viscosità secondo la tabella 5 [18]. Se nell'elemento di costruzione sono presenti deformazioni viscosi irreversibili dovute al carico precedente, e se le sollecitazioni della situazione di riutilizzo sono della stessa grandezza, allora i coefficienti di viscosità secondo la Norma SIA 269/5 cifra 4.3.2 [20] possono essere conseguentemente ridotti.

Figura 7
Effetto del tipo di sollecitazione sul comportamento viscoso del legno secondo [36].



3.7 Protezione antincendio

Le verifiche della sicurezza strutturale in caso di incendio sono eseguite come sul legno nuovo. La

determinazione della sezione residua ideale può essere eseguita secondo la Norma 265 Tab. 13 [18].

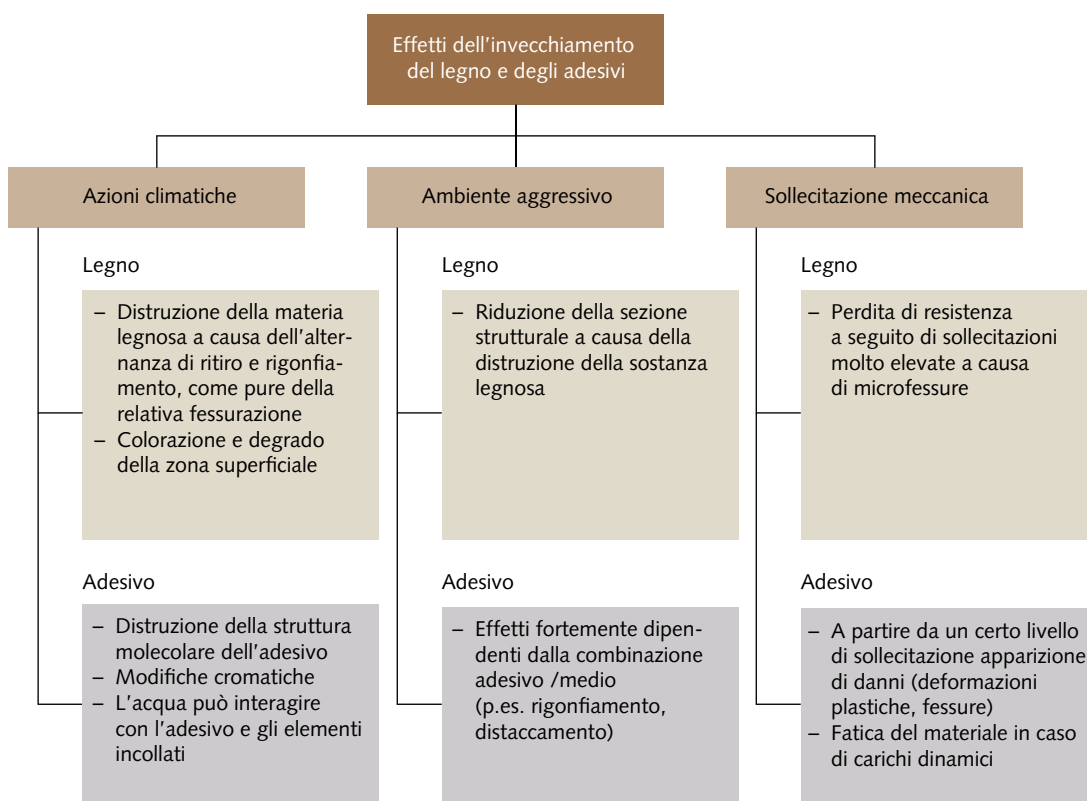
4 Indicazioni per la valorizzazione dei prodotti di legno massiccio incollato

4.1 Effetto dell'invecchiamento degli adesivi

Quasi tutti gli adesivi sono soggetti a variazioni durante il loro uso, che dipendono dalle condizioni di uso e da quelle ambientali (temperatura, irraggiamento UV, umidità relativa dell'aria), si veda la figura 8. Si tratta di modifiche della struttura molecolare o cristallina nello strato di adesivo, nella superficie di adesione e nelle parti collegate con l'adesivo. Da ciò risulta, per esempio, una riduzione

ne della resistenza dell'adesivo, l'aumento della fragilità dell'adesivo o la riduzione dell'adesione con il materiale incollato. A ciò si aggiungono le modifiche dell'aspetto, per esempio nella tonalità del colore o nell'indice di rifrazione, ma anche la screpolatura o la fessurazione dello strato di adesivo o delle parti incollate fra loro [37].

Figura 8
Effetti dell'invecchiamento del legno [21] e degli adesivi [37].



4.2 Analisi della resistenza del legno lamellare incollato

In caso di elementi di costruzione in legno incollati non è rilevante soltanto la resistenza del legno, ma occorre considerare anche le caratteristiche dell'adesivo utilizzato. Lo sviluppo del legno lamellare incollato è fortemente correlato con l'evoluzione delle colle e degli adesivi. Fino alla metà del secolo scorso si usavano prevalentemente adesivi basati su polimeri animali o vegetali (caseina). Più tardi sono state usati quasi esclusivamente sistemi adesivi sintetici. Le analisi della resistenza sul legno lamellare incollato in relazione ai diversi adesivi (per gli adesivi a base di caseina si veda la descrizione contenuta in [38]) possono dare qualche indicazione sulla durabilità e sulla resistenza degli elementi di legno lamellare incollato riutilizzati.

Phenol-Formaldeide (PF)

Negli anni '90 sono state analizzate 16 strutture di legno lamellare incollato con adesivi a base di Fenolformaldeide e acidi p-toluolsolfonici (catalizzatore), tramite analisi visive, meccaniche e microscopiche. Gli elementi di costruzione di questo studio avevano un'età media di 18 anni (durata di vita fra 8 e 33 anni), si trovavano nei comuni tedeschi di Hermsdorf, Neuruppin e Löcknitz, ed erano stati prodotti con questo adesivo per ragioni economiche. L'elaborazione dei risultati delle prove non ha evidenziato nessuna variazione significativa della resistenza [39].

Urea-Formaldeide (UF)

Già negli anni '70 è stato analizzato l'effetto dell'invecchiamento degli adesivi a base di urea, usati per la produzione di elementi costruttivi di legno lamellare incollato, sulla resistenza strutturale dei medesimi elementi. Si trattava di elementi con un'età media di 15–20 anni. L'elaborazione dei risultati e delle prove di controllo non ha evidenziato nessuna variazione significativa della resistenza. [40]

Nel 2012 è stata conclusa un'ampia analisi su elementi strutturali di legno lamellare incollato con adesivi a base di urea-formaldeide. [41] Questo lavoro di ricerca comprendeva le prove più disparate (analisi delle costruzioni, prove di taglio, analisi microscopiche). Una valutazione conclusiva di tutti i risultati conclude che il legno lamellare incollato con adesivo di tipo UF, prodotto e impiegato conformemente alle prescrizioni, non rappresenta un rischio più elevato rispetto alla resistenza, se confrontato con elementi costruttivi realizzati con adesivi melaminici (MUF) o a base di resorcina (PRF). Si è però constatato che gli elementi di legno incollato con adesivi a base di urea (UF), sottoposti a determinate condizioni climatiche, potevano presentare danni tanto gravi da provocarne il collasso strutturale. Si trattava in questi casi di condizioni di impiego con umidità molto elevate per lunghi periodi di tempo, per esempio a seguito di un'umidità dell'aria molto elevata (vedi figura 9) e specialmente a causa della formazione di condensazione, come spesso accadeva nelle coperture fredde di quell'epoca. Inoltre, le condizioni di utilizzazione con temperature molto elevate, di 40 fino a 60 °C, per lungo tempo, comportano l'ingrassimento dell'adesivo e sono nocive in modo sostanziale all'integrità dello strato di adesivo. Queste temperature si manifestano – ad eccezione delle fornaci e delle panetterie – in particolare nelle coperture fredde con strati sospesi di isolanti termici e fonoassorbenti. [41]

Non ci sono risultati pubblicati di analisi di legno lamellare incollato con adesivi di tipo, ad esempio, resorcina-formaldeide (RE), o melamina-formaldeide (MF) o poliuretani monocomponente (PUR), come sono usati in Svizzera negli ultimi 30 anni. In [42] si trova un riassunto e l'analisi degli studi più diversi sugli adesivi impiegati per la produzione di legno lamellare incollato e di materiali a base di legno. I risultati, basati essenzialmente su misure di micro e macro meccanica, possono essere riassunti come segue: gli adesivi utilizzati per l'incollatura del legno mostrano una notevole variabilità nelle loro caratteristiche meccaniche, in-

Figura 9
Prodotti di legno, quale legno lamellare incollato, già esposti a forti sollecitazioni, dovute alle condizioni climatiche, sono da escludere per un riutilizzo quali opere con funzioni di sostegno.



fluenzata in modo significativo sia dalla loro composizione sia dalle condizioni climatiche. L'umidità provoca la riduzione della rigidità, mentre la resistenza diminuisce con le alte temperature.

Le analisi eseguite permettono di concludere che il riutilizzo del legno lamellare incollato impone di prendere in considerazione le sollecitazioni strutturali e climatiche che ha subito in precedenza il materiale, come pure il tipo di costruzione, nella decisione di riutilizzarlo (vedi Norma SIA 265 cifra 6.11.2.2 e 7.4.1 [18]).

Alla luce delle diverse composizioni degli adesivi usati attualmente e nel passato, non è possibile

definire delle regole generali sul loro invecchiamento. La resistenza e la durabilità degli adesivi dipendono in modo importante dagli effetti esterni e dalla loro interazione.

Quali indicatori di un'elevata sollecitazione dello strato di adesivo valgono la separazione del collegamento incollato e la presenza di fessure negli elementi incollati in prossimità della superficie incollata (vedi figura 12). Un difetto riconoscibile è la variazione dello spessore dello strato di adesivo, che rimanda ad una qualità di produzione insufficiente.

4.3 Valutazione del legno massiccio con giunti incollati

Le indicazioni della resistenza di dimensionamento per il legno massiccio con giunti incollati sono definite in Svizzera in modo normativo dal 2012. Il legno massiccio con giunti incollati è considerato nella Norma SIA 265 dal 2012 con le medesime caratteristiche del legno massiccio. La produzione di legno massiccio con giunti incollati è normata solo dal 2014, nella Norma armonizzata SN EN 15497 [43]. Per i prodotti più vecchi fanno stato, in funzione del paese di riferimento, le diverse esigenze di produzione. Ad esempio, in Germania sono state definite nel 1994 le caratteristiche del legno massiccio con giunti incollati tramite una convenzione fra l'associazione delle segherie e dell'industria del legno con l'associazione dei

carpentieri. [44] In caso di commercializzazione (vedi capitolo 6). La valutazione del legno massiccio con giunti incollati deve essere eseguita, come previsto dalla legge sui prodotti da costruzione [32], da un'impresa specializzata in grado, se necessario, di redigere un certificato di prestazione. Qualora venissero eliminati i giunti a pettine dal legno massiccio con giunti longitudinali, ne risulterebbero elementi di legno massiccio che, secondo la Norma SN EN 14081-1 in caso di commercializzazione (vedi capitolo 6) e sulla base della legge sui prodotti da costruzione, devono essere classificati secondo la resistenza ed essere oggetto di una dichiarazione di prestazione.

4.4 Valutazione del legno massiccio incollato

Le indicazioni della resistenza di dimensionamento per il legno massiccio incollato sono definite in Svizzera in modo normativo dal 2012. Il legno massiccio con giunti incollati è considerato nella Norma SIA 265 dal 2012 con le medesime caratteristiche del legno massiccio. Nel caso di legno massiccio incollato di importazione (detto anche Trave DUO, rispettivamente TRIO) è possibile constatare delle differenze rispetto a quanto indicato nella Norma SN EN 14080 [45]. In questi casi si tratta di regola di legno massiccio incollato secondo l'omologazione ufficiale tedesca Z. 9.1-440.

Questi prodotti del tipo legno massiccio incollato possono essere provvisti di giunti a pettine sull'intera sezione oppure anche di incollature sul lato stretto. La produzione di legno massiccio incollato [45] è regolamentata dalla Norma SN EN 10080 sin dal 2013. Per i prodotti più vecchi fanno stato, in funzione del paese di riferimento, le diverse esigenze di produzione. In caso di commercializzazione (vedi capitolo 6), sulla base della legge sui prodotti da costruzione [32], questi elementi devono essere classificati secondo la resistenza ed essere oggetto di una dichiarazione di prestazione.

4.5 Valutazione del legno lamellare incollato

Il dimensionamento del legno lamellare incollato è normato in Svizzera fin dal 1953. Nel contesto di una valutazione per il riutilizzo, dovrebbe quindi essere nota la normativa di riferimento utilizzata all'epoca per il dimensionamento dell'elemento di costruzione di legno lamellare in oggetto. Per il dimensionamento del legno lamellare erano e sono in vigore in Svizzera le seguenti Norme:

- Norma SIA 164:1953
dal 1° dicembre 1953 fino al 1° ottobre 1981
- Norma SIA 164:1981/92
dal 1° ottobre 1981 fino al 30 giugno 2004
- Norma SIA 265:2003
dal 1° gennaio 2003 fino al 31 dicembre 2011
- Norma SIA 265/1:2003
dal 1 gennaio 2003 fino al 31 dicembre 2008
- Norma SIA 265/1:2009
dal 1° gennaio 2009 fino al 31 agosto 2018
- Norma SIA 265:2012
dal 1° gennaio 2012 fino al 30 aprile 2021
- Norma SIA 265/1:2018
dal 1° settembre 2018
- Norma SIA 265:2021
dal 1° maggio 2021

Il materiale prodotto a partire dal 2005 deve rispettare esigenze di produzione diverse, in funzione del paese di produzione. In Germania, ad esempio, si produceva legno lamellare incollato sulla base della Norma DIN 1052:1988 nelle classi di resistenza BS 11, BS14, BS16, BS18, mentre più tardi si è prodotto legno lamellare nelle classi GL24, GL28, GL32 e GL36 secondo la Norma DIN 1052:2004. [46] In Svizzera la produzione di legno lamellare avveniva dal 2005 prevalentemente sulla base della direttiva SFH [47], mentre a partire dal 2013 si applica la Norma armonizzata

SN EN 14080 [45]. Qualora sia possibile definire il periodo di produzione del legno lamellare incollato, in Svizzera è possibile attribuirgli una classe di resistenza sulla base dell'allegato A della Norma SIA 269/5 [20], rispettivamente secondo le Norme SIA 265:2003 e SIA 265:2012. Per il legno lamellare prodotto prima del 1953, o che non corrisponde alle prescrizioni delle Norme SIA 164:1953, o SIA 164:1981/92, o ancora della serie di Norme SIA 265, i valori della resistenza devono essere determinati tramite procedure appropriate. Ad esempio, il metodo degli ultrasuoni permette un apprezzamento delle caratteristiche di rigidità e resistenza. In funzione delle procedure usate, è possibile determinare le sezioni indebolite, le fessure e le delaminazioni dell'elemento di costruzione. Per il riutilizzo, il tipo di adesivo usato in produzione dovrebbe essere noto. Non tutti gli adesivi sono, infatti, adeguati per tutte le classi di umidità (vedi Norma SIA 265 tabella 43 [18]). Il tipo di adesivo può essere determinato tramite un'analisi chimica. Il riutilizzo di legno lamellare incollato di importazione richiede un approccio basato sul buon senso. Le fessure provocate da ritiro e rigonfiamento del legno lamellare incollato devono essere valutate sulla base di criteri diversi che per il legno massiccio. In [20] e [48] si trovano delle indicazioni per la determinazione della profondità delle fessure e dei rispettivi valori ammissibili. Le fessure del legno lamellare incollato possono essere riparate come descritto in [49]. In caso di commercializzazione (vedi cap. 6), la valutazione del legno lamellare incollato deve essere eseguita da un'impresa specializzata, che ne possa redigere, se del caso, un certificato di conformità come descritto nella Legge sui prodotti da costruzione [32].

4.6 Verifica della sicurezza strutturale e dell'efficienza funzionale

Con i valori della resistenza e delle altre caratteristiche, determinati con la valutazione del materiale, devono essere eseguite le verifiche della sicurezza strutturale e dell'efficienza funzionale, secondo le Norme SIA 265 [18] e SIA 265/1 [33]. Per il riutilizzo di elementi di legno massiccio con giunti incollati, di legno massiccio incollato e legno lamellare incollato, occorre prestare particolare attenzione alla forma degli elementi e cioè alla deviazione della zona centrale dell'elemento rispetto alla linea retta di riferimento per determinarne la lunghezza. Secondo la SIA 265 cifra 8.2.4 [18], il

valore massimo di questa deviazione per gli elementi compressi di legno lamellare incollato vale $l/500$, per gli elementi compressi di legno massiccio con giunti incollati o di legno massiccio incollato vale $l/300$, e per le travi inflesse vale $l/600$. Qualora il riutilizzo del legno lamellare incollato avvenga sotto forma di trave inflessa con le lamelle disposte verticalmente, si può valutare l'applicazione del coefficiente di sistema come definito nella SIA 265 cifra 5.7. Le indicazioni dei capitoli 3.2, 3.5, 3.6 e 3.7 devono essere applicate di conseguenza.

5 Raccomandazioni sul riutilizzo del legno da costruzione

Il riutilizzo del legno da costruzione per uso strutturale richiede un'approfondita valutazione del materiale originale. Le possibilità di riutilizzo del legno da costruzione restano comunque molteplici. È compito dei progettisti trovare le possibilità di applicazione migliori.

Il legno massiccio è particolarmente adatto al riutilizzo per scopi strutturali (vedi figura 15). Oltre alla classificazione secondo la resistenza, dev'essere verificata soltanto la presenza di trattamenti protettivi precedenti con sostanze oggi non più ammissibili. Ciò riguarda di fatto soltanto legno di provenienza da costruzioni realizzate fra il 1950 e il 1990, con l'osservazione che soltanto una percentuale minima di questo materiale è effettivamente problematico (vedi cap. 1.4). Oltre due terzi degli edifici oggi esistenti in Svizzera sono stati realizzati prima o dopo questo periodo.

Nel contesto del trattamento per il riutilizzo del legno massiccio, è possibile suddividere le parti con fessure non ammissibili (vedi figura 10) in modo da ottenere due sezioni separate, che possono essere riutilizzate. In alternativa l'impiego degli elementi di legno può essere progettato in modo che l'effetto delle fessure sulla capacità portante non sia determinante. Gli elementi da costruzione che non possono essere più usati per uso strutturale a causa della classificazione secondo la resistenza (vedi figura 16) possono comunque riutilizzati per elementi non portanti o trasformati tramite lavorazione adeguata in altri prodotti.

La valutazione di prodotti di legno incollato per il loro riutilizzo è, invece, decisamente più complessa. In linea di principio il riutilizzo, come trave inflessa o come elemento sollecitato a trazione, di

elementi di legno massiccio con giunti incollati, come pure di legno massiccio incollato o lamellare incollato con giunti a pettine incollati dell'intera sezione strutturale, (giunto a pettine universale, vedi figura 11) non è consigliato.

Come descritto nel capitolo 4.2, l'uso precedente dell'elemento di costruzione (sollecitazioni dovute all'effetto di temperatura e umidità) ha un effetto sulle caratteristiche degli adesivi. Nel caso di riutilizzo di elementi di legno incollato, che secondo la Norma SIA 265 [18] sono stati utilizzati nella classe di umidità 1 (corrispondente ad una umidità media del legno $\leq 12\%$, in condizione di protezione dalle intemperie), gli effetti dell'invecchiamento del legno e degli adesivi sono di regola poco rilevanti. Di conseguenza, gli effetti sulle caratteristiche meccaniche di questi elementi sono più ridotti rispetto agli elementi direttamente esposti alle intemperie (vedi figura 12).

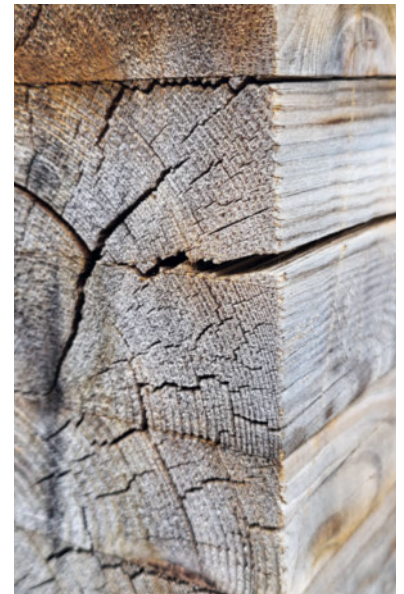
Per il riutilizzo degli elementi di legno massiccio realizzati tramite l'impiego di adesivi in una struttura portante è comunque indispensabile eseguirne un'accurata verifica.

Qualora questi elementi incollati non possano essere valutati in modo esaustivo per un riutilizzo, resta comunque possibile impiegarli come elementi costruttivi secondari, per esempio come corrente orizzontale delle pareti (elemento di soglia), o come architrave o altro elemento con le lamelle orientate verticalmente in un pacchetto di tavole o in un solaio massiccio. È sempre possibile, inoltre, impiegarli come elementi non strutturali di pareti inteliare, o addirittura sottoporli ad un'ulteriore lavorazione per produrne altri materiali a base di legno.

Figura 10 (sinistra)
Sezioni di legno massiccio con fessure non accettabili possono essere suddivisi per il riutilizzo.

Figura 11 (centro)
Indipendentemente dalla presenza di giunti a pettine difettosi, come nell'immagine, il riutilizzo come trave inflessa o come elementi sollecitati a trazione di elementi di legno con giunti a pettine universali non è consigliabile.

Figura 12 (destra)
Il legno lamellare incollato esposto alle intemperie con fessure da delaminazione (in alto nell'immagine) e fessure importanti (fessure superiore) è escluso dal riutilizzo con funzioni strutturali.



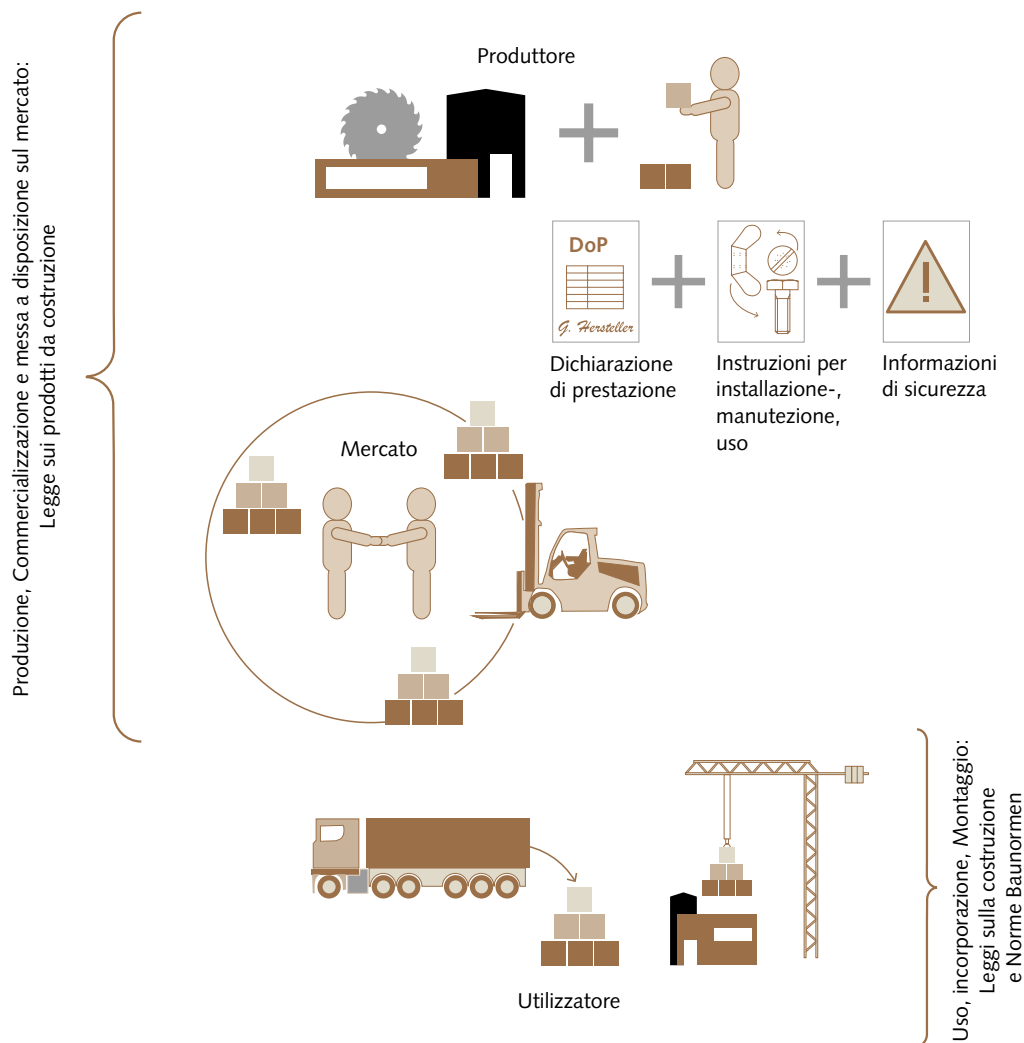
6 Commercializzazione del legno da costruzione trattato

La commercializzazione del legno da costruzione per il riutilizzo per uso strutturale avviene sulla base della Legge sui prodotti da costruzione [32]. Sono prodotti da costruzione (Art. 2 Abs. 1 LProdC [32]) secondo la medesima legge (entrata in vigore il 1° ottobre 2014 con un periodo transitorio fino al 15 giugno 2015) tutti i prodotti che sono fabbricati e immessi in commercio per essere incorporati in modo permanente in opere di costruzione o in parti di esse, e la cui prestazione incide sulla prestazione delle opere di costruzione rispetto ai requisiti di base delle opere stesse. Il progettista si affida alla dichiarazione di prestazione per valutare se il prodotto rispetta le prestazioni richieste dalla costruzione. Le prestazioni annunciate in una Dichiarazione di prestazione (DoP) sono descritte nelle relative Norme armonizzate (hEN), oppure nelle Valutazioni tecniche europee (ETA). Queste prestazioni rappresentano le caratteristiche essenziali dei prodotti da costruzione.

[50] Per il legno da costruzione di legno massiccio, di legno massiccio con giunti incollati, di legno

massiccio incollato e di legno lamellare incollato esistono norme armonizzate. Per la classificazione secondo la resistenza del legno massiccio vale in principio la Norma armonizzata SN EN 14081-1 [29], per il legno massiccio con giunti incollati per uso strutturale la Norma armonizzata SN EN 15497 [43], e per il legno massiccio incollato, come pure per il legno lamellare incollato, vale la Norma armonizzata SN EN 14080 [45]. Secondo l'articolo 5 par. 2 LProdC [32] si può rinunciare alla Dichiarazione di prestazione quando il prodotto è un unico esemplare o è realizzato su specifica del committente in un processo non in serie, e quando il produttore stesso lo incorpora nell'opera di costruzione. Non necessitano di Dichiarazione di prestazione i prodotti realizzati in cantiere o che sono realizzati con metodi tradizionali, per esempio per edifici che sottostanno alla conservazione del patrimonio. Secondo Art. 4 cap. 1 LProdC [32], i prodotti da costruzione possono essere immessi in commercio solo se sono sicuri ai sensi dell'articolo 3 cap. 1 della Legge federale sulla Sicurezza dei prodotti

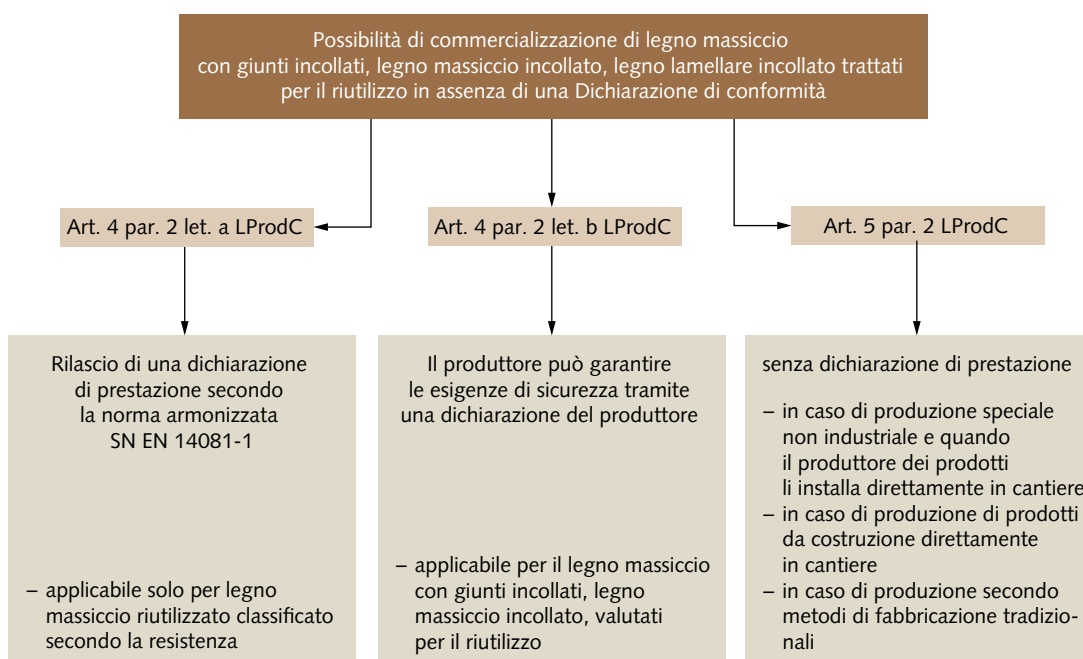
Figura 13
Commercializzazione dei prodotti da costruzione, secondo la «Guida alla legislazione sui prodotti da costruzione», 2017 [53].



(LSPro) [51]. I prodotti da costruzione per i quali non esistono norme armonizzate o valutazioni tecniche europee devono garantire la sicurezza corrispondente alle ragionevoli aspettative degli utilizzatori. (Art. 4 par. 2 let. b LProdC [32]). Il produttore di prodotti da costruzione non armonizzati, o senza una valutazione tecnica europea, può redigere una dichiarazione del fabbricante, che può fare riferimento a una norma tecnica designata in virtù dell'art. 12 cap. LProdC [32]. Il commerciante garantisce solo la completezza della documentazione, e non la sicurezza del prodotto da costruzione (art. 13 BauPV [52]), a meno che modifichi un prodotto da costruzione o lo metta in commercio con il proprio nome o marchio (art. 10 par. 2 LProdC [32]). Produttori e importatori che importano prodotti dall'esterno dell'EU/dello SEE verso l'UE/lo SEE devono garantire la sicurezza dei prodotti da costruzione (vedi figura 13). Il riutilizzo dei prodotti da costruzione coinvolge l'impresa che costruisce, il progettista e il committente, quali utilizzatori di prodotti da costruzione. Quindi, per esempio, il legno massiccio che dovesse essere riutilizzato per uso strutturale, prima di poter essere messo in circolazione, deve essere sottoposto ad una classificazione secondo la resistenza e deve essere rilasciata una dichiarazione di conformità. L'impresa, che per la prima volta rilascia una dichiarazione di conformità è l'operatore del prodotto da costruzione. Qualora la commer-

cializzazione avvenga tramite un intermediario che esegue una lavorazione ulteriore sul legno da costruzione rivalutato e classificato secondo la resistenza (p. es. modificando la sezione tagliando degli elementi di legno segato), lo stesso assume il ruolo del commerciante secondo art. 10 par. 2 LProdC [32] e deve emettere la dichiarazione di conformità. In generale la valutazione dei prodotti da costruzione deve avvenire secondo art. 6 LProdC [32]. Il legno massiccio con giunti incollati, il legno massiccio incollato e il legno lamellare incollato trattati per il riutilizzo non possono essere commercializzati sulla base di norme armonizzate. La Norma SN EN 14080 [45] definisce le esigenze minime per le prestazioni e per la produzione. Siccome la produzione del legno massiccio con giunti incollati, del legno massiccio incollato, e del legno lamellare incollato è già avvenuta in precedenza, la verifica della produzione a posteriori non è possibile. La Norma SN EN 15497 [43] prescrive anche le esigenze minime dei prodotti e della produzione. La sicurezza del legno massiccio con giunti incollati, del legno massiccio incollato, e del legno lamellare incollato può essere garantita sulla base dell'art. 4 par 2 let. b LProdC [32]. La figura 14 mostra le possibilità della commercializzazione del legno da costruzione trattato per il riutilizzo secondo la legge sui prodotti da costruzione [32].

Figura 14
Possibilità di commercializzazione di prodotti da costruzione di legno armonizzati secondo la legge sui prodotti da costruzione. [32]



7 Prospettiva

Alla luce della sempre maggiore importanza dell'efficacia dell'economia circolare e della necessità di valorizzare i vantaggi di processi di costruzione sostenibili, è importante che anche la costruzione in legno elabori concetti e procedure adeguate, in modo che fin da subito sia possibile valorizzare e riutilizzare gli elementi e il materiale da costruzione in legno nella progettazione di nuove costruzioni. Per rivalorizzare e riutilizzare gli elementi di costruzione in legno è importante che ciò sia implementato fin dall'inizio nella progettazione architettonica e strutturale. La stretta collaborazione fra l'architetto e il progettista strutturale è quindi una premessa essenziale. La progettazione e la realizzazione delle costruzioni non devono essere basate, come finora, soltanto sugli aspetti

del consumo ridotto delle risorse, dell'elevata durabilità e della possibilità di una manutenzione efficace, ma devono in futuro prevedere costruzioni modulari che permettano uno smontaggio semplice.

Per ottenere ciò occorre scegliere i materiali adatti, progettare costruzioni che siano smontabili e utilizzare elementi di legno e materiali a base di legno che siano riutilizzabili. Le procedure BIM possono essere un aiuto importante in questo contesto, in quanto permettono di raccogliere e descrivere in modo digitale gli elementi della costruzione con tutte le loro caratteristiche, che rappresentano le informazioni essenziali per il loro riutilizzo, e che saranno disponibili anche in futuro.

L'energia necessaria per i processi di valorizzazione e di riutilizzo può essere ridotta al minimo prevedendo e progettando la possibilità di smontaggio semplice, di elementi costruttivi di dimensioni ridotte, di collegamenti facilmente smontabili, come pure progettando edifici nuovi con dimensioni ed esigenze di utilizzo simili a quelle dell'edificio che è stato dismesso, o ancora riducendo le distanze di trasporto. Il risparmio economico che ne deriva e la riduzione dell'impatto ambientale provocato dalla decostruzione e dal trasporto rappresentano vantaggi evidenti.

Un'economia circolare efficace impone la collaborazione di tutti gli attori del processo della costruzione. Committenti, progettisti e artigiani possono contribuire soltanto uniti fra loro a realizzare una trasformazione effettiva verso una economia circolare di successo.

Un importante riferimento in questo contesto è rappresentato dalla pubblicazione nell'agosto del 2023 delle Norme SIA 430 «Vermeidung und Entsorgung von Bauabfällen» [54] e SIA 118/430 «Allgemeine Bedingungen für die Vermeidung und Entsorgung von Bauabfällen» [55]. Queste norme si prefiggono di rendere sostenibile il ciclo di vita dei materiali da costruzione, rendendo attenti al potenziale di riutilizzazione degli elementi di costruzione e stimolando il reinserimento sistematico dei rifiuti della costruzione nel ciclo dei materiali.

La nuova edizione del regolamento europeo sui prodotti da costruzione (Construction Products Regulation, CPR, (EU) Nr. 305/2011) tratta in modo approfondito i temi della sostenibilità, della compatibilità come esigenze per i prodotti da costruzione ambientale e dell'economia circolare. C'è da aspettarsi che la revisione di questo regolamento, che rappresenta la base per la regolamentazione svizzera, conterrà prescrizioni dettagliate sul modo di operare con i prodotti da costruzione già usati e sulle relative dichiarazioni di conformità.

Figura 15
Legno massiccio riutilizzato a Corgémont.



Figura 16
Legno massiccio riutilizzato in combinazione con un nuovo progetto di facciata a Corgémont.

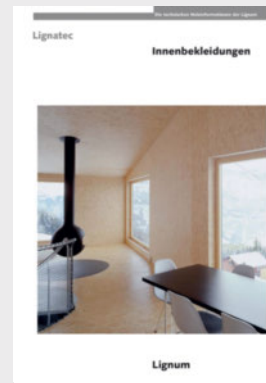
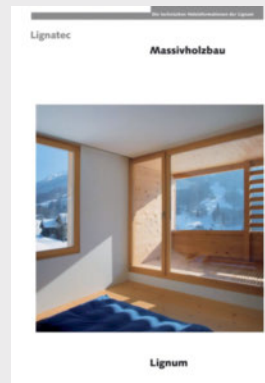
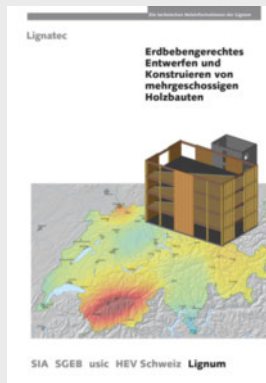
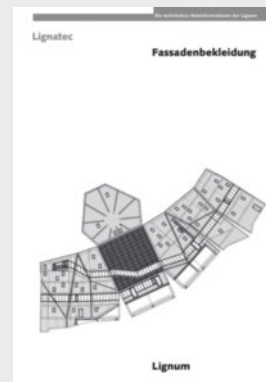
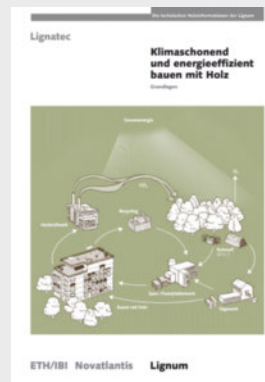
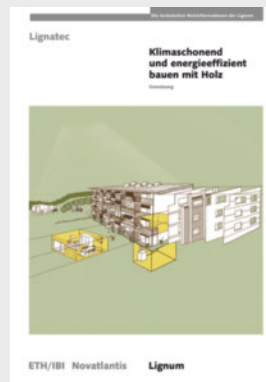
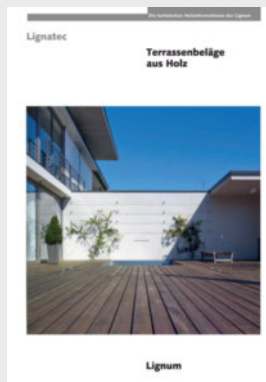
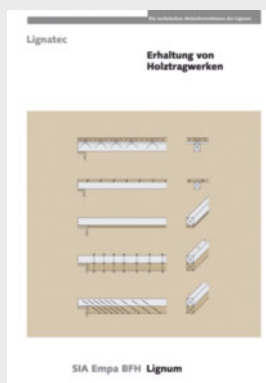
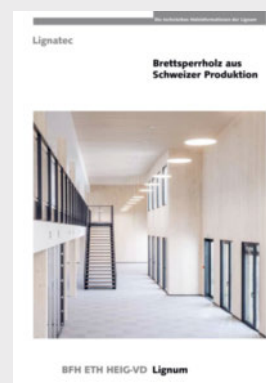
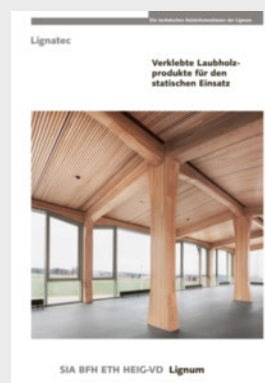
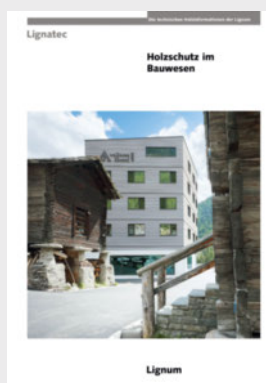


8 Bibliografia

- [1] <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wirtschaft-konsum/fachinformationen/kreislaufwirtschaft.html>, März 2023
- [2] Norm SN EN 15804 + A2:2019 (2022): Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [3] Merkblatt SIA 2032 (2020): Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [4] Pfäffli, K. (2022): Graue Energie und Treibhausgasemissionen von wiederverwendeten Bauteilen. ZHAW, Institut für Konstruktives Entwerfen, Winterthur
- [5] Zirkular GmbH (2022): CO₂-Bilanzierung ReUse. Basel
- [6] KBOB/ecobau/IPB (2022): Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2022. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB, Bern
- [7] Ordinanza del DATEC sulle liste per il traffico di rifiuti (SR 814.610.1, Stato 1 gennaio 2018). Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC), Berna
- [8] Lignum (2021): HHG – Criteri di qualità per il legno e i materiali a base di legno nella costruzione e negli interni – Regole commerciali per la Svizzera. Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, Zürich
- [9] Legge federale sulla protezione contro le sostanze e i preparati pericolosi (RS 813.1, Legge sui prodotti chimici LPChim) del 15 dicembre 2000. Assemblea federale della Confederazione Svizzera, Berna
- [10] Rubli, S. (2012): Untersuchung zur PCP-Belastung in Holzkonstruktionen von Gebäuden im Kanton Zürich. Energie- und Ressourcen-Management GmbH, Schlieren
- [11] Ott, C. (2022): Die Wiederverwendung von Bauteilen: Rechtliche Herausforderungen. ZHAW, Institut für Städtebau und Umweltrecht, Winterthur
- [12] Norma SIA 260 (2013): Basi per la progettazione di strutture portanti. Società Svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo
- [13] Norm SIA 118/265 (2018): Condizioni generali relative alle costruzioni di legno. Società Svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo
- [14] Norma SIA 118 (2013): Condizioni generali per l'esecuzione dei lavori di costruzione. Società Svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo
- [15] Regolamento SIA 103 (2020): Regolamento per le prestazioni e gli onorari nell'ingegneria civile. Società Svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo
- [16] Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (2016): Leitfaden zu einer ersten Begutachtung von Hallentragwerken aus Holz. Wuppertal
- [17] Lignum (2019): Erhaltung von Holztragwerken. Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, Zürich
- [18] Norm SIA 265 (2021): Holzbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [19] Norm SIA 265/2 (2023): Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Nadelschnittholz gemäss DIN 4074-1. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [20] Norm SIA 269/5 (2011): Erhaltung von Tragwerken – Holzbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [21] Niemz, P., Sonderegger, W.U. (2021): Holzphysik. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München
- [22] Informationsdienst Holz (2008): Unempfindlichkeit von technisch getrocknetem Holz gegen Insekten. Holzabsatzfonds, Bonn
- [23] Norm SN EN 350 (2016): Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Prüfung und Klassifikation der Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten gegen biologischen Angriff. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [24] Lignum (2021): Holzbautabellen 1 – Handbuch für die Bemessung. Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, Zürich
- [25] Rug, W., Seemann, A. (1989): Festigkeit von Altholz. Bauen mit Holz (1989), Heft 10, S. 696–699
- [26] Rug, W., Seemann, A. (1989): Ermittlung von Festigkeitskennwerten an alten Holzkonstruktionen. Holztechnologie 30 (1989), Heft 2, S. 69–73, Leipzig
- [27] Cavalli, A., Cibecchini, D., Togni, M., Sousa, H.S. (2016): A review on the mechanical properties of aged wood and salvaged timber. Construction and Building Materials 114 (2016), S. 681–687
- [28] Lißner, K., Rug, W. (2004): Ergänzung bzw. Präzisierung der für die Nachweisführung zur Stand- und Tragsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit von Holzkonstruktionen in der Altbausubstanz massgebenden Abschnitte der DIN 1052: August 2004. Bauforschung, Nr. T 3068, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
- [29] Norm SN EN 14081-1 + A1:2019 (2020): Holzbauwerke – Nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [30] Norm DIN 4074-1 (2012): Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 1: Nadelschnittholz. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [31] Norm DIN 4074-5 (2008): Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 5: Laubschnittholz. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [32] Legge federale concernente i prodotti da costruzione (RS 933.0, Legge sui prodotti da costruzione, LProdC, Stato 1° settembre 2014). Assemblea federale della Confederazione Svizzera, Berna
- [33] Norm SIA 265/1 (2018): Holzbau – Ergänzende Festlegungen. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [34] Jockwer, R., Grönquist, P., Frangi, A. (2020): Verformungsverhalten von Holzstützen: Erkenntnisse aus dem Monitoring von zwei Holz-Hochhäusern. ETH Zürich
- [35] Gressel, P. (1971): Untersuchung über das Zeitstandsbiegen von Holzwerkstoffen in Abhängigkeit von Klima und Belastung. Diss. Universität Hamburg
- [36] Gressel, P. (1984): Kriechverhalten von Holz und Holzwerkstoffen – Folgerungen für den Formänderungsnachweis in DIN 1052. Bauen mit Holz 86 (1984), Heft 4, S. 216–223
- [37] <https://leitfaden.klebstoffe.com/6-6-alterung/>, Juni 2023
- [38] Rug, W., Linke, G., Winter, L. (2013): Untersuchungen zur Festigkeit der Klebefugen von historischem Brettschichtholz. Bautechnik 90 (2013), Heft 10, S. 651–659
- [39] HFB Engineering GmbH (1992): Beurteilung der Standicherheit von phenolharzverleimtem Brettschichtholz nach langjähriger Nutzungsdauer. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., Leipzig
- [40] Frech, P., Kolb, H. (1977): Langfristiges Verhalten von Brettschichtholz verleimt mit Harnstoffharzleim. Forschungsbericht FMPA Bauwesen, Universität Stuttgart
- [41] Aicher, S. (2012): Langzeitbeständigkeit und Sicherheit harnstoffharzverklebter tragender Holzbauteile. Abschlussbericht zum DIBT-Forschungsvorhaben ZP 52-5-13.179-1246/07, MPA Stuttgart
- [42] Stoeckel, F., Konnerth, J., Gindl-Altmatter, W. (2013): Mechanical properties of adhesives for bonding wood – A review. International Journal of Adhesion & Adhesives 45 (2013), S. 32–41

- [43] Norm SN EN 15497 (2014): Keilgezinktes Vollholz für tragende Zwecke – Leistungsanforderungen und Mindestanforderungen an die Herstellung. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [44] Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister (2015): Vereinbarung über KVH. Berlin
- [45] Norm SN EN 14080 (2013): Holzbauwerke – Brettschichtholz und Balkenschichtholz – Anforderungen. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [46] Wiegand, T. (2008): Zum Stand der Normung von Brettschichtholz. Holztechnologie 49 (2008), S. 54–56, IHD Dresden
- [47] Schweizerische Fachgemeinschaft Holzleimbau (2005): SFH-Richtlinien für die Herstellung von Brettschichtholz, Biel
- [48] Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (2016): BS-Holz-Merkblatt, Wuppertal
- [49] Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (2021): Merkblatt zur Sanierung von BS-Holz-Bauteilen, Wuppertal
- [50] Lignum Compact (2019): Das Schweizerische Bauproduktengesetz in der Holzbranche, Zürich
- [51] Legge federale sulla sicurezza dei prodotti (RS 930.11, Legge federale sulla sicurezza dei prodotti, LSPro, Stato settembre 2010), Assemblea federale della Confederazione Svizzera, Berna
- [52] Ordinanza sui prodotti da costruzione (RS 933.01, [52] Ordinanza sui prodotti da costruzione, OProdC, Stato al 1. gennaio 2022), Consiglio Federale, Berna
- [53] <https://www.bbl.admin.ch/> «Guida alla legislazione sui prodotti da costruzione», gennaio 2017, Ufficio federale delle costruzioni e della logistica, Settore specializzato dei prodotti da costruzione, Berna
- [54] Norm SIA 430 (2023): Vermeidung und Entsorgung von Bauabfällen. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [55] Norm SIA 118/430 (2023): Allgemeine Bedingungen für die Vermeidung und Entsorgung von Bauabfällen. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich

Disponibili nella collana Lignatec



Impressum



Lignatec

Le informazioni tecniche sul legno della Lignum

Editore

Lignum, Economia svizzera del legno, Zürich
Sandra Bulet, Direttrice

Coordinazione

Gunther Ratsch, Lignum, Economia svizzera del legno, Zürich
Denis Pflug, Cedotec-Lignum, Le Mont-sur-Lausanne

Traduzione

federlegno.ch

Immagini

Pagina di titolo: Lignum; Figure 1, 5, 9, 10, 11, 12, 15, 16:
G. Ratsch; Figura 3: Lignum

Progetto grafico e realizzazione

bido-graphic GmbH, Muttenz

Amministrazione/Spedizione

Lignum, Zürich

Stampa

Kalt Medien AG, Zug

La serie Lignatec informa sulle questioni specialistiche in relazione all'uso del legno e dei materiali a base di legno. Lignatec si rivolge ai progettisti, agli ingegneri, agli architetti, come pure agli attori e operatori della filiera industriale e artigianale del legno. Lignatec funge sempre più spesso da riferimento didattico a tutti i livelli. Un classificatore per la raccolta dei diversi fascicoli può essere ordinato.

I membri Lignum ricevono gratuitamente un esemplare di ogni fascicolo della serie Lignatec.
Ulteriori copie per i membri Lignum CHF 15.–
Numero singolo per non membri Lignum CHF 35.–
Classificatore per raccolta vuoto CHF 10.–
Sono riservate le variazioni di prezzo.

Il Copyright di questa pubblicazione appartiene a Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, Zürich. La sua riproduzione in toto o di singole parti, la distribuzione ulteriore di contenuti in internet, come pure la memorizzazione dei suoi contenuti in banche dati è possibile soltanto con l'accordo esplicito, in forma scritta, dell'editore.

Esonero della responsabilità

Questa pubblicazione è stata realizzata con la massima cura in tutta scienza e coscienza. L'editore, gli autori e i revisori non assumono alcuna responsabilità per eventuali danni, che dovessero derivare dall'uso e dall'applicazione dei contenuti di questa pubblicazione.

LIGNUM

Economia svizzera del legno
Mühlebachstrasse 8, 8008 Zürich
Tel. 044 267 47 77, Fax 044 267 47 87
info@lignum.ch
www.lignum.ch

Lignatec 36/2023

Riutilizzo del legno da costruzione per uso strutturale
Edizione originale in tedesco: settembre 2023
ISSN 1421-0320