

Armalam®

RICERCA una società di ingegneria all'avanguardia

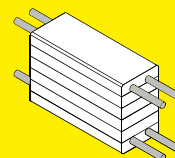
PROGETTAZIONE architettura strutturale ed ingegneria civile

INGEGNERIA GESTIONALE DEL LEGNO dall'idea all'esecuzione

LE TRAVI in lamellare armato **Armalam®**



Armalam



European Patent No. 1260648



expo shanghai 2010
上海世博会意大利馆

Ministero per la Pubblica Amministrazione e l'Innovazione

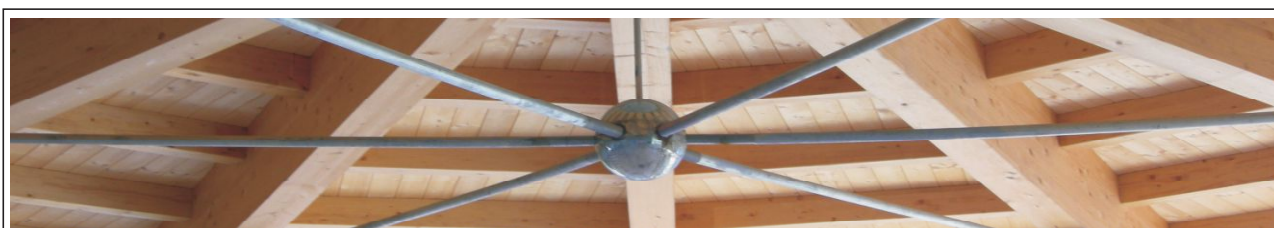
italia degli **innovatori**

innovazione selezionata expo shanghai 2010

Armalam® S.r.l. viale Dante, 300 38057 Pergine Valsugana TN
+39 0461 538475  +39 0461 504807  info@armalam.it



Circolo Tennis Trento, TN



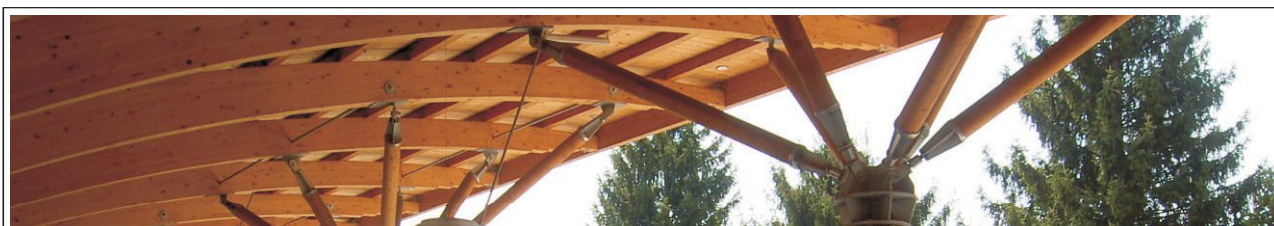
Showroom, Scandiano RE



Acquaworld, Concorezzo MB



Impianto sportivo, Lizzano BO



Stazione, Pergine TN



Chiesa, Marghera VE

Armalam® S.r.l. è una società d'ingegneria dinamica ed innovativa, che nasce nel 2003 dalla collaborazione di ricerca tra gli ingegneri Claudio Cattich e Luca Gottardi. Gli ingegneri Armalam® svolgono attività di progettazione strutturale ed infrastrutturale, di direzione lavori, di coordinamento per la sicurezza e di formulazione di analisi numeriche, anche in riferimento alla nuova normativa sismica con approccio semiprobabilistico agli stati limite e nel rispetto delle più recenti norme tecniche europee (Eurocodici).

L'attività di Armalam® si sviluppa in diversi settori dell'ingegneria:

RICERCA Armalam® S.r.l. nasce improntata alla ricerca, soprattutto nel settore dell'applicazione del legno come elemento strutturale, tanto che opera in stretta collaborazione con il prof. ing. Maurizio Piazza della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Trento per la realizzazione di progetti di tesi di laurea, prove sperimentali, corsi di formazione, ecc.

Armalam® S.r.l. segue e coordina progetti di collaudo di nuove soluzioni tecniche e tecnologiche presso i laboratori dell'Università, proponendo la propria professionalità ad imprese ed enti pubblici e privati.

Numerosi sono i convegni, su tutto il territorio italiano, che hanno visto Armalam® S.r.l. protagonista: seminari a Trento, Verona, Venezia, Cosenza sono alcuni esempi dell'attività di divulgazione scientifica svolta.

PROGETTAZIONE Gli ambiti di progettazione di Armalam® S.r.l. coprono numerosi settori dell'ingegneria civile:

- progettazione e consulenza relativamente a strutture in legno massiccio, lamellare e lamellare armato Armalam®;
- progettazione architettonica;
- progettazione e consulenza strutturale di opere in conglomerato cementizio armato, acciaio e strutture miste;
- progettazione di strade, ponti, acquedotti, fognature;
- apprestamento di zone artigianali;
- assistenza di cantiere e direzione lavori;
- coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione.

INGEGNERIA GESTIONALE DEL LEGNO Armalam® S.r.l. è una società affidabile e stimata: uno dei suoi punti di forza è quello di sapersi presentare, sia alla Pubblica Amministrazione che ai clienti privati, come un interlocutore tecnico competente, dinamico e sensibile alle esigenze della Committenza, in tutti gli stadi della realizzazione di un'opera in legno, dal concepimento intellettuale fino alle più delicate fasi della realizzazione.

Gli ingegneri della società seguono, infatti, ogni fase dei lavori: l'elaborazione preliminare dell'idea per cogliere insieme alla Committenza le esigenze architettoniche e funzionali, la progettazione esecutiva per individuare le soluzioni tecniche migliori, la produzione industriale delle strutture in legno per garantire la qualità dei prodotti, l'esecuzione dell'opera in cantiere per assicurare la perfetta corrispondenza con il progetto. Grazie a questa gestione globale del processo, Armalam® S.r.l. può garantire il massimo contenimento del costo finale dell'opera con la migliore qualità e soddisfazione del cliente finale.





La società Armalam[®] S.r.l. ha concentrato i propri sforzi di ricerca soprattutto nel settore delle costruzioni in legno lamellare incollato, arrivando a proporre una nuova tecnologia che è rappresentata dalla trave armata Armalam[®]. L'innovazione prevede il rinforzo del legno lamellare con l'inserimento di una o più barre di acciaio o di CFRP in apposite fresature applicate in alcune lamelle e ad esse solidarizzate con un apposito adesivo epossidico, parte integrante della tecnologia Armalam[®].

In questo modo si possono ottenere travi di legno armate, con un comportamento in esercizio ad elevate prestazioni per quanto riguarda sia la rigidezza che la resistenza.

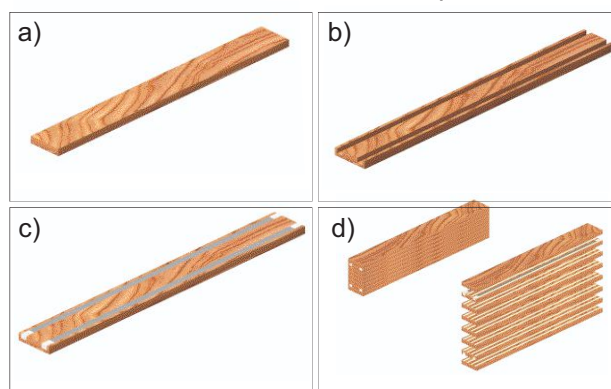
In pratica, è possibile paragonare una trave Armalam[®] a due travi affiancate in lamellare delle stesse dimensioni.

In particolare gli elementi strutturali Armalam[®] possono essere realizzati secondo due tipologie principali:

- con le barre metalliche e l'adesivo completamente inglobati nel legno, per permettere eventuali adattamenti delle dimensioni della trave in fase di posa, oltre che per ragioni estetiche, e per evitare contatti con l'ambiente esterno;
- con barre di armatura presenti su tutta la lunghezza della trave ed eventualmente anche sporgenti per creare giunti bilateri particolarmente efficaci se applicati in caso di sollecitazioni sismiche.



Le fasi di formazione di una trave tipo Armalam[®]



- Tavola prelevata dal ciclo produttivo del lamellare;
- Fresatura della tavola;
- Colatura dell'adesivo, posa della barra di armatura e piallatura della tavola;
- Inserimento della lamella armata nel pacchetto componente la trave e formazione della trave Armalam[®].

Le caratteristiche

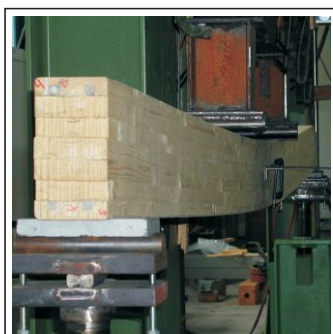
Le principali caratteristiche dell'elemento strutturale Armalam[®] rispetto ad analogo elemento di legno lamellare o massiccio si possono così riassumere:

- fino a 2,5 volte più rigido e fino a 2,5 volte più resistente (il valore 2,5 non deriva da limitazioni teoriche ma dipende da motivate scelte progettuali e di possibilità produttive);
- resistenza al fuoco dell'elemento classe R 30 o R 60 (il risultato è ottenuto garantendo le adeguate distanze dell'armatura dai bordi di sezione);
- rottura a flessione con formazione di cerniera pseudo-plastica (caratteristica particolarmente interessante per applicazioni in zone sismiche);
- minore incidenza della difettosità del legno sulle caratteristiche meccaniche;
- limitato effetto delle variazioni di umidità e della durata del carico sul comportamento reologico globale;
- risparmio in altezza sulla sezione della singola membratura e risparmio complessivo di materiale;
- mantenimento dell'aspetto di trave in legno lamellare tradizionale, a fronte di resistenze e prestazioni di gran lunga superiori.

La sperimentazione

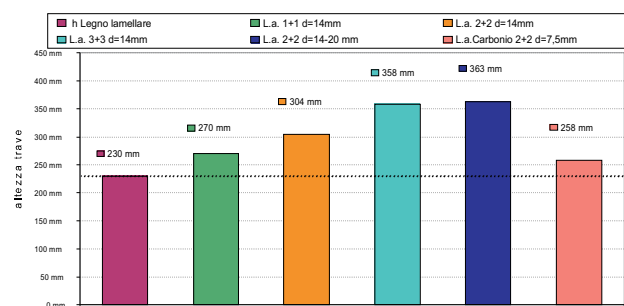
trave Armalam[®]

Per quanto riguarda la teoria, è stato messo a punto un modello analitico di comportamento che è stato validato sulla base di un'ampia campagna di prove sperimentali e di indagine parametrica.

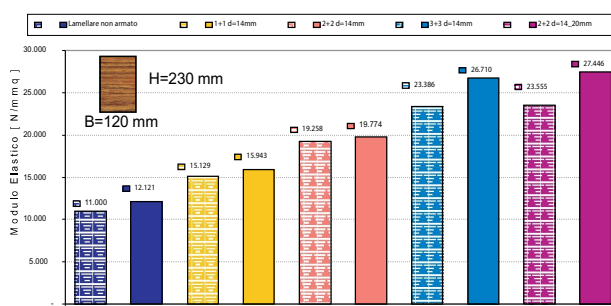


La ricerca effettuata sulle travi Armalam[®], sia attraverso lo studio teorico che le sperimentazioni di laboratorio, ha permesso di mettere a punto un modello analitico di comportamento e un metodo semplificato di calcolo in grado di porgere risultati sempre a favore di sicurezza rispetto a quelli registrati nella sperimentazione fisica e/o numerica.

In particolare attraverso prova standard su quattro punti sono stati indagati il modulo elastico e il comportamento a rottura di una trave Armalam[®].



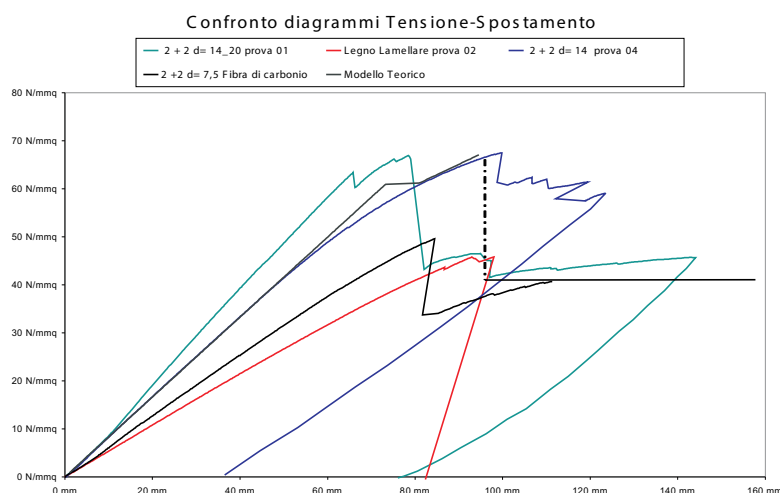
Confronto in termini di resistenza: altezze equivalenti (mm) di una trave con differenti armature, assumendo una tensione massima nel legno di 11 MPa.



Confronto in termini di deformabilità: valori $E_{0,eq}$ (MPa) ricavati sulla base di prove sperimentali (colori pieni) o elaborazioni teoriche (a tratteggio).

LAMELLARE	GL24	Armalam [®]
10x16	10x12	
10x20	10x12	
12x20	12x12	
12x24	12x20	
14x28	14x20	
14x40	14x28	
16x32	16x20	
16x48	16x32	
16x72	16x52	
20x52	20x36	
20x72	20x52	
20x100	20x72	
20x120	20x88	

POSSIBILI RIDUZIONI DI SEZIONI



Le applicazioni

Le travi Armalam[®] risultano vincenti nei seguenti casi:

- quando è necessario contenere l'altezza dell'elemento per esigenze progettuali, funzionali, architettoniche;
- quando lo spessore massimo dell'intero pacchetto strutturale risulta vincolato;
- quando ciascun elemento portante di solaio e/o di copertura deve garantire un efficace vincolo bilatero;
- quando si opera in zona sismica, in quanto si possono sfruttare sia la presenza di barre metalliche per un efficace collegamento al cordolo perimetrale di solaio, sia il tipo di rottura (mai fragile) della membratura Armalam[®];
- quando le strutture in legno sono destinate ad ambienti con umidità molto elevata e/o soggette a notevoli azioni permanenti (in questi casi il legno lamellare risulta molto più penalizzato rispetto ad Armalam[®]);
- nei solai degli edifici civili, sia in assenza che in presenza di soletta collaborante, con diversi vantaggi:
 - le travi Armalam[®] garantiscono un'elevata rigidità con spessori strutturali ridotti;
 - un dimensionamento economicamente più vantaggioso per la connessione: la maggiore rigidità consente di utilizzare connettori per solai collaboranti passanti attraverso il perlinato (con adesivo oppure a secco) oppure viti di collegamento;
 - la facile realizzazione di un giunto sismico prolungando le barre di armatura oltre la testa di ciascuna trave.

Il calcolo

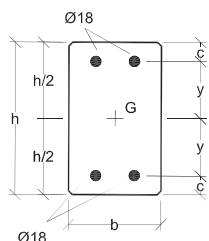
Il comportamento della sezione mista legno-acciaio è assimilabile a quella di una sezione (non parzializzata) in calcestruzzo armato, con barre annegate in una matrice lignea anziché cementizia. Il contributo del complesso barre di armatura-adesivo può essere quindi preso in considerazione tramite un adeguato coefficiente di omogeneizzazione n .

Ai fini di un dimensionamento di massima delle travi Armalam[®] si propone qui di seguito un metodo di calcolo semplificato che consiste nella soluzione della sezione rettangolare composta legno-armatura, ricercando i valori equivalenti di area, momento d'inerzia e modulo resistente omogeneizzati ad uno dei materiali componenti (usualmente il legno).

vincolo bilatero
di un solaio in zona sismica



Calcolo di una sezione rettangolare in Armalam®



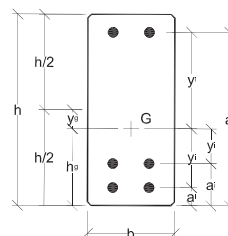
Trave a doppia armatura simmetrica con barre di acciaio Ø18 mm

$$n' = E_{\text{acciaio}} / E_{\text{lamellare}} \approx 19 \quad A_{\text{Ø18}} \approx 2 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{eq}} = bh + 4n' A_{\text{Ø18}} \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$J_{\text{eq}} = bh^3/12 + 4n' A_{\text{Ø18}} y^2 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$W_{\text{eq}} = 2 J_{\text{eq}} / h \text{ [cm}^3\text{]}$$



Trave armata con barre di acciaio con diametro Ø

(n_{sup} barre al lembo superiore, n_{inf} barre al lembo inferiore)

$$n' = E_{\text{acciaio}} / E_{\text{lamellare}} \quad A_{\text{eq}} = bh + n' (n_{\text{inf}} + n_{\text{sup}}) \pi \text{Ø}^2 / 4$$

$$h_g = \frac{bh^2/2 + n' \pi \text{Ø}^2 (\sum_{i=1}^{n_{\text{inf}}} a_i/4)}{A_{\text{eq}}} \quad y_g = h/2 - h_g$$

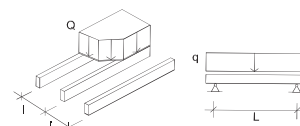
$$J_{\text{eq}} = bh^3/12 + bh y_g^2 + n' \pi \text{Ø}^2 [\sum_{i=1}^{n_{\text{inf}}} y_i^2/4 + \sum_{i=1}^{n_{\text{sup}}} y_i^2/4]$$

$$W_{\text{eq,inf}} = J_{\text{eq}} / h_g \quad W_{\text{eq,sup}} = J_{\text{eq}} / (h - h_g)$$

Predimensionamento travi Armalam®

luce in m, carico in daN/m, Legno Lamellare Bs11, armatura doppia simmetrica, freccia L/200 - L/300

luce L carico q	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	9	10	12
100	12/12	12/12	12/12	12/12	12/16	12/16	14/16	14/16	12/20	12/24	14/24	14/32
200	12/12	12/12	12/12	12/16	12/16	12/20	12/20	12/24	14/24	14/28	14/32	16/32
300	12/12	12/12	12/16	12/16	12/20	12/20	12/24	14/24	14/28	16/32	16/32	16/40
400	12/12	12/16	12/16	14/16	12/20	14/20	12/24	14/28	14/32	20/32	16/36	20/40
500	12/12	12/16	12/20	12/20	14/20	12/24	14/24	16/28	16/32	20/32	20/36	20/44
600	12/16	12/16	12/20	12/20	12/24	14/24	14/28	14/32	16/32	16/36	20/36	22/44
700	12/16	12/16	12/20	14/20	14/24	14/28	14/28	16/32	20/32	20/36	20/40	22/48
800	12/16	14/16	12/20	12/24	14/28	14/28	14/32	16/32	16/36	20/36	20/44	22/48
900	12/16	12/20	12/24	12/24	14/28	14/28	14/32	16/32	16/36	20/40	20/44	22/52
1000	12/16	12/20	12/24	14/24	14/28	14/32	14/32	20/32	20/36	20/40	22/44	22/52
1100	14/16	14/20	12/24	14/28	14/28	14/32	16/32	16/36	20/36	20/44	22/48	22/52
1200	14/16	12/24	14/24	14/28	14/28	16/32	16/32	16/36	20/40	20/44	22/48	22/56
1300	14/20	14/24	14/24	14/28	14/32	16/32	16/32	20/36	20/40	20/44	22/48	22/56
1400	14/20	14/24	14/28	14/32	16/32	16/32	16/32	20/36	20/40	22/44	22/52	22/56
1500	14/24	14/28	14/28	16/32	16/32	16/32	16/36	20/36	20/44	20/48	22/52	22/60



Il carico q per unità di lunghezza con cui dimensionare la trave (prima colonna della tabella) si ottiene moltiplicando il carico Q per unità di superficie per l'interasse i delle travi.

Caratteristiche meccaniche

Rottura: $S_{R,eq} = (50-70) \text{ MPa}$

$S_{amm,eq} = (18-28) \text{ MPa}$

esercizio: $E_{eq} = (18000-28000) \text{ MPa}$

VOCI DI CAPITOLATO

Legno lamellare armato tipo Armalam®

Struttura portante composta da elementi in lamellare armato tipo Armalam®, lamellare di abete (spessore lamelle 40 mm) di classe GL24-28 secondo le norme DIN 1052 (o EUROCODICE 5) armato con barre in acciaio FeB44k ad aderenza migliorata solidarizzate al legno con adesivo a base epossiamminica modificata con formulazione tipo Armalam®, al fine di aumentare la resistenza e la rigidità del legno lamellare. Gli elementi tipo Armalam® sono caratterizzati da una tensione equivalente ammissibile maggiore di 18 MPa, da una rigidità apparente dell'elemento in lamellare maggiore di 18000 Mpa e da un meccanismo di rottura a flessione non fragile con formazione di cerniera pseudo-plastica. Le travi tipo Armalam® sono prodotte da azienda in possesso della certificazione di idoneità all'incollaggio di elementi strutturali di grandi luci: Leimgenehmigung cat. A, rilasciata dalla Forschungs - u. Materialprüfungsanstalt Otto Graf Institut dell'Università di Stoccarda ai sensi della normativa DIN 1052. Tale certificato potrà essere rilasciato alla Direzione dei Lavori prima della posa. E' compresa l'impregnazione con una mano a pennello con prodotti antimuffa, nelle colorazioni scelte dalla Direzione dei Lavori e/o dalla Committenza. La fornitura è corredata da un progetto esecutivo-schema di montaggio e da una relazione di calcolo statico in accordo alle normative italiane vigenti sui carichi, alle più recenti disposizioni antisismiche e alle normative tedesche DIN (o EUROCODICE 5) per le strutture in legno a garanzia del corretto dimensionamento, il tutto debitamente firmato da un ingegnere iscritto all'Albo.

Voce dall'elenco prezzi della Provincia Autonoma di Trento - 2012 B.27.10.35.5 FERRO TONDINO AGGIUNTIVO PER ORDITURE IN LEGNO LAMELLARE

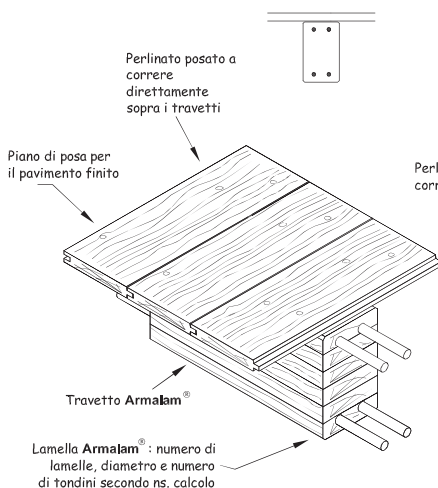
Fornitura e posa in opera, nelle orditure portanti in legno lamellare, di barre in ferro tondino di armatura FeB44K (classe B450C secondo quanto previsto dalle NTC del 14.01.2008) ad aderenza migliorata, controllato in stabilimento (classe B450C secondo quanto previsto dalle NTC del 14.01.2008) e sagomato nelle quantità previste dai calcoli statici redatti a cura e spese dell'Amm.ne appaltante. Le barre saranno inserite in stabilimento secondo procedimento industriale e rese solidali al legno lamellare mediante colatura di adesivo a base epossiamminica modificata, previa fresatura e pulizia della tavola prelevata dal ciclo produttivo e successiva piallatura della stessa dopo la colatura dell'adesivo e la posa della barra. Le travi dovranno essere prodotte da stabilimento in possesso della certificazione di idoneità all'incollaggio di elementi strutturali di grandi luci della categoria A ai sensi della normativa DIN 1052 e copia della certificazione dovrà essere fornita alla D.L. prima della realizzazione degli elementi stessi.

Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per le lavorazioni delle tavole in legno, l'adesivo, la piegatura, il taglio e lo sfido delle barre in acciaio, il rispetto della marcatura CE per i prodotti da costruzione prevista dalla Direttiva 89/106/CEE recepita dal DPR 21.04.93, n. 246 e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. Sarà misurato lo sviluppo di ciascuna barra in ferro tondino inserita.

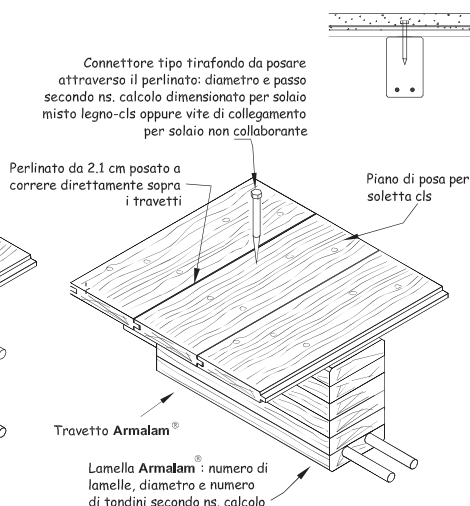
Prezzo/m: euro 19,31

Solai con travi Armalam®

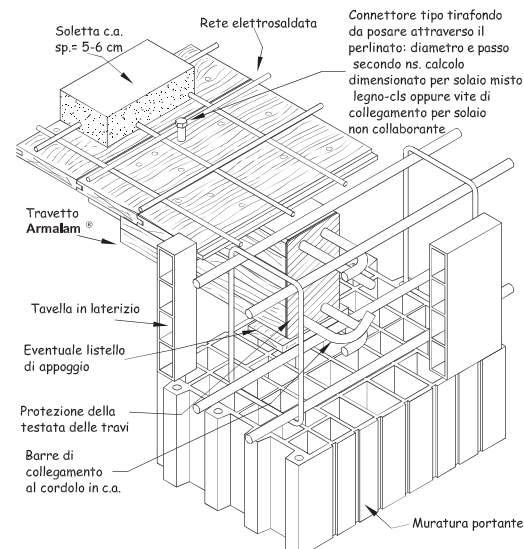
solo legno



misto legno-cls



Soluzione appoggio per zone sismiche





Circolo Tennis Trento, TN



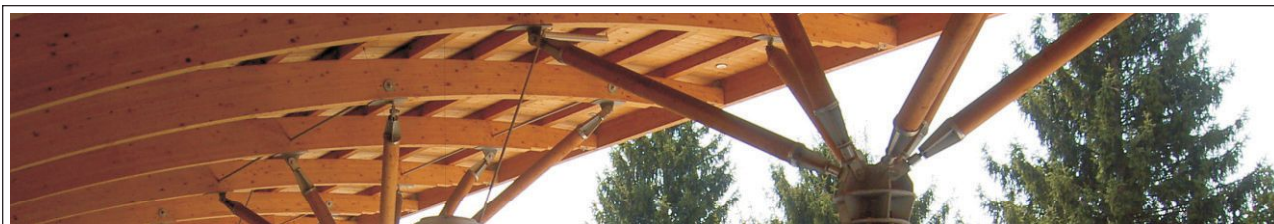
Showroom, Scandiano RE



Acquaworld, Concorezzo MB



Impianto sportivo, Lizzano BO



Stazione, Pergine TN



Chiesa, Marghera VE