

# Corso per direttori di cantiere

Diamo cronaca del corso per direttori di cantiere nella costruzione di edifici lignei, il primo era stato organizzato dal 22 al 24 settembre da Gerolamo Stagno e Andrea Zenari, insieme ai relatori Gianfranco Magri e Felice Ragazzo, che porteranno avanti anche questo progetto in onore dell'amico e architetto 'Mino' Stagno prematuramente scomparso. Organizzato dalla Provincia di Macerata il Corso di formazione conferisce ai Tecnici che dirigono i Cantieri le nozioni specifiche e le competenze sul controllo e la valutazione dei materiali in ingresso in cantiere, riguardanti il legno massiccio, i lamellari, i prodotti a base legno, gli elementi a uso strutturale, che consentono di soddisfare il requisito primario di "Resistenza meccanica e stabilità". Tali requisiti sono stati introdotti dalla nuova UNI/TR 11499/2013 che prevede un percorso di formazione obbligatorio per i tecnici.

Il programma del corso ha vagliato il panorama normativo nazionale e internazionale: Regolamento 305/2011 Prodotti da Costruzione, le Norme Tecniche per le costruzioni, norme e specifiche tecniche armonizzate di prodotto, Benestare Tecnici Europei; accettazione dei materiali in cantiere e verifica della documentazione accompagnatoria. Il legno: i principali assortimenti legnosi e prodotti a base di legno; caratteristiche fisiche e meccaniche; difetti del legno; influenza delle caratteristiche fisiche e dei difetti sulle proprietà meccaniche; influenza e misura dei difetti e delle altre caratteristiche del legno per l'assegnazione a una classe di resistenza meccanica; classificazione a vista del legno massiccio a uso strutturale secondo le norme UNI 11035-1/2, DIN 4074-1/5 e NF B 52-001 e altre norme col-

legate (EN 336 "Tolleranze dimensionali", EN 13183-2 "Umidità di un pezzo di legno segato, stima tramite il metodo elettrico", EN 1912 "Assegnazione delle categorie visuali e delle specie").

Durabilità e classi di rischio del legno e dei prodotti a base di legno; movimentazione e stoccaggio del legno massiccio e dei prodotti a base di legno; metodi di protezione e programmi di manutenzione dei materiali e delle opere. Profili di responsabilità della Direzione Lavori e del Direttore Operativo/Ispettore di Cantiere secondo le NTC 2008, il DPR 380/2001, il Codice Civile e il Codice degli Appalti Pubblici.

Il corso ha inoltre previsto la presentazione di strumentazioni diagnostiche innovative da parte dell'azienda Boviar di cui ha trattato l'ingegner Marco Ciano.



Le immagini a destra sono tratte dalla presentazione di Boviar Srl realizzata dall'ingegner Marco Ciano, mentre le fotografie sopra, sulla pagina a destra, sono relative alla presentazione Felice Ragazzo: l'ultima di questa sequenza che ripropone nel suo insieme lo stesso ordine del Corso per direttori di cantiere che si è tenuto lo scorso autunno a Macerata.



L'immagine è relativa alla lezione del Professor Felice Ragazzo, come esempio eccellente di lavorazione manuale in chiave moderna (o quantomeno assistita da poche ed elementari macchine utensili convenzionali): sono qui riportate due immagini relative alla costruzione del modello ligneo al vero della "Cellula" concepita da Le Corbusier per l'Unité d'Habitation di Nantes Rézé e una immagine relativa a un dettaglio di "Parete continua" presso l'Unité d'Habitation di Marsiglia, entrambe realizzate da Carlo Giulio Barberis.

## Legno, lavagna & caffè: la qualificazione dei prodotti in legno da costruzione

**Certificazione di travi massicce, travi incollate, pannelli e case in legno.**

di Andrea Zenari

[www.fattoriadellegno.it](http://www.fattoriadellegno.it)

Abbiamo dedicato due giornate intere lo scorso settembre a fare lezione e a parlare di legno, ho sempre amato farlo e la prima rubrica che creammo allo scopo (una ventina d'anni fa) con Sonia Maritan si chiamava Legno, lavagna & caffè, è ancora quella che mi rappresenta meglio, d'altra parte è quello che ho sempre continuato a fare anche dalla fattoria del legno. Il legno è rinato negli ultimi anni, almeno dalla prima revisione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC). Ripercorriamo gli ultimi 15 anni di norme tecniche, nel 2005 è stata pubblicata sulla gazzetta ufficiale la prima revisione importante delle NTC, provvedimento legislativo dove per la prima volta nella storia delle costruzioni in Italia anche il legno è diventato materiale da costruzione normato.

Nel 2008 arriva già la seconda revisione delle NTC previste da un antico decreto il 1086 del 1971. Entrarono in vigore il primo di luglio 2009 e oggi le costruzioni sono normate grazie alle NTC 2018.



## Le NTC definiscono cosa si intende per prodotto da costruzione:

«Il termine "prodotto" ha un significato estensivo che spazia dal materiale al sistema e al kit e che si configura come "Prodotto da Costruzione" qualsiasi prodotto fabbricato al fine di essere permanentemente incorporato in un'Opera, si intende per "Prodotto per uso strutturale" qualsiasi materiale o prodotto che consente a un'Opera ove questo è incorporato di soddisfare il requisito essenziale n.1 "Resistenza meccanica e stabilità". In sintesi, dunque, la discriminante che consente di identificare "materiali e prodotti per uso strutturale" è la "destinazione d'uso", che si intende prioritariamente strutturale. Il "prodotto da costruzione" è qualsiasi prodotto o kit fabbricato e immesso sul mercato per essere incorporato 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».

Le finalità per cui è stata redatta la CPD, prima, e ora il Regolamento 305/2001, era il riavvicinamento della legislazione (tecnica) degli stati membri mediante adozione di medesimi standard dei loro prodotti per individuare e definire i requisiti essenziali dei prodotti destinati a essere permanentemente incorporati in opere da costruzione. Le ragioni sono che tutte le opere edili devono essere concepite e realizzate in modo da garantire la sicurezza di persone, animali domestici e cose. In pratica tutti i prodotti costituenti l'opera ("...incorporati o assemblati in modo permanente...") devono presentare caratteristiche tali da contribuire a far sì che essa soddisfi i requisiti essenziali della direttiva.

I materiali usati nelle costruzioni devono essere qualificati e identificati da parte di chi li fornisce, essi devono, inoltre, essere accettati, prima di iniziare le operazioni di posa in opera da parte del Direttore dei Lavori. La qualifica può avvenire in diversi modi, in primis le Norme Tecniche per le Costruzioni al capitolo 11.1 pre-

a cura di Andrea Zenari

strutturalegno  
pagina 040 041



In queste pagine, alcune immagini inerenti la "fattoria del legno" a corredo della presentazione di Andrea Zenari.

vedono la certificazione di prodotto in conformità alle norme armonizzate e nel momento in cui queste non siano definitivamente entrate in vigore, quindi non sia terminato il periodo di coesistenza, dà la possibilità di richiedere al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLLPP) il provvisorio Attestato di Qualifica di Produttore. Una terza possibilità, prevista dalle NTC, è quella di richiedere a un Approval Body l'emissione di un Benestare Tecnico Europeo (ETA).

**Analizziamo, per ciascun prodotto, cosa è previsto dalla normativa di riferimento.**

Il **LEGNO MASSICCIO** è il materiale impiegato nelle costruzioni da quando l'uomo ha iniziato a costruire e da allora è il materiale più diffuso nell'edilizia. Si ottiene per segagione longitudinale del tronco e sfrutta la resistenza meccanica delle fibre del legno in senso longitudinale. La conformità del legno massiccio è data attraverso la classificazione a vista (soltanto in pochi casi anche con la classificazione a macchina). La certificazione del legno massiccio avviene in un sistema di attestazione 2+ attraverso il quale un Notified Body valuta l'adeguatezza del sistema di controllo instaurato dal produttore e, a seguito dell'ispezione di valutazione, ne rilascia il certificato che autorizza il produttore a marcare CE le travi. Per questa

tipologia di prodotto è necessaria un'ulteriore visita ispettiva di sorveglianza annuale.

In Italia è sorta nel 2011, allo scopo di valorizzare le travi Uso Fiume e Uso Trieste, una rete di imprese che ha provveduto a redigere un CUAP (Common Understanding of Assessment Procedure) e successivamente ha chiesto il rilascio del benestare tecnico europeo ETA. Dal 24.06.2011 è iniziato il periodo di validità dell'**ETA 11/0219** che darà la possibilità ai soli produttori che fanno parte del Consorzio, dopo avere ottenuto la certificazione del factory production control da parte di un Notified Body, di marcare CE le travi Uso Fiume e Uso Trieste. Per il legno di Castagno la certificazione delle travi Uso Fiume è gestita dal Consorzio Legno-Sughero. Il relativo certificato per la marcatura CE, materialmente, è molto simile a quello del legno massiccio con il riferimento all'ETA 11/0219. La classificazione a vista si basa su quanto previsto dalla norma UNI 11035-3. Le definizioni date dalla norma **UNI 11035-3** sono: «*Trave Uso Fiume: Trave a sezione quadrata o rettangolare ottenuta da un tronco mediante squadratura meccanica, continua e parallela dal calcio alla punta su quattro facce a spessore costante con smussi e contenente il midollo.*»

«*Trave Uso Trieste: Trave a sezione qua-*



building a simple blockhaus cabin

corso di carpenteria a Caltrano (VI)  
località Pianezze, sabato 9 Aprile 2022:  
per iscrizioni fattoriadellegno@gmail.com





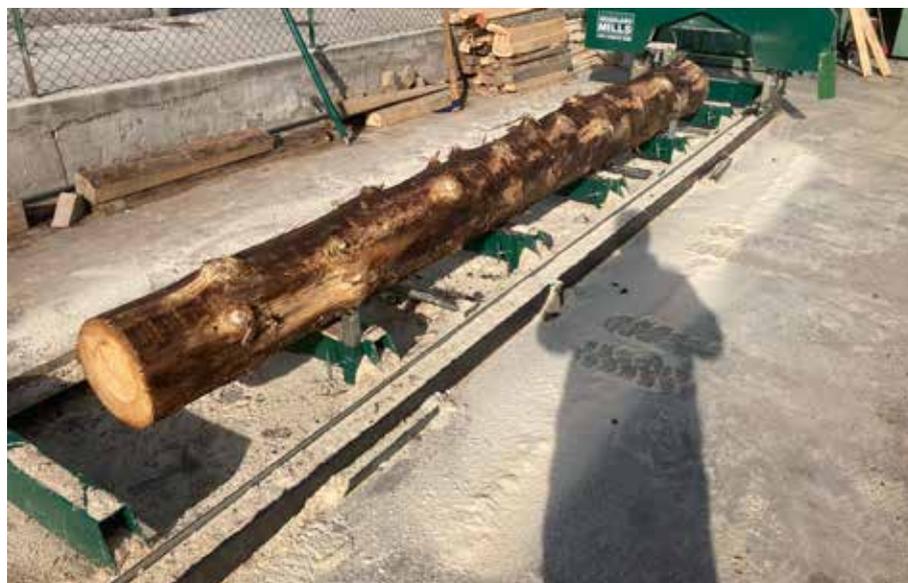
drata o rettangolare ottenuta da tronco mediante squadratura meccanica, continua dal calcio alla punta su quattro facce seguendo la rastremazione del tronco, con smussi e contenente il midollo».

Il **LEGNO LAMELLARE** è prodotto attraverso la sovrapposizione di tavole dello stesso spessore in senso longitudinale e incollate tra di loro. Le tavole sono anche giuntate di testa con il collaudato sistema adottato nella produzione del legno lamellare chiamato "finger joint". Questo metodo consiste nella possibilità di aumentare le superfici di appoggio tra le due teste che saranno vincolate ancora con collante. I collanti impiegati sono normalmente di due tipi: la colla melaminica e la colla poliuretanic. A questo punto incontriamo una sostanziale differenza con il legno massiccio che è la presenza di colla e soprattutto l'emissione della formaldeide che per forza di cose questi collanti devono avere all'interno e che viene emessa a partire dalle fasi di cristallizzazione. L'emissione di formaldeide si ha in entrambe le tipologie di collante nella classe E1 e questo è, comunque, il valore consentito dalla legge italiana come limite massimo all'interno delle abitazioni. In realtà la colla poliuretanic ha un livello di emissione leggermente più basso della colla mela-

minica ma un vuoto normativo europeo li equivale nella classe E1. Il legno lamellare è oggi prodotto in conformità alla **EN 14080** la quale prevede attualmente un minimo di 4 lamelle e uno spessore massimo delle lamelle di 45 mm.

La marcatura CE dei prodotti dovrebbe avvenire su ogni singolo pezzo, tuttavia alcune norme armonizzate prevedono la variante che permette di omettere la marcatura CE sui prodotti per motivi estetici. In ogni caso l'identificazione deve accompagnare i documenti commerciali in modo che il personale preposto ai controlli possa conoscere e verificare le caratteristiche prestazionali dei prodotti in esame. I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni e devono mantenere evidenti le marchiature o etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

Caso diverso e previsto solamente dalla normativa italiana è la necessità di Qualifica per le aziende che acquistano un prodotto marcato CE e lo lavorano, in uno stabilimento, ai fini della realizzazione delle parti di un'opera. La Qualifica dei **CENTRI DI TRASFORMAZIONE** definita nelle NTC del 2005 era stata cancellata



Il dottore forestale Andrea Zenari è proprietario della "fattoria del legno" di Caltrano (VI) che nasce dall'unione di due concetti pratici legati alla "fattoria" come ambiente dove si coltiva e si produce e il "legno": il materiale nobile prodotto in modo sostenibile utilizzato nell'edilizia e nel benessere della vita quotidiana.

La fattoria del legno è una tipica tree farm dove al vivaismo, vocato alla produzione di alberi di Natale, si associa la valorizzazione del territorio con funzione turistica e didattica legata alla materia prima legno. Ma tree farm è anche il servizio di gestione delle aree forestali con scopo produttivo dal punto di vista manageriale: l'azienda che gestisce gli impianti e il taglio dei boschi con la certificazione forestale PEFC.

**ATTIVITÀ**

- ✓ SEGHERIA MOBILE
- ✓ LAVORAZIONE DEL LEGNO
- ✓ SELVICOLTURA NATURALISTICA

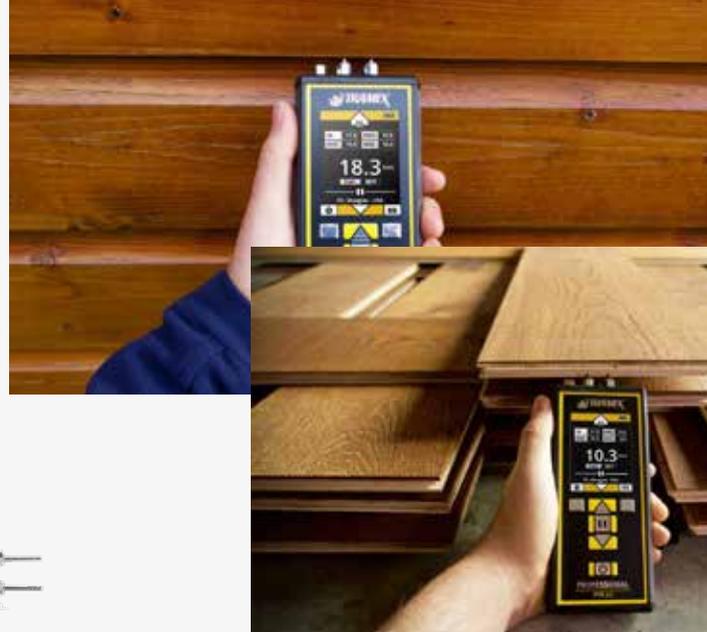
**FORMAZIONE**

- ✓ CONOSCERE IL BOSCO
- ✓ LABORATORI PER BAMBINI
- ✓ SILVOTERAPIA
- ✓ CORSI DI CARPENTERIA
- ✓ CORSI PER BOSCAIOLI



a cura di Andrea Zenari

strutturalegno  
pagina 042 043



dalle NTC 2008, ma ne è stata citata l'esigenza nuovamente con la circolare delle NTC del febbraio 2009 ed era, inizialmente, necessaria solamente per gli elementi in legno, cioè quelle travi di legno massiccio o incollato realizzato dai centri di produzione qualificati dal Ministero. Tuttavia, per necessità di sicurezza, ne è stata estesa l'esigenza anche ai prodotti in legno e pertanto tutti gli stabilimenti, nei quali viene effettuata la lavorazione degli elementi base (quindi anche i prodotti marcati CE) per dare loro la configurazione finale in opera (intagli, forature, applicazione di piastre metalliche, etc.), sia di legno massiccio che lamellare, sono da considerarsi a tutti gli effetti dei Centri di lavorazione o trasformazione. Come tali devono documentare la loro attività al Servizio Tecnico Centrale, il quale, ultimata favorevolmente l'istruttoria, rilascia un Attestato di denuncia di attività, recante il riferimento al prodotto, alla ditta, allo stabilimento, al marchio. Circa quest'ultimo aspetto, si precisa che ogni Centro di lavorazione deve depositare presso il Servizio Tecnico Centrale il disegno del proprio marchio che deve essere impresso in modo permanente (anche mediante etichettatura etc.) su ogni elemento lavorato. Qualora, sia presso gli utilizzatori sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o lotto) sia scorporata, per cui una parte o il tutto perde l'originale marchiatura del prodotto, è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante

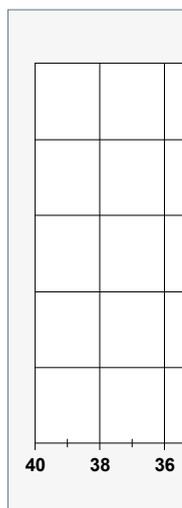
i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale. Tutte le forniture di legno strutturale devono essere accompagnate da una copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sul quale sarà indicato il riferimento del documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Trasformatore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio.

### Presentazione di strumentazioni diagnostiche innovative

**Boviar opera nel campo dell'Ingegneria Civile, Geotecnica e Ambientale**

di Marco Ciano - [www.boviar.com](http://www.boviar.com)

**Boviar opera dal 1969 ed è impegnata nella fornitura e realizzazione di strumenti e apparecchiature per impieghi di diagnostica e monitoraggio.** I sistemi integrati per la diagnostica e il monitoraggio nel campo dell'**Ingegneria Civile, Geotecnica e Ambientale**, riguardanti anche il settore del legno strutturale, sono stati oggetto degli incontri dal 22 al 24 settembre scorsi in occasione del "Corso per direttori di cantiere". Il punto di forza di Boviar è quello di fornire strumenti abbinati a una formazione altamente professionale del personale: fornire al





progettista dell'intervento di recupero i dati necessari a definire le prestazioni meccaniche degli elementi al momento dell'ispezione, secondo una valutazione non distruttiva dei materiali che identifica le caratteristiche fisiche e meccaniche di una porzione di materiale senza alterarne le sue possibilità di utilizzo finale (Ross & Pellin).

**Tre sono le tipologie di ispezione: Ispezioni strumentali diagnostiche** con strumenti e metodologie di acquisizione; **Ispezione visuale** di ciascun elemento con valutazione del degrado biologico e strutturale; **Ispezione Strumentale** con individuazione del degrado all'interno degli elementi. Con l'**Igrometro** si può misurare l'umidità relativa e del legno dove è molto importante inserire in modo corretto i puntali; lo **Sclerometro** per legno misura l'integrità superficiale del legno, si ottiene verificando il numero di millimetri in cui il perno del percussore ha invaso il legno. Questa integrità dà un'indicazione della densità, della qualità e della capacità portante del legno esaminato. Il **Resistograph** è un trapano strumentato in modo da registrare la resistenza che il legno oppone all'ingresso di una punta dotata di un movimento combinato di rotazione e di avanzamento a velocità costante. La resistenza alla penetrazione del materiale può essere correlata con il valore della densità locale, e di conseguenza con le caratteristiche qualitative del materiale per stimarne la sezione utile.

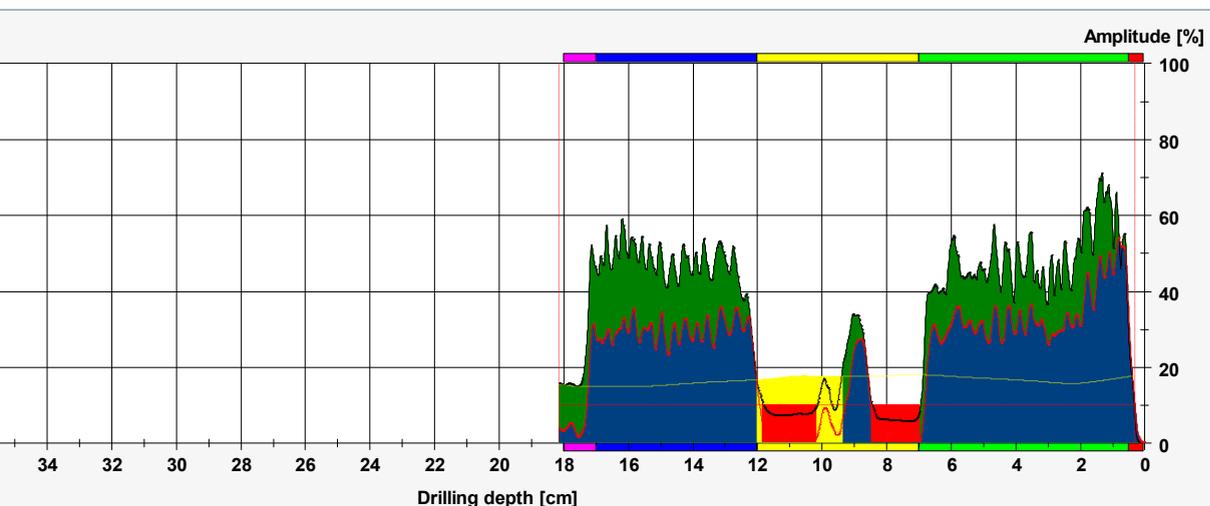
Queste indagini possono essere effet-

tuate per esempio su pali di fondazione, ponti, ferrovie, pali di servizio e attrezzature per parchi giochi/arrampicata in legno.

Per una comprensione dello stato di conservazione della struttura le informazioni così ottenute non possono prescindere da una valutazione globale del sistema e questo può essere fatto incrociando i risultati delle misure ottenuti con il Resistograph con quelli derivanti da altri tipi di analisi. Ad esempio, i Sistemi audio che sono strumenti progettati per rilevare i suoni negli elementi in legno di ogni tipo: travi, cornici, parquet, mobili, etc., con la funzione di individuare i suoni prodotti da diversi insetti xilofagi (tarli, tèrmiti, tarli, etc..).

I Metodi diagnostici per l'esecuzione delle ispezioni speciali su strutture possono essere in generale applicate e testate anche su elementi lignei, le principali prove prevedono: la mappatura dei ferri con **Indagine Magnetometrica** (Pacometro) e **Georadar** e l'analisi dello stato di degrado (Legno). Altre tecnologie innovative potrebbero essere testate per la diagnostica del legno, come il **Tomografo a ultrasuoni**, l'**Impact Echo** e gli **Ultrasuoni** con modalità operativa tomografica. L'Indagine magnetometrica con il pacometro è una metodologia consolidata per la misura del copriferro e la stima del diametro dei ferri nel CLS (normative di riferimento: BS 1881:201 e 204, DIN 1045, ASTM C876) adatta a identificare ferri superficiali. Per l'identificazione di ferri più

In queste pagine, alcune immagini a corredo della presentazione di Marco Ciano, in particolare gli strumenti per le tre tipologie di ispezione: ispezioni strumentali diagnostiche, ispezione visuale e ispezione strumentale.





profondi o catene è consigliato l'uso di Georadar. Gli Ultrasuoni e la tomografia ultrasonica (UNI EN 12504-4:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi) sono indagini volte a classificare la qualità dei materiali. Per l'Indagine ultrasonora e sonica sono diverse le metodologie di misura, una di queste è la Tomografia, con la quale si valuta la distribuzione delle velocità delle onde compressionali all'interno dei materiali. Con Software tipo l'aTom i campi di velocità vengono ricavati con procedimento di calcolo iterativo di tipo S.I.R.T. (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique). La Tomografia ultrasuoni restituisce un'immagine 2D - 3D dell'elemento indagato visualizzandone i suoi difetti e gli spessori. Il Tomografo a ultrasuoni, come il MIRA A1040 3D, oggi viene utilizzato per la valutazione del Cavo di precompressione dell'anima di una trave e per la misura di spessore della volta di galleria, ma potenzialmente potrebbe dare buoni risultati anche su strutture lignee.

Le misurazioni a ultrasuoni di questo tipo vengono eseguite mediante scansione superficiale con una base di misura fissa e sono volte alla ricerca di difetti vicino alla superficie nelle strutture in calcestruzzo. In presenza di difetti si avrà una diminuzione della velocità degli ultrasuoni o l'aumento del tempo di propagazione nell'area del difetto. Queste metodologie sono utilizzate per la valutazione dell'anisotropia nei materiali compositi, della polimerizzazione del calcestruzzo, della profondità delle crepe della porosità e fessura del materiale e dell'età del materiale se le sue proprietà fisiche cambiano con il tempo.

### **Il battito d'ali di una farfalla può provocare un uragano dall'altra parte del mondo**

**Le singole azioni producono effetti sull'insieme.**

di Gianfranco Magri  
[www.artecontrolconsulting.it](http://www.artecontrolconsulting.it)

La durabilità del legno definisce l'infesta-

zione da xilofagi e muffe, non come accadimento statico, ma come processo dinamico che si snoda lungo la filiera del legno: taglio, stoccaggio, lavorazione, messa in opera, gestione conservativa.

Il concetto di contestualizzazione considera che: *"Quando un manufatto ligneo, di carpenteria, di arredo o d'arte che sia, è infestato, a essere infestato è tutto l'ambiente in cui è conservato"* - (**Giovanni Liotta, prof. Facoltà Entomologia** Università di Palermo e Consulente bio-deterioramento dei Beni Culturali).

Virtuoso è il processo opposto: prevenzione, diagnosi, cura, messa in sicurezza, monitoraggio, manutenzione ordinaria, coordinati in progetti multidisciplinari integrati. Questo abstract è stato l'incipit del corso per Direttori di Cantiere, organizzato dal compianto Gerolamo Stagno, che ho tenuto il 24 Settembre 2021 per la Provincia di Macerata.

Scopo, secondo il disegno voluto dall'architetto Gerolamo Stagno, trasmettere le conoscenze di base a 360°, sia teoriche, sia pratiche, per mettere gli operatori nelle condizioni di agire con proprietà ed efficacia, e assicurare la durabilità del legno nel rispetto dei beni e dell'ambiente. Il corso si è articolato, secondo un continuum di processo fra le varie competenze operative, dalla progettazione alla manutenzione, seguendo tre scansioni:

- **Progettisti** - Corretta progettazione strutturale per garantire la durabilità





## COURSE FOR SITE DIRECTORS:

We report on the course for site managers in the construction of wooden buildings, the first was organized from 22 to 24 September by Gerolamo Stagno and Andrea Zenari, together with the speakers Gianfranco Magri and Felice Ragazzo, who will also carry out this project in honor of the friend and architect 'Mino' Stagno died prematurely. Organized by the Province of Macerata, the training course confers to the technicians who manage the construction sites the specific notions and skills on the control and evaluation of materials entering the construction site, concerning solid wood, glulam, wood-based products, elements for structural use, which make it possible to satisfy the primary requirement of "Mechanical resistance and stability". These requirements have been introduced by the new UNI / TR 11499/2013 which provides for a mandatory training course for technicians. The course also included the presentation of innovative diagnostic tools by the Boviar company, which was discussed by the engineer Marco Ciano. The forestry doctor Andrea Zenari illustrated the qualification of construction wood products by analyzing for each product what is required by the reference legislation in the case of solid wood and glulam.

Gianfranco Magri highlighted how the durability of wood defines infestation with xylophages and molds, not as a static occurrence, but as a dynamic process that winds along the wood supply chain: cutting, storage, processing, implementation, conservation management. Professor Felice Ragazzo erudited the audience about the aspects of Technological Innovation between Woodworking and Short Supply Chain: From the calluses of the hands to the cutting edges of robots. From the tree to the masterpiece.

delle carpenterie lignee e l'idoneità delle strutture alla ottimale conservazione dei Beni in esse contenuti, con particolare riguardo alla prevenzione delle criticità derivanti da umidità di risalita e condensa e alla prevenzione dagli attacchi xilofagi.

- **Direttori di cantiere** - Proteggere le carpenterie lignee durante le soste nelle fasi di edificazione e gestire le platee lignee di fondazione, per prevenire fenomeni di degrado causate da insetti xilofagi, evitando così contestazioni future da parte dei committenti.
- **Conservazione e restauro** - Corretto approccio nelle ristrutturazioni e corrette azioni di prevenzione, diagnosi, cura, messa in sicurezza, controllo nel tempo, ordinaria manutenzione.

Di seguito, lo sviluppo degli argomenti trattati:

- **I pilastri della durabilità** - Correggere le criticità e prevenire i fenomeni di degrado ascrivibili a umidità, insetti xilofagi, abitudini di vita.
- **Errori da non commettere nella progettazione** - Umidità di risalita dalle fondazioni; umidità di condensa nelle intercapedini non aerate; umidità di condensa nelle teste di travi non aerate; scortecciamenti parziali a fini estetici.
- **Errori da non commettere in cantiere** - Stoccaggio e approvvigionamenti;

proteggere le carpenterie dalle intemperie; gestione delle casse di allestimento di platee fondative.

- **Insetti xilofagi** (si nutrono di legno) e Insetti lignicoli (scavano il nido nel legno) - Classificazione, cicli biologici, abitudini, danni procurati, rischi collaterali.
- **Cura delle infestazioni** da insetti xilofagi e lignicoli - Gestione contestualizzata dei manufatti lignei; contenimento programmato delle infestazioni.
- **Disinfestazioni radicali eco-compatibili** - Termo-induttiva a terra di carpenterie prima della messa in opera; termo-induttiva in loco per carpenterie allestite di grandi dimensioni, cori, boiserie; infrarossi per carpenterie di piccole dimensioni; anossica per opere d'arte; microonde per manufatti di arredo.
- **Messa in sicurezza** - Barriere estrusive antitarlo per teste di travi; impregnanti antitarlo; nanotecnologie con funzioni antitarlo, antigelo, antisdrucchio, antigraffiti; risoluzione dell'umidità di risalita, trappole UVA di protezione da xilofagi.
- **Manutenzione ordinaria** - Monitoraggi entomologico, microclimatico, ambientale, umidità ambientale e di superficie, applicazione biennale di antitarlo e ventennale di nanotecnologie.

## Aspetti di Innovazione Tecnologica tra Lavorazioni del Legno e Filiera Corta

**Dai calli delle mani ai taglienti dei robot. Dall'albero al capolavoro.**

di Felice Ragazzo  
www.feliceragazzo.it

Per iniziare:

- Tanto più si innova nel legno, quanto più si assecondano le sue forme naturali (Metafora del vestito su misura).
- In astratto, il mezzo migliore per sviluppare flessibilità tecnica sarebbe il connubio mano-utensile, ma in esso è ardua la coniugazione tra qualità ed efficienza.
- L'applicazione della meccanica alla metallurgia ha fatto fare molti passi



Figura 1

A sinistra la Figura 1: Istituto Svizzero - Roma; costruzione lignea progettata con criteri parametrici nel laboratorio condotto dal Gruppo Gramazio-Kohler presso l'ETH di Zurigo e con sperimentazioni a mezzo di Robot in fase di pre-montaggio (parte destra dell'immagine).

a cura di Andrea Zenari

strutturalegno  
pagina 046 047



Figura 2

Figura 3



avanti, ma nel solco di rigidi schematismi geometrici, non sempre compatibili con le forme naturali del legno.

- Un grosso passo avanti si è avuto con l'applicazione del digitale alla meccanica, ma fino a oggi con molti limiti dovuti alla poca robotizzazione applicata.
- Un ulteriore passo avanti lo si può prevedere con una migliore integrazione tra meccanica, digitale e robotica. (Fig. 01)
- La **macchina** si arricchisce di significato se trasmuta nel **cantiere-macchina**. La triade: **meccanica-digitale-robotica**, presuppone per il legno innovazione a tutto campo, tanto nella filiera lunga, quanto in quella corta. A prescindere da implicazioni logistiche (e, nondimeno, da considerazioni etiche), se nella prima è maggiormente esaltata la flessibilità della forma in astratto, nella seconda è maggiormente esaltata la flessibilità rispetto alle forme naturali concretamente reperite in situ. (Fig. 02)

E poi: "quando con metodi convenzionali si ottengono buoni risultati e viceversa" e "quando con metodi innovativi si ottengono buoni risultati e viceversa".

Infine: "sull'essenziale concetto di giun-

to", con **Giulio Carl Argan** e **Konrad Wachsmann** in, "Wachsmann, K., Una svolta nelle costruzioni, Milano, Il Saggiatore, 1965".

Procedendo verso il cuore della lezione, sono stati toccati taluni argomenti riferiti al passaggio del legno dalla condizione di essere vivente a quella quiescente di materiale da lavoro.

Ecco allora il tema: "Sulle forme naturali del materiale-legno" (Fig. 03), specificando poi: "Le forme della fisiologia; Le forme apparenti dopo un taglio (venatura, fibratura) (Fig. 04); Le forme secondo specie". Il prosieguo è stato: "Sui vari processi di artificializzazione del materiale-legno". Quindi scandito in: "Semplice intestatura; Trasformazione in travi; Trasformazione in tavole (Fig. 05); Trasformazione in strutture lamellari (Fig. 06); Produzione di pannelli listellari".

A seguire non sono mancate talune "Esemplificazioni di eccellenze lavorative manuali" e poi talune "Esemplificazioni di eccellenze lavorative meccaniche convenzionali".

A chiusura della prima parte è stato considerato un accenno al tema: "Rischi e problemi insiti nell'applicazione del materiale-legno nel costruito".

Anch'esso articolato nei sottotemi: "Espo-



Figura 4



Figura 6

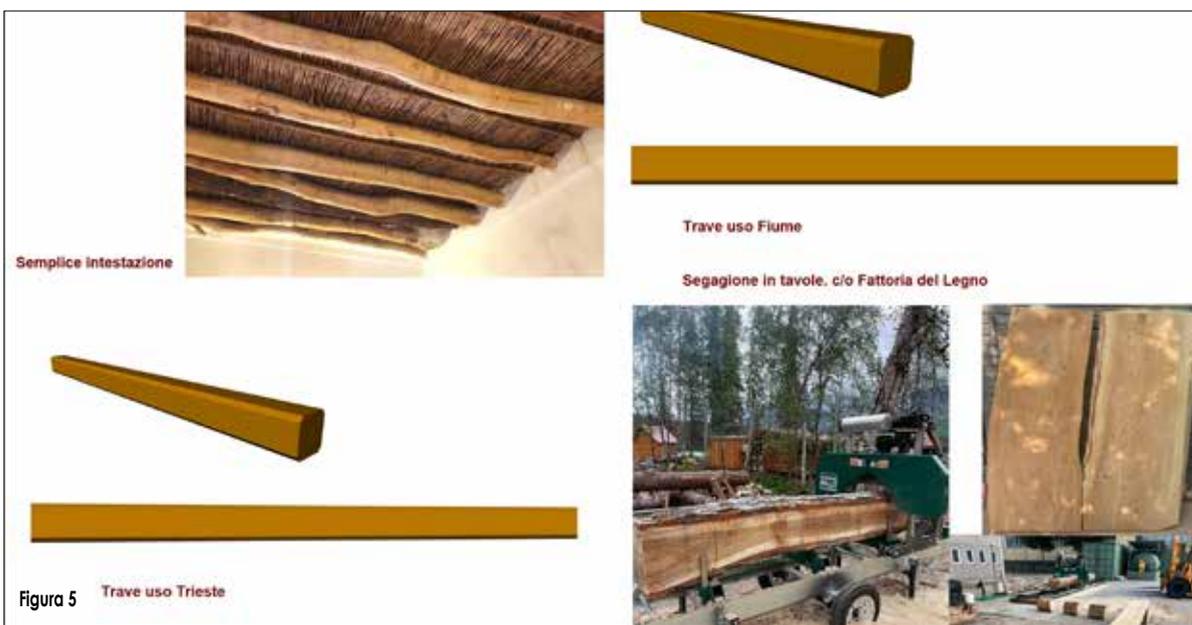


Figura 5 Trave uso Trieste

sizione a usi inappropriati; Esposizione all'umidità; Esposizione ai raggi UV; Esposizione al fuoco".

Con la seconda parte della lezione ha preso avvio l'approfondimento del consistente divario tra ciò che si può reperire in natura e ciò che si riesce a costruire con artificio.

Come primo passo, è valso il tema: "Sul divario tra pezzi reperiti e manufatti realizzati; il nodo essenziale di collegare pezzi distinti". Il necessario sviluppo ha richiesto di considerare i due seguenti sottotemi: "Manufatti a pezzo unico" e "Manufatti a pluri-pezzo".

Considerando il fatto che il principale criterio di lavorabilità del legno è quello della stereotomia, ovvero quello della progressiva sottrazione di materiale fino al raggiungimento della forma voluta.

Un secondo dilemma che si affaccia nel costruire con il legno è quello se concepire manufatti mono-materici o pluri-materici. Al riguardo il tema implica la dicotomia: "Collegare a tutto legno; collegare tramite accessori".

In chiave mono-materica, emerge l'argomento: "Sulla questione degli incastri". In un'ottica pluri-materica emerge, invece, l'argomento: "Sulla questione di chiodi, viti, staffe, cerniere, etc".

Venendo all'oggi, da un lato sono sempre più sofisticati i processi di stereotomia tramite CNC per effettuare incastri; dall'altro sono sempre più raffinati i metodi metallurgici di approntamento di protesi, chiodi, viti, etc., finalizzati ad aggirare i sempre laboriosi incastri.

Il vero passo avanti, in questo caso, è quando si riesce a occludere il metallo dentro il legno.

Un terzo dilemma riguarda come si combinano tra di loro i pezzi in un collegamento, tenendo conto della coppia oppositiva: "Collegare a spigoli vivi; collegare a forme lisce".

Per il legno il punto sensibile è quello che intercala la "Anisotropia e geometrie poliedriche", in alternativa a quello che intercala la "Anisotropia e geometrie a-poliedriche". Con ciò emerge un vantaggio assai significativo insito nel fatto che si viene a effettuare una saldatura tecnologica – mai potuta vedere prima d'oggi – tra tecno-fattura assistita da computer (mediante CNC) e scienza delle strutture resistenti.

Per concludere: "Esemplificazione di eccellenze lavorative a controllo numerico" e con una serie di "Spunti di applicazione della robotica nelle lavorazioni a controllo numerico".

In questa doppia pagina, dall'alto in basso e da sinistra a destra, **Figura 2:** Bacci Master Max. Il grande Centro di Lavoro a Controllo Numerico è integrato da robot per il carico e scarico automatico dei pezzi.

**Figura 3:** Le forme naturali del legno in vita offrono una chiara idea circa la perfetta integrazione tra albero e ambiente. Appaiono suggestive le immagini dei rami nel contrastare agilmente la forza di gravità. Un prezioso insegnamento dal punto di vista strutturale.

**Figura 4:** Le forme naturali del legno quiescente – nel caso in cui siano stati prodotti tagli, sezioni, asportazioni – offrono una chiara visione circa le diverse apparenze dei tessuti secondo le diverse modalità di intervento.

**Figura 5:** I diversi processi di artificializzazione del legno, dal più elementare (dato dalla semplice intestatura, come nel solaio marocchino in immagine), a quello elementarmente meccanizzato (dato dalla sezionatura in tavole a mezzo di sega a rimorchio di cui alla Fattoria del Legno), al più sofisticato (dato dall'entrata in gioco anche del digitale), mettono in luce il complesso lavoro necessario per passare dalla condizione "naturale" a quella "artificiale"; lavoro, peraltro, in costante evoluzione.

**Figura 6:** Una tappa significativa circa il processo evolutivo di artificializzazione del legno consiste nella costruzione di strutture lamellari, in questo caso di tipo curvi-forme. Le immagini mostrano la fase di pressatura e di elettro-fresatura tramite CNC. Copyright Special Wood.

**Figura 7:** Fin quanto le lavorazioni erano manuali e gli strumenti erano essenzialmente ad azione planare era gioco forza che le stereotomie volte a effettuare giunzioni dovessero conformarsi a geometrie di tipo poliedrico, ovvero dotate di spigoli, diedri e cuspidi. Ma oggi che disponiamo di versatili CNC, in cui agiscono frese rotanti e quindi si possono realizzare superfici raccordate, è possibile superare il limite statico delle concentrazioni di sforzo.

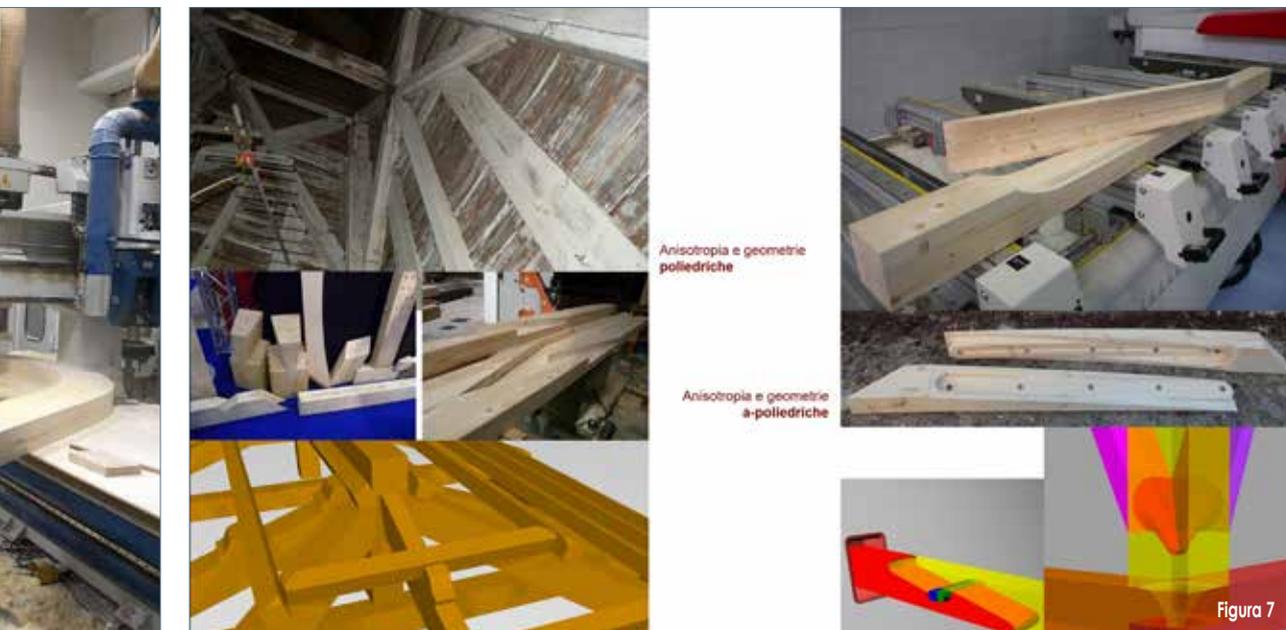


Figura 7