

Evolutionary aspects of the technology of building wood

Valentina Guagliardi^{a*}

^a *Università della Calabria, Campus di Arcavacata, Via Pietro Bucci, Arcavacata di Rende (CS), 87036, Italia*

Highlights

The study analyzes the architectonic and structural features of the heritage, the historical evolution of the construction methods for timber structures, the use of wood-based products in building, the fire and seismic resistance. Accordingly the research activity shows the recent developments of the use of wood in the residential building.

Abstract

The research has as its objective the analysis of the evolutionary aspects of the technology of wood in the planning and realization of the residential house building. Through the study of the architectonic and structural features of the heritage, and of the recent innovations of wood, the historical evolution of the construction methods is pointed out together with the possibility of using wood as structural material. These timber structures have elevated performances, both for their sustainability and energetic efficiency, and for their fire and seismic resistance.

Keywords

Timber Construction, Wood, Panel, Residential Building, XLAM

1. INTRODUZIONE

La ricerca ha come obiettivo l'analisi degli aspetti evolutivi della tecnologia del legno nella progettazione e realizzazione dell'edilizia residenziale. Attraverso lo studio dei caratteri architettonici e costruttivi del patrimonio costruito in legno, e delle recenti innovazioni sul materiale legnoso si indicano l'evoluzione storica dei sistemi costruttivi, e la possibilità di utilizzare il legno come materiale strutturale per la realizzazione di edifici con prestazioni elevate, sia dal punto di vista della sostenibilità e dell'efficienza energetica, sia dal punto di vista della resistenza al sisma e al fuoco. L'ausilio di prove di resistenza al fuoco, di elementi tecnici in legno, ci permetterà di studiare il comportamento al fuoco di questi elementi rispetto ad altri realizzati con materiali differenti.

2. STATO DELL'ARTE

I metodi e le procedure d'indagine e di sintesi adottati si collocano, da un lato nella logica tradizionale dell'architettura tecnica di indagare sul rapporto tra tecniche costruttive e qualità dell'architettura, dall'altro sull'analisi del comportamento al fuoco di singoli elementi che configurano l'edificio residenziale in legno.

3. METODOLOGIA

Gli strumenti su cui si basa l'attività di ricerca s'identificano con la ricerca bibliografica e con la partecipazione a convegni, corsi e seminari sul tema legno e sugli attuali sviluppi dell'utilizzo del legno nell'edilizia. Ulteriore metodologia adottata è la lettura critica delle normative italiane inerenti le costruzioni in legno, oppure direttamente influenti sull'uso di prodotti a base di legno in edilizia.

* Corresponding author. Tel.: +039-328-224-7445; e-mail: valentina.guagliardi@virgilio.it

4. RISULTATI

Il ciclo produttivo del prodotto legnoso destinato all'edilizia fa parte della filiera del legno, e sintetizza il passaggio della materia prima dalla foresta all'industria, dove viene lavorata, per essere poi immessa sul mercato sotto forma di prodotto legnoso, che va dal legname grezzo agli assortimenti di componenti finiti. I flussi produttivi possono essere raggruppati in fase di approvvigionamento della materia prima, fase di prima trasformazione, fase di realizzazione di prodotti semilavorati e finiti, e fase finale di utilizzo del legname nell'industria edile. La produzione del legname ha luogo da una serie di lavorazioni che partono dal tronco dell'albero, ossia dal legname grezzo, costituito da segatura e cascami di legno e da tronchi e squadrati, ottenuti da diverse specie legnose. Mediante lavorazioni successive il legname viene trasformato in semilavorato sottoforma di segati di conifere, di latifoglie temperate e tropicali, fino ad arrivare alla lavorazione del legno per ottenere prodotti semifiniti che comprendono: compensati, listellari, pannelli di fibra (HDF, LDF, MDF), pannelli truciolari e di legno grezzo (Waferboard e Obs), altre tipologie di pannelli composti, profilati, tranciati, sfogliati e simili. La produzione del prodotto legnoso inizia con la fase di approvvigionamento della materia prima, che interessa principalmente le imprese del settore boschivo che gestiscono le foreste [1]. Negli ultimi anni il concetto di filiera bosco-legno si sta sviluppando sempre di più con una maggiore consapevolezza nella gestione delle foreste e con un'utilizzazione boschiva che mira a realizzare interventi sostenibili. A tal proposito, per risolvere i problemi legati al taglio abusivo e al disboscamento sta emergendo la certificazione del legno e dei suoi prodotti, al momento i marchi FSC (*Forest Stewardship Council*) e PEFC (*Programme for Endorsement of Forest Certification schemes*) sono specifici del settore, e inglobano i concetti di sostenibilità con quelli a carattere più cogente presenti nelle normative nazionali ed internazionali. Vi sono altri due marchi canadesi SFI (*Sustainable Forestry Initiative*) e CSA (*Canadian Standards Association*), riconosciuti a livello internazionale, che testimoniano il loro impegno storico nel settore della sostenibilità del legno [2]. Dalla materia prima in forma di legname grezzo, tramite la fase di prima trasformazione che comprende le lavorazioni prodotte dalle segherie, si ottengono il tondame da sega, i prodotti per trancia e triturazione, e la paleria in forma prismatica a sezione rettangolare. Gli assortimenti di legname ottenuti dalla prima trasformazione in segazione, utilizzati nel settore dell'edilizia, si possono così suddividere in tondame da sega, tronchi per paleria, legname da trancia e compensati (utilizzato per la fabbricazione di pannelli), legname per travame, travi ad uso Trieste, legname per trancia e triturazione (utilizzato nelle lavorazioni di pannelli), legname per pannelli (utilizzato per la fabbricazione di pannelli), legname per doghe (utilizzato per la fabbricazione di pavimenti in legno), paleria grossa e minuta (utilizzata ad esempio nelle carpenterie edili). I segati vengono prodotti all'interno di impianti meccanizzati, pertanto si ha un'automazione del lavoro ed un'ottimizzazione delle fasi lavorative. Le specie legnose utilizzate per i semilavorati sono le conifere, le latifoglie temperate e quelle tropicali. I prodotti legnosi semifiniti, distinti in segati e pannelli, vengono utilizzati sia nell'industria del mobile e dell'arredamento che in edilizia, per realizzare tamponature o sotto forma di isolanti. La fase di utilizzo del legno nell'industria edile costituisce lo step finale del ciclo produttivo, mediante molteplici forme di impiego. Una significativa innovazione nel settore dell'industria delle costruzioni è derivata dalla possibilità di

giuntare di testa il legno massiccio, naturale e squadrato, unito sulla sezione trasversale mediante giunti a dita (a pettine o finger joint), in modo da realizzare legno strutturale. Unitamente ai progressi fatti dall'industria chimica nei collanti e con l'innovazione dei macchinari a controllo numerico si sviluppa il legno lamellare, materiale da costruzione ampiamente conosciuto e diffuso, che si produce incollando lamelle di legno uniti con giunto a pettine. Per la produzione del lamellare incollato si utilizzano prevalentemente le conifere, quali l'abete rosso e l'abete bianco, il pino e il larice; si può trovare sul mercato legno lamellare derivante da latifoglie quali il rovere, il faggio, il frassino, la quercia, la robinia ed il castagno, più costoso e pregiato. L'utilizzo del legno lamellare ha consentito ai progettisti di realizzare strutture in legno nel settore delle grandi opere, prima di esclusivo dominio dell'acciaio e del cemento armato; ciò inizialmente ha snaturato l'essenza del legno, che viene però riacquistata attraverso i concetti di sostenibilità e di risparmio energetico propri dell'architettura con elevate prestazioni [3]. I pannelli utilizzati ad uso strutturale nell'edilizia sono molteplici, possiamo trovarne una catalogazione nelle NTC 2008, più specificatamente al paragrafo 11.7.5, dove i pannelli sono classificati in cinque tipologie: compensato, UNI EN 636; pannelli di scaglie orientate (OSB), UNI EN 300; pannelli di particelle (truciolare), UNI EN 312; pannelli di fibre, alta densità, UNI EN 622 e pannelli di fibre, media densità (MDF), UNI EN 622 [4]. La norma UNI EN 13986:2005, "Pannelli a base di legno per l'utilizzo nelle costruzioni. Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura", definisce i pannelli a base di legno utilizzati nelle costruzioni, con la specifica delle caratteristiche e delle prove da effettuare per determinare le caratteristiche stesse [5]. In Italia il pannello a base di legno più utilizzato è il pannello OSB (*Oriented Strand Board*), costituito da scaglie di legno, dette *Strand*, orientate ed incollate fra di loro con una resina sintetica, successivamente pressate in diversi strati; utilizzato come controventamento del sistema costruttivo a telaio o *platform*. Alla fine degli anni Novanta, si ha un'ulteriore innovazione nel campo dell'edilizia in legno, segnata dallo sviluppo dei pannelli in *Cross Laminated Timber* (XLAM in Italia). L'XLAM è un pannello di legno massiccio di grandi dimensioni, formato da più strati di tavole, sovrapposti e incollati uno sull'altro in modo che la fibratura di ogni singolo strato sia ruotata nel piano del pannello di 90° rispetto agli strati adiacenti. Il numero di strati per ottenere un pannello XLAM varia da 3 a 9 e oltre, ma per ottenere un comportamento fisico e meccanico efficace sotto tutti i punti di vista, e corrispondente alla definizione di elemento multistrato, il numero minimo di strati dovrebbe essere uguale a 5. I pannelli XLAM sono prodotti con legno di conifera, come la maggior parte degli elementi di legno per uso strutturale realizzati secondo le tecnologie più moderne, ma possiamo trovare anche pannelli in legno di abete rosso, di larice o di douglasia. Lo sviluppo di questo nuovo prodotto ha portato alla nascita di un nuovo sistema costruttivo a pannelli portanti, e di conseguenza allo sviluppo di nuovi sistemi di collegamento meccanici. Il pannello XLAM dal punto di vista del comportamento meccanico può essere definito come un elemento di piastra con rigidità flessionale nelle due direzioni del suo piano, pertanto l'elemento assolve sia la funzione di elemento compresso (forza assiale verticale) che di lastra (controventatura, forze orizzontali nel piano della parete). Gli elementi piani (pareti e solette massicce e portanti) composti da pannelli XLAM permettono di realizzare strutture portanti scatolari, e in funzione della stratigrafia e del numero di elementi strutturali, si può ottenere una valida flessibilità degli

spazi senza interventi sulla struttura portante. Per il collegamento di questi pannelli possono essere utilizzati connettori e collegamenti, quali chiodi, viti e spinotti, noti nella carpenteria di legno, e l'ausilio di angolari metallici di diverse dimensioni, con lamiera di spessore ridotto, forata e piegata ad angolo, oppure ancoraggi metallici del tipo hold down fissati su un solo lato del pannello; in alcuni casi si rende necessario l'utilizzo di collegamento a scomparsa con viti a tutto filetto o lamiere metalliche. La struttura così configurata ha prestazioni elevate sia dal punto di vista del comportamento sismico, che di resistenza al fuoco, prestazioni che sono state oggetto di sperimentazione [6]. A tal proposito è utile fare riferimento al progetto di ricerca SOFIE (*Sistema costruttivo FIEmme*) progetto di cooperazione scientifica sostenuto dalla Provincia Autonoma di Trento, coordinato e condotto dal CNR-IVALSA (Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree - Consiglio Nazionale delle Ricerche Italiano). L'obiettivo principale del progetto è stato quello di valutare le prestazioni al sisma di edifici multipiano realizzati con pannelli XLAM, ricavati da abete rosso proveniente da foreste certificate del Trentino, e successivamente di determinare i parametri, quale il fattore di struttura, utili per progettare questo tipo di strutture in zone sismiche. Le prove sono state eseguite in collaborazione con partner giapponesi dell'Università di *Shizuoka*, dell'Istituto di Ricerca sulle Costruzioni (BRI) e dell'Istituto Nazionale per le Scienze della Terra e la Prevenzione delle Catastrofi, NIED. I test sull'edificio a tre piani sono stati eseguiti sulla tavola vibrante monodirezionale (dimensioni 15x15 metri) del NIED a *Tsukuba*, mentre le prove sull'edificio di sette piani sono state effettuate sulla tavola vibrante 3D (dimensioni 20x15m) del NIED a *Miki*, vicino alla città di *Kobe*. Quest'ultimo rappresenta il primo edificio in dimensioni reali testato su una tavola vibrante 3D. Le prove effettuate hanno mostrato che dopo l'azione ciclica del sisma i pannelli XLAM sono rimasti quasi intatti, mentre le connessioni giungono ad una rottura duttile; sottolineando così l'importanza dei collegamenti per le strutture in XLAM, e come la disposizione e la progettazione delle connessioni possano influenzare il comportamento generale del sistema strutturale. Il progetto SOFIE mostra le potenzialità del sistema costruttivo XLAM per la realizzazione di costruzioni pluripiano massicce in zona sismica, in quanto i modelli testati sono stati capaci di resistere a sequenze di più terremoti successivi, anche di forte intensità, senza perdere la loro capacità prestazionale a fronte di un impegno economico aggiuntivo decisamente trascurabile [7]. Inoltre, con lo studio delle costruzioni realizzate in legno negli ultimi anni, residenziali (edilizia familiare, multipiano) e non (edilizia scolastica, grandi strutture per uso pubblico ed industriale), è stato possibile redigere una serie di schede contenenti le specifiche progettuali e costruttive dei singoli interventi. La costituzione delle schede ha permesso, al tempo stesso, di tracciare l'evoluzione storica dei sistemi costruttivi in legno, evidenziando come le tecniche industrializzate hanno permesso al legno di riacquistare con determinazione un ruolo predominante nel campo dell'edilizia e dell'architettura. In tutta Europa, fino alla fine dell'Ottocento, il legno veniva utilizzato come materiale strutturale, con l'introduzione dell'acciaio e del cemento, alla fine del XIX secolo, la sua utilizzazione è andata via via regredendo, limitandone l'uso al mero utilizzo in progetti di restauro, per il recupero di solai e tetti in legno, oppure semplicemente come materiale per realizzare le casseforme. Il declino, in Italia e in Europa, è stato incrementato dalla mancanza nelle normative di riferimento alle costruzioni in legno, dalla carenza di ricerche nel campo della resistenza al fuoco

dell'elemento e dei fattori del degrado, che ha determinato di conseguenza lo sviluppo delle altre tecniche costruttive. Solo in America settentrionale si è continuato ad utilizzare il legno in maniera estensiva per l'edilizia civile. Negli ultimi anni, una crescente attenzione per l'architettura sostenibile e il recente sviluppo della progettazione architettonica e di nuove tecniche costruttive, nonché l'approfondimento dell'analisi strutturale e della resistenza alla combustione del legno, unitamente all'introduzione di nuovi prodotti preservanti dal degrado e dagli insetti sociali, ha consentito di riappropriarsi delle innumerevoli possibilità architettoniche, della straordinaria natura estetica e della totale compatibilità con i criteri dello sviluppo sostenibile che una struttura in legno può offrire. Il primo tipo di costruzione in legno di cui abbiamo nota è il *Blockbau*, le cui testimonianze risalgono all'età del bronzo (3000-1200 a.C.), e che consiste in una struttura molto semplice ottenuta dalla sovrapposizione di tronchi orizzontalmente, fino a formare le pareti. Gli edifici più antichi esistenti risalgono al periodo *Asuka* (il *Kondō*, la pagoda a 5 piani con la porta centrale) e sono considerati le più antiche costruzioni in legno esistenti al mondo. Nel Medioevo si sviluppa il sistema a traliccio dal più antico apparato a telaio, l'*opus craticium* dei Romani, realizzato con un sistema di montanti e traversi in legno, adeguatamente connessi, a formare un'intelaiatura inserita all'interno di una muratura prevalentemente eseguita in materiale lapideo o in laterizi. Questa tipologia di costruzioni si diffuse in tutta l'Europa centrale e settentrionale (in Francia nelle strutture a "*à colombages*" o "*à pan de bois*", in Germania nel *frachwerk*, in Turchia nelle *himis*) e prevedeva l'utilizzo di elementi verticali, a cui vengono incastrati o inchiodati le travi orizzontali, e completati con travi diagonali poste alle estremità dell'edificio in modo contrapposto. A partire dalla fine del XVII secolo si diffusero rispettivamente in Spagna la "casa a Gaiola" e in Calabria la "casa baraccata", derivate sempre dal modello *opus craticium* romano. In America, e in particolare negli USA, la tecnologia lignea fin dall'800 ha avuto un particolare sviluppo grazie alle grandi risorse forestali che caratterizzavano, e caratterizzano ancora oggi, questa grande nazione. I numerosi gruppi di coloni giunti nel nuovo continente continuarono a costruire edifici, secondo gli stili europei, prodigandosi in un'architettura lignea realizzando edifici con struttura lignea, rivestiti all'esterno da tavole disposte su una intelaiatura, da cui deriva il nome inglese "*timber frame*", ossia telaio di legno; in esso una semplice struttura a montanti e travi, viene disposta in modo molto ravvicinato, e controventata da tavole disposte diagonalmente [8]. Il primo sistema costruttivo a ossatura lignea che nasce ai primordi del grande processo di industrializzazione del 1800 è il "*balloon frame*", ossia struttura a pallone. Tale sistema, brevettato da G. W. Show nel 1833, consisteva nell'impiego di montanti, dell'altezza di due piani, senza interruzioni dal terreno al tetto di copertura. I montanti erano collocati a una distanza di 45 cm l'uno dall'altro, in modo tale da eliminare le pesanti travi intelaiate della struttura portante ed evitando inoltre incastri, intagli e altri lavori di messa in opera, poiché tutto il legname necessario veniva connesso mediante chiodatura. Questo metodo fu sperimentato per la prima volta nel 1833 nella costruzione di una piccola chiesa; successivamente il sistema *balloon frame* si diffuse ampiamente in tutto il Paese. Impiegando montanti lunghi e leggeri per tutta l'altezza del fabbricato, e inchiodando su di essi una tavola a metà altezza, si riusciva non solo a sostenere il carico del tetto ma anche a realizzare il piano superiore. Il *balloon frame* ha segnato l'avvento dell'industrializzazione nel campo edilizio e sulla base delle esperienze acquisite con questo sistema è stato successivamente

perfezionato un secondo metodo costruttivo: il “*platform frame*”. Il sistema “*platform*” prevedeva pilastri interrotti alla soletta del primo piano, ogni piano successivo era appoggiato su quello inferiore che fungeva da piattaforma, termine da cui deriva la denominazione del sistema [9]. Un’evoluzione del sistema a *platform frame*, è rappresentata dal sistema degli edifici a pannelli portanti. Alla fine degli anni '90, si sviluppa l’XLAM in Austria da un progetto di sviluppo e di ricerca realizzato presso l’Università di Graz, che porta ad aprire nuove vie per un migliore sfruttamento delle risorse messe a disposizione dalla lavorazione del legno in segheria, realizzando elementi piani di grandi dimensione [10]. Il progetto in via Cenni a Milano, costituito da 4 torri di 9 piani completate nel 2013, rappresenta il più alto complesso residenziale d’Europa realizzato in legno strutturale. Il sistema costruttivo è a pannelli portanti in legno a strati incrociati, compreso vano scala ed ascensore, scelto per motivi di carattere ecologico-ambientale, per garantire elevate prestazioni in termini di sicurezza strutturale, di comfort abitativo e per ottenere un edificio in classe energetica A per il risparmio nella conduzione degli edifici. La flessibilità proposta nella distribuzione degli spazi interni dell’alloggio, garantita dallo stesso sistema costruttivo, consente una personalizzazione dell’ambiente della casa secondo una modalità partecipata [11]. L’analisi di una ricerca di mercato sulle costruzioni in legno in Italia permette di definire la situazione attuale e di delineare ipotesi sui futuri scenari di sviluppo per questo tipo di costruzioni, che registrano, nonostante la crisi, un trend positivo [12].

5. CONCLUSIONI

La ricerca bibliografica ha consentito una conoscenza approfondita sui diversi prodotti a base di legno utilizzati per l’edilizia, analizzando le costruzioni in legno sia dal punto di vista dell’evoluzione storica che dei sistemi costruttivi. Analizzando gli aspetti innovativi delle costruzioni multipiano realizzate con pannelli XLAM, sottoposti a sisma su pedana vibrante, si è potuto constatare come il materiale tradizionale legno possa dar vita ad un nuovo sistema costruttivo, in legno massiccio, che sia in grado di rispondere a nuovi standard di sostenibilità e risparmio energetico, resistenza al fuoco e al sisma.

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] G. Giordano, Tecnologia del Legno, Milano, UTET, 1981-1986, 5 voll, II edizione.
- [2] D. Giachino, Legno. Manuale per progettare in Italia, Milano, UTET Scienze Tecniche, 2013.
- [3] M. Follesa, Maione F., Palanga G., Edifici a struttura portante di legno. Progettazione e realizzazione, Milano, Conlegno, 2011.
- [4] D. M. 14 gennaio 2008, Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni, Gazzetta Ufficiale 4 febbraio 2008 n.29.
- [5] Circolare Ministero Infrastrutture e trasporti 2 febbraio 2009 n. 61, Istruzioni per l’applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 (Gazzetta Ufficiale 26 febbraio 2009 n.47).
- [6] UNI EN 13986:2005, Pannelli a base di legno per l’utilizzo nelle costruzioni. Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura.
- [7] D. Giachino, Legno. Manuale per progettare in Italia, Milano, UTET Scienze Tecniche.
- [8] A. Presutti, Evangelista P., Edifici multipiano in legno a pannelli portanti Xlam., Milano, Dario Flaccovio Editore, 2014.
- [9] J. Natterer, Herzog T., Volz M., Grande Atlante di Architettura. Legno, Vol. 2, Milano, UTET, 1998, Scienze Tecniche;
- [10] G. Giordano, Tecnica delle costruzioni in legno. Caratteristiche, qualificazione e normazione dei legnami da costruzione. Progettazione e controllo delle strutture lignee, Milano, Hoepli, 1999, II edizione.
- [11] M. Piazza, Tomasi R., Modena R., Strutture in legno. Materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee, Milano, Hoepli, 2005.
- [12] A. Bernasconi, Prontuario 8. L’altro massiccio, Promo-Legno, 2011, II edizione.
- [13] P. Giardino, Il mercato italiano delle case in legno nel 2010. Analisi del mercato. Previsioni fino al 2015, Milano, Promo-Legno in collaborazione con Assolegno di FederlegnoArredo, 2011.