Software professionale in versione Windows

Stefano Cascio

Solai e tetti in legno lamellare e massiccio

SOFTWARE PER IL CALCOLO DI TETTI PIANI O INCLINATI

- Caratteristiche tetti piani e a falda
- Analisi strutturale
- Azioni e combinazioni
- Verifiche di resistenza
- Calcolo e relazione tecnica
- Piano di manutenzione
- Esempi di calcolo

PRONTO GRAFILL
Clicca e richiedi di essere contattato per **informazioni** e **promozioni**

- AGGIORNAMENTI
  - **Norme Tecniche per le Costruzioni 2018** (D.M. 17 gennaio 2018) e **Circolare applicativa** (C.M. 21 gennaio 2019, n. 7)
  - **UNI EN 14080:2013** (Strutture di legno – Legno lamellare incollato e legno massiccio incollato – Requisiti)
  - **UNI EN 19951-1:2014** (Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture di legno – Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici)
  - **UNI EN 338:2016** (Legno strutturale – Classi di resistenza)

TERZA EDIZIONE

SOFTWARE INCLUSO

CALCOLO DI TETTI PIANI O INCLINATI IN LEGNO LAMELLARE E MASSICCIO
AI SENSI DEL D.M. 17 GENNAIO 2018 (**NTC 2018**)
E SECONDO LE CLASSI DI RESISTENZA DELLE **UNI EN 14080:2013** E **UNI EN 338:2016**

GRAFILL

Stefano Cascio
SOLAI E TETTI IN LEGNO LAMELLARE E MASSICCIO
Ed. III (03-2019)

ISBN 13 978-88-277-0060-0
EAN 9 788827 700600

Collana **Software** (119)

Cascio, Stefano <1950->
Solai e tetti in legno lamellare e massiccio / Stefano Cascio.
– 2. ed. – Palermo : Grafill, 2019.
(Software ; 106)
ISBN 978-88-277-0060-0
1. Solai [e] Tetti in legno.
694.2 CDD-23 SBN Pal0305858
CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313 – Internet http://www.grafill.it – E-Mail grafill@grafill.it

CONTATTI IMMEDIATI | **Pronto GRAFILL** Tel. 091 226679 | **Chiamami** chiamami.grafill.it | **Whatsapp** grafill.it/whatsapp | **Messenger** grafill.it/messenger | **Telegram** grafill.it/telegram

Finito di stampare nel mese di marzo 2019
presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

La verifica dell'idoneità dei programmi per ottenere certi risultati, l'installazione, l'uso e la gestione sono onere e responsabilità esclusive dell'utente; l'autore e l'editore non garantiscono che le funzioni contenute nel programma soddisfino in tutto o in parte le esigenze dell'utente o funzionino in tutte le combinazioni che possono essere scelte per l'uso, non potendo fornire alcuna garanzia sulle prestazioni e sui risultati ottenibili dal loro uso, né essere ritenuti responsabili dei danni o dei benefici risultanti dall'utilizzazione degli stessi.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

SOMMARIO

INTRODUZIONE ..... p. 7

1. TIPI DI LEGNO E RELATIVE CLASSI DI RESISTENZA ..... ″ 11
1.1. Tipi di legno ..... ″ 11
1.1.1. Legno massiccio ..... ″ 11
1.1.2. Legno lamellare ..... ″ 12
1.2. Classi di resistenza ..... ″ 13
1.2.1. Classificazione sulla base delle proprietà delle lamelle ..... ″ 17
1.2.2. Attribuzione diretta in base a prove sperimentali ..... ″ 17

2. VERIFICA DELLA RESISTENZA STRUTTURALE ..... ″ 21

3. AZIONI SULLE COSTRUZIONI E LORO COMBINAZIONE ..... ″ 26
3.1. Pesi propri dei materiali strutturali ..... ″ 26
3.2. Carichi permanenti non strutturali ..... ″ 26
3.2.1. Elementi divisori interni ..... ″ 26
3.3. Sovraccarichi ..... ″ 27
3.3.1. Carichi variabili orizzontali ..... ″ 29
3.4. Classificazione delle azioni ..... ″ 29
3.5. Caratterizzazione delle azioni elementari ..... ″ 30
3.6. Combinazioni delle azioni ..... ″ 30
3.7. Azioni nelle verifiche agli stati limite ..... ″ 32
3.8. Vita nominale ..... ″ 33

4. CARICO DOVUTO ALLA NEVE CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO ..... ″ 34
4.1. Azioni della neve ..... ″ 34
4.2. Valore di riferimento del carico della neve al suolo ..... ″ 34
4.3. Coefficiente di esposizione ..... ″ 35
4.4. Coefficiente termico ..... ″ 36
4.5. Carico neve sulle coperture ..... ″ 36
4.6. Coefficiente di forma per le coperture ..... ″ 36
4.6.1. Coperture adiacenti o vicine a costruzioni più alte ..... ″ 37
4.6.2. Copertura ad una falda ..... ″ 38
4.6.3. Coperture piane ad una falda ..... ″ 39

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

4.6.4. Copertura a due falde ..... p. 39
4.7. Esempio pratico di calcolo del carico neve ..... ″ 40

5. CARICO DOVUTO AL VENTO SECONDO LE NTC 2018 CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO ..... ″ 42
5.1. Azioni del vento ..... ″ 42
5.2. Velocità di riferimento ..... ″ 42
5.3. Periodo di ritorno e velocità di riferimento di progetto ..... ″ 44
5.4. Pressione del vento ..... ″ 45
5.5. Pressione cinetica di riferimento ..... ″ 45
5.6. Coefficiente di esposizione ..... ″ 45
5.7. Coefficiente di pressione (o aerodinamico) ..... ″ 47
5.7.1. Pareti laterali ..... ″ 49
5.7.2. Altezza di riferimento per la faccia sopravento ..... ″ 49
5.7.3. Altezza di riferimento per le facce sottovento e laterali ..... ″ 50
5.7.4. Coperture piane ..... ″ 50
5.7.5. Coperture a semplice falda ..... ″ 51
5.7.6. Coperture a doppia falda ..... ″ 52
5.7.7. Coperture a padiglione ..... ″ 52
5.7.8. Coperture a falde multiple ..... ″ 53
5.7.9. Pressione interna ..... ″ 55
5.7.10. Edifici con percentuale di aperture maggiore del 30% ..... ″ 56
5.7.11. Edifici con una superficie dominante (§ C3.9.8.5, Caso 2 della C.M. n. 7/2019) ..... ″ 59
5.7.12. Edifici con distribuzione uniforme di aperture ..... ″ 60
5.7.13. Azioni tangenti ..... ″ 61
5.8. Esempio di calcolo della pressione del vento su parete esterna ..... ″ 61
5.9. Esempio di calcolo della pressione del vento su un tetto ..... ″ 65

6. COSTRUZIONI IN LEGNO ..... ″ 70
6.1. La valutazione della sicurezza ..... ″ 70
6.2. Analisi strutturale ..... ″ 70
6.3. Azioni e loro combinazioni ..... ″ 71
6.4. Classi di durata del carico ..... ″ 71
6.5. Classi di servizio ..... ″ 71
6.6. Resistenza di calcolo ..... ″ 72
6.7. Stati limite di esercizio ..... ″ 72
6.8. Stati limite ultimi ..... ″ 72
6.8.1. Verifiche di resistenza ..... ″ 72
6.8.2. Verifiche di stabilità ..... ″ 72
6.9. Collegamenti ..... ″ 73
6.10. Elementi strutturali ..... ″ 74
6.11. Sistemi strutturali ..... ″ 75
6.12. Robustezza ..... ″ 75

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

6.13. Durabilità ..... p. 76
6.14. Resistenza al fuoco ..... ″ 76

7. VERIFICHE DI RESISTENZA CON ESEMPI DI CALCOLO ..... ″ 78
7.1. Verifiche di resistenza ..... ″ 78
7.1.1. Trazione parallela alla fibratura ..... ″ 78
7.1.2. Trazione perpendicolare alla fibratura ..... ″ 78
7.1.3. Compressione parallela alla fibratura ..... ″ 78
7.1.4. Compressione perpendicolare alla fibratura ..... ″ 79
7.1.5. Compressione inclinata rispetto alla fibratura ..... ″ 79
7.1.6. Flessione ..... ″ 79
7.2. Esempio di calcolo di una trave soggetta a flessione retta ..... ″ 80
7.3. Esempio di calcolo della dimensione di una trave soggetta a flessione semplice ..... ″ 83
7.4. Esempio di calcolo di una trave soggetta a flessione deviata ..... ″ 83
7.5. Esempio di verifica a taglio di una trave soggetta a flessione semplice ..... ″ 86
7.6. Esempio di verifica a instabilità della trave semplicemente appoggiata ..... ″ 89
7.7. Esempio di verifica a instabilità del pilastro ..... ″ 92

8. VERIFICA AGLI STATI LIMITI DI ESERCIZIO ..... ″ 95
8.1. Norme specifiche per elementi inflessi ..... ″ 98
8.2. Esempio di calcolo della deformazione: metodo esatto ..... ″ 99

9. TETTI IN LEGNO ..... ″ 103

10. ESEMPIO DI CALCOLO TETTO PIANO IN LEGNO ..... ″ 107

11. ESEMPIO DI CALCOLO TETTO A FALDA IN LEGNO ..... ″ 147

12. INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO ..... ″ 190
12.1. Note sul software incluso ..... ″ 190
12.2. Requisiti hardware e software ..... ″ 190
12.3. Download del software e richiesta della password di attivazione ..... ″ 190
12.4. Installazione ed attivazione del software ..... ″ 191

13. MANUALE DEL SOFTWARE INCLUSO ..... ″ 192
13.1. Composizione tetto ..... ″ 192
13.2. Dati geometrici e meccanici dei materiali ..... ″ 193
13.3. Inserimento dei carichi ..... ″ 194

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

INTRODUZIONE

La pubblicazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al D.M. 17 gennaio 2018, pubblicato sulla *Gazzetta Ufficiale* n. 42 del 20 febbraio 2018, Supplemento Ordinario n. 8, consolida quanto già normato precedentemente per le costruzioni in legno. Alcuni aspetti delle nuove NTC 2018 tendono ad avvicinare queste all'Eurocodice 5. I principali punti di riferimento della odierna normativa tecnica, per quanto attiene alle costruzione di legno, sono i capitoli 4.4, 7.7 e 11.7.

Al capitolo 4.4 (*Costruzioni di legno*) si considerano strutture portanti quelle realizzate con elementi di legno strutturale (legno massiccio, segato, squadrato oppure tondo) o con prodotti strutturali a base di legno (legno lamellare incollato, pannelli a base di legno) assemblati con adesivi oppure con mezzi di unione meccanici, eccettuate quelle oggetto di una regolamentazione apposita a carattere particolare. La norma può essere usata anche per le verifiche di strutture in legno esistenti purché si provveda ad una corretta valutazione delle caratteristiche del legno e, in particolare, degli eventuali stati di degrado.

Sempre al capitolo 4 sono state modificate le tabelle 4.4.IV e 4.4.V, sia per quanto riguarda la indicazione delle norme di prodotto sia per alcuni coefficienti in esse riportate. Si osserva che tali tabelle sono ora perfettamente aderenti alle analoghe riportate in Eurocodice 5. Riportiamo come non sono state introdotte modifiche rilevanti allo schema generale della verifica della strutture di legno.

Le nuove norme hanno modificato i coefficienti di sicurezza del materiale legno (γ_m) aggiungendo alla tabella 4.4.III una colonna B con valori del coefficiente molto più prossimi ai valori proposti in Eurocodice 5; i coefficienti contenuti in tale colonna possono essere utilizzati quando sia possibile dimostrare che gli elementi utilizzati derivano da produzioni soggette a un controllo continuativo, con coefficiente di variazioni contenuti entro il 15%.

Nel capitolo 7.7 sono illustrati i provvedimenti specifici da adottare, in presenza di azioni sismiche, finalizzandoli alla progettazione e costruzione delle opere nuove. Sono precisati aspetti riguardanti la **progettazione in capacità**, distinguendo gli edifici progettati in accordo a un comportamento strutturale dissipativo (classe di duttilità «A» o «B») o non dissipativo. È stata introdotta la tipologia costruttiva che utilizza i pannelli di tavole incollate a strati incrociati.

Infine nel capitolo 11.7 si danno istruzioni sulla l'identificazione, qualificazione, e l'accettabilità del prodotto «*legno strutturale*» e le modalità di assunzione delle resistenze meccaniche. Tuttavia, alcuni importanti cambiamenti dovevano essere effettuati anche per tenere in considerazione le trasformazioni che, dal 2008, sono intervenute a livello Europeo sulla regolamentazione del materiale legno a uso strutturale. Tra queste, si deve sottolineare la sopravvenuta obbligatorietà della certificazione su tutti i prodotti in legno e di quelli ingegnerizzati a uso strutturale.

In generale tutti i materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette alle NTC 2018, per uso strutturale devono essere:

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

- *identificati*, univocamente a cura del fabbricante;
- *qualificati*, sotto la responsabilità del fabbricante;
- *accettati*, dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

a) Materiali e prodotti per i quali sia disponibile, per l'uso strutturale previsto, una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE.
Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se corredati della *Dichiarazione di Prestazione* e della Marcatura CE, prevista al Capo II del Regolamento UE 305/2011;

b) Materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme.
È fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;

c) Materiali e prodotti per uso strutturale non ricadenti in una delle tipologie A) o B.
In tali casi il fabbricante dovrà pervenire alla Marcatura CE sulla base della pertinente *Valutazione Tecnica Europea* (ETA), oppure dovrà ottenere un *Certificato di Valutazione Tecnica* rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale, anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili; con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, su conforme parere della competente Sezione, sono approvate Linee Guida relative alle specifiche procedure per il rilascio del *Certificato di Valutazione Tecnica*.

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori per tutte le tipologie di materiali e prodotti a base di legno e sono demandati al Direttore dei Lavori il quale, prima della messa in opera, è tenuto ad accertare e a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

Il Direttore dei Lavori esegue i controlli di accettazione, così come disciplinato di seguito.

Il Direttore dei Lavori potrà far eseguire ulteriori prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nella presente norma.

Per gli elementi di legno massiccio, su ogni fornitura, dovrà essere eseguita obbligatoriamente una classificazione visuale in cantiere su almeno il cinque per cento degli elementi costituenti il lotto di fornitura, da confrontare con la classificazione effettuata nello stabilimento.

Per gli elementi di legno lamellare dovrà essere acquisita la documentazione relativa alla classificazione delle tavole e alle prove meccaniche distruttive svolte obbligatoriamente nello stabilimento di produzione relativamente allo specifico lotto della fornitura in cantiere.

Il Direttore dei Lavori provvederà poi a controllare che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore (paragrafo 11.7.1 delle NTC 2018).

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 1

TIPI DI LEGNO E RELATIVE CLASSI DI RESISTENZA

1.1. Tipi di legno

La normativa in vigore individua per l'uso strutturale due tipi di legname:
– legno massiccio;
– legno lamellare.

1.1.1. *Legno massiccio*

Per legno massiccio strutturale s'intende il prodotto ottenuto dal legno tondo tramite taglio parallelo al tronco ed eventuale piallatura, senza superfici incollate e senza giunti a pettine.

In funzioni delle dimensioni si distinguono:
– listelli;
– tavole o lamelle;
– tavoloni;
– legname squadrato.

In linea generale la distinzione può essere operata come riportato in tabella:

Denominazione	Spessore d [mm]	Larghezza b [mm]
Listello	$6\ mm \leq d \leq 40\ mm$	$b < 80\ mm$
Tavola	$6\ mm \leq d \leq 40\ mm$	$b \geq 80\ mm$
Tavolone	$d > 40\ mm$	$b > 3 \cdot d$
Legname squadrato	$b \leq h \leq 3 \cdot b$	$b > 40\ mm$

Il legname squadrato è utilizzato in edilizia per pilastri e travi, formazione di capriate, piccola e grossa orditura dei tetti. Le essenze generalmente impiegate sono:
– *Conifere*: abete rosso, abete bianco, douglas, larice, pino;
– *Latifoglie*: castagno, faggio, noce, pioppo, quercia, rovere.

Altri due importati elementi di legno massiccio sono le cosiddette travi *Uso Trieste* e *Uso Fiume*, entrambi realizzati con l'abete rosso. Sono ottenuti tramite: scortecciatura, squadratura meccanica, angoli smussati, grezzi o piallati per tutta la lunghezza. Le due tipologie si differenziano per la costanza delle dimensioni trasversali nelle *Uso Fiume*, mentre in quella *Uso Trieste* la trave segue la conicità del tronco da cui è ricavata. In genere quest'ultima si usa nelle carpenterie mentre la *Uso Fiume* nella realizzazione di tetti a vista o lavori architettonicamente impegnativi.

Questi elementi strutturali in termini di prestazioni meccaniche differiscono rispetto ai normali segati da costruzione. Nelle travi *Uso Trieste* o *Uso Fiume* si ha un miglioramento delle caratteristiche meccaniche dovuto alla conservazione delle fibre legnose. Di contro tali travi sono posti in opera con un elevato tasso di umidità che ne abbassa le prestazioni meccaniche e incrementa le deformazioni in fase di esercizio.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

Anche per queste travi è obbligatoria la qualificazione della produzione, che ciascun produttore e per ciascun stabilimento deve richiedere al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. La produzione di elementi strutturali di legno massiccio a sezione rettangolare dovrà risultare conforme alla norma europea armonizzata UNI EN 14008-1, e secondo quanto specificato al punto A) del § 11.1 delle NTC 2018, recare la Marcatura CE (*Conformité Européenne*, ed indicare che il prodotto che lo porta è conforme ai *requisiti essenziali* previsti da Direttive in materia di sicurezza, sanità pubblica, tutela del consumatore, ecc.). Qualora non sia applicabile la marcatura CE, i produttori di elementi di legno massiccio per uso strutturale devono essere qualificati così come specificato al § 11.7.10 delle NTC 2018.

Il legno massiccio per uso strutturale è un prodotto naturale, selezionato e classificato in dimensioni d'uso secondo la resistenza, elemento per elemento, sulla base delle normative applicabili. I criteri di classificazione garantiscono all'elemento prestazioni meccaniche minime statisticamente determinate, senza necessità di ulteriori prove sperimentali e verifiche, definendone il profilo resistente, che raggruppa le proprietà fisico-meccaniche, necessarie per la progettazione strutturale.

La classificazione può avvenire assegnando all'elemento una Categoria, definita in relazione alla qualità dell'elemento stesso con riferimento alla specie legnosa e alla provenienza geografica, sulla base di specifiche prescrizioni normative. Al legname appartenente a una determinata categoria, specie e provenienza, si assegna uno specifico profilo resistente, utilizzando le regole di classificazione previste base nelle normative applicabili.

La Classe di Resistenza di un elemento è definita mediante uno specifico profilo resistente unificato. Ad ogni tipo di legno può essere assegnata una classe di resistenza se i suoi valori caratteristici di resistenza, valori di modulo elastico e valore caratteristico di massa volumica, risultano non inferiori ai valori corrispondenti a quella classe.

In generale è possibile definire il profilo resistente di un elemento strutturale anche sulla base dei risultati documentati di prove sperimentali, in conformità a quanto disposto nella UNI EN 384:2016. Le prove sperimentali per la determinazione di resistenza a flessione e modulo elastico devono essere eseguite in maniera da produrre gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il materiale sarà presumibilmente soggetto nella struttura.

Legno strutturale con giunti a dita

I singoli elementi utilizzati per la composizione del legno strutturale con giunti a dita dovranno soddisfare i requisiti minimi della norma europea armonizzata UNI EN 14081-1 al fine di garantirne una corretta attribuzione ad una classe di resistenza.

Inoltre, il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN ISO 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

Elementi in legno strutturale massiccio congiunti a dita non possono essere usati per opere in classe di servizio 3 (punto 4.4.9. delle NTC 2018).

1.1.2. *Legno lamellare*

L'idea di accostare o sovrapporre travi di dimensioni minori al fine di aumentare la resistenza complessiva nasce con l'arte del costruire. L'esigenza di superare i limiti imposti dalle dimen-

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 2

VERIFICA DELLA RESISTENZA STRUTTURALE

Il legno è un materiale di origine biologica e pertanto le sue caratteristiche fisiche e il suo comportamento meccanico sono strettamente legati all'anatomia della pianta di provenienza. All'interno del tronco, idealmente cilindrico, si individuano tre direzioni principali (longitudinale, radiale e circonferenziale) a cui corrispondono tre sezioni (trasversale, radiale e tangenziale), per ognuna delle quali è possibile definire caratteristiche morfologiche differenziate e caratteristiche fisiche e meccaniche molto variabili, che conferiscono al materiale uno spiccato comportamento anisotropo.

Le caratteristiche naturali del legno (presenza di nodi, inclinazione della fibratura, presenza di cretti, presenza di legno di reazione, …) possono rappresentare da un punto di vista strutturale dei difetti che vanno debitamente considerati procedendo ad una accurata selezione e classificazione e, ove possibile, contemplati nei calcoli.

La principale caratteristica fisica che influenza le prestazioni del legno è rappresentata dal comportamento igroscopico, connesso alla capacità di assorbire e rilasciare umidità all'atmosfera circostante.

Per quanto riguarda la durabilità, particolare attenzione verrà posta alla sensibilità del legno al biodegradamento, principalmente per azione di funghi ed insetti xilofagi.

La resistenza alla rottura del legno, quindi, dipende anche dal grado di umidità dello stesso: a valori più alti di umidità corrisponde una minore resistenza alla rottura. I valori di resistenza a rottura riportate nelle norme sono, normalmente, riferiti ad una umidità relativa dell'aria del 65% e ad una temperatura di 20 gradi. È necessario, pertanto, conoscere l'ambiente climatico dove andrà a prestare servizio la struttura che vogliamo calcolare.

Per tener conto della sensibilità del legno alla variazione di umidità e dell'influenza di questa sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità, le NTC 2018 individuano 3 classi di servizio, come riportate nella tabella. Ovviamente tali classi sono da intendersi come condizioni operative ordinarie, scostamenti per breve tempo non fanno mutare la classe di servizio.

Classe di servizio 1	Caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con ambiente a una temperatura di 20 °C ed un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65% se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	Caratterizzata da un'umidità dei materiali in equilibrio con ambiente a una temperatura di 20 °C ed un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	Condizioni climatiche che prevedono umidità più elevate di quelle della classe di servizio 2.

Operativamente, possiamo traslare le classi di servizio alle seguenti situazioni reali:

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

Classe di servizio 1	Strutture lignee poste in ambienti poco umidi, protetti dalle intemperie atmosferiche e con una temperatura media di circa 20 °C.
Classe di servizio 2	Strutture lignee poste in ambienti protetti dalle intemperie atmosferiche.
Classe di servizio 3	Strutture lignee poste all'esterno e non protetti dalle intemperie atmosferiche.

A differenza di quanto accade per altri materiali da costruzione, le modalità e le caratteristiche di deformazione del legno sotto l'azione delle forze esterne (comportamento reologico del materiale) sono notevolmente influenzati dalla durata dei carichi applicati. È, quindi, di fondamentale importanza tener conto della correlazione esistente tra il tempo di permanenza dell'azione sulla struttura e le caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale.

Sostanzialmente, quando si hanno caratteristiche di sollecitazioni alte, si sperimenta una diminuzione della resistenza del legno, se i carichi sono di lunga durata.

Le norme ci impongono di assegnare le azioni di calcolo ad una **classe di durata del carico**, secondo le indicazioni riportate nella seguente tabella.

Classe di durata del carico	Durata del carico
Permanente	più di 10 *anni*
Lunga durata	6 *mesi* – 10 *anni*
Media durata	1 *settimana* – 6 *mesi*
Breve durata	meno di 1 *settimana*
Istantaneo	–

Le classi di durata del carico si riferiscono a un carico costante attivo per un certo periodo di tempo nella vita della struttura. Per un'azione variabile la classe appropriata deve essere determinata in funzione dell'interazione fra la variazione temporale tipica del carico nel tempo e le proprietà reologiche dei materiali.

Ai fini del calcolo in genere si può assumere quanto segue:

Classe di durata del carico	Tipologia del carico
Permanente	Peso proprio ed i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della struttura.
Lunga durata	Carichi permanenti suscettibili di cambiamenti durante il normale esercizio della struttura; carichi variabili riguardanti magazzini e depositi.
Media durata	Carichi variabili degli edifici, ad eccezione di quelli che si riferiscono a magazzini e depositi.
Breve durata	Sovraccarico da neve riferito al suolo q_{sk}, calcolato in uno specifico sito ad una certa altitudine, è da considerare in relazione alle caratteristiche del sito.
Istantaneo	L'azione del vento e le azioni eccezionali in genere.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 3

AZIONI SULLE COSTRUZIONI E LORO COMBINAZIONE

3.1. Pesi propri dei materiali strutturali

Per la determinazione dei pesi propri strutturali dei più comuni materiali possono essere assunti i valori dei pesi dell'unità di volume riportati nella Tab. 3.1.I delle NTC 2018:

Pesi dell'unità di volume dei principali materiali **(Tab. 3.1.I NTC 2018)**

Materiali	Peso specifico [kN/m^3]
Calcestruzzo ordinario	24,00
Calcestruzzo armato o precompresso	25,00
Malta di calce	18,00
Malta di cemento	21,00
Sabbia	17,0
Tufo vulcanico	17,00
Calcare tenero	22,00
Calcare compatto	26,00
Legname di conifere e pioppo	**4,0÷6,0**
Legname di latifoglie (escluso pioppo)	**6,0÷8,0**

3.2. Carichi permanenti non strutturali

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro, ancorché in qualche caso sia necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti. Essi devono essere valutati sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti. In linea di massima, in presenza di orizzontamenti anche con orditura unidirezionale ma con capacità di ripartizione trasversale, i carichi permanenti portati ed i carichi variabili potranno assumersi, per la verifica d'insieme, come uniformemente ripartiti. In caso contrario, occorre valutarne le effettive distribuzioni. I tramezzi e gli impianti leggeri di edifici per abitazioni e uffici possono assumersi, in genere, come carichi equivalenti distribuiti, purché i solai abbiano adeguata capacità di ripartizione trasversale.

3.2.1. *Elementi divisori interni*

Sugli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e uffici, il peso proprio di elementi divisori interni potrà essere ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito g_{2k}, purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare una adeguata ripartizione del

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

carico. Il carico uniformemente distribuito g_{2k} ora definito dipende dal peso proprio per unità di lunghezza G_{2k} delle partizioni nel modo seguente:

- per elementi divisori con $G_2 \leq 1{,}00$ *kN/m*: $g_2 = 0{,}40$ *kN/m²*;
- per elementi divisori con $1{,}00 < G_2 \leq 2{,}00$ *kN/m*: $g_2 = 0{,}80$ *kN/m²*;
- per elementi divisori con $2{,}00 < G_2 \leq 3{,}00$ *kN/m*: $g_2 = 1{,}20$ *kN/m²*;
- per elementi divisori con $3{,}00 < G_2 \leq 4{,}00$ *kN/m*: $g_2 = 1{,}60$ *kN/m²*;
- per elementi divisori con $4{,}00 < G_2 \leq 5{,}00$ *kN/m*: $g_2 = 2{,}00$ *kN/m²*.

Elementi divisori interni con peso proprio maggiore devono essere considerati in fase di progettazione, tenendo conto del loro effettivo posizionamento sul solaio.

3.3. Sovraccarichi

I sovraccarichi, o carichi imposti comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [*kN/m²*];
- carichi verticali concentrati Q_k [*kN*];
- carichi orizzontali lineari H_k [*kN/m*].

I valori nominali e/o caratteristici q_k, Q_k ed H_k sono riportati nella Tab. 3.1.II delle NTC 2018.

Tali valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di risonanza delle strutture. I carichi verticali concentrati Q_k formano oggetto di verifiche locali distinte e non vanno sovrapposti ai corrispondenti carichi verticali ripartiti; essi devono essere applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dell'orizzontamento; in assenza di precise indicazioni può essere considerata una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50×50 *mm*, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si applicano su due impronte di 200×200 *mm*, distanti assialmente di 1,80 *m*.

Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni **(Tab. 3.1.II NTC 2018)**

Cat.	Ambienti	q_k kN/m²	Q_k kN	H_k kN/m
A	**Ambienti Ad uso residenziale**			
	Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	**Uffici**			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B1 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	**Ambienti suscettibili di affollamento**			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali, chiese, teatri, cinema, teatri, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00

[segue]

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 4

CARICO DOVUTO ALLA NEVE CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO

4.1. Azioni della neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- q_s è il carico neve sulla copertura;
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura;
- q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo [kN/m^2], fornito per un periodo di ritorno di 50 *anni*;
- C_E è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico.

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

4.2. Valore di riferimento del carico della neve al suolo

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona. In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 *m* sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Va richiamato il fatto che tale zonazione non può tenere conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente. L'altitudine di riferimento a_s è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio.

Per altitudini superiori a 1500 *m* sul livello del mare si dovrà fare riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione utilizzando comunque valori di carico neve non inferiori a quelli previsti per 1500 *m*.

I valori caratteristici minimi del carico della neve al suolo sono quelli riportati di seguito.

Zona I – Alpina	
Provincie	*Valore minimo del carico della neve al suolo*
Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1{,}50\ kN/m^2\ a_s \leq 200\ m$ $q_{sk} = 1{,}39\ [1 + (a_s/728)^2]\ kN/m^2\ a_s > 200\ m$

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

Zona I – Mediterranea	
Provincie	*Valore minimo del carico della neve al suolo*
Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1{,}50\ kN/m^2\ a_s \leq 200\ m$ $q_{sk} = 1{,}35\ [1 + (a_s/602)^2]\ kN/m^2\ a_s > 200\ m$

Zona II	
Provincie	*Valore minimo del carico della neve al suolo*
Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1{,}00\ kN/m^2\ a_s \leq 200\ m$ $q_{sk} = 0{,}85\ [1 + (a_s/481)^2]\ kN/m^2\ a_s > 200\ m$

Zona III	
Provincie	*Valore minimo del carico della neve al suolo*
Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0{,}60\ kN/m^2\ a_s \leq 200\ m$ $q_{sk} = 0{,}51\ [1 + (a_s/481)^2]\ kN/m^2\ a_s > 200\ m$

4.3. Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione C_E può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera.

Valori consigliati del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti nella tabella. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$.

Valori di C_E per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti.	1,1

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 5

CARICO DOVUTO AL VENTO SECONDO LE NTC 2018 CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO

5.1. Azioni del vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti.

Le azioni statiche del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

L'azione del vento sul singolo elemento viene determinata considerando la combinazione più gravosa della pressione agente sulla superficie esterna e della pressione agente sulla superficie interna dell'elemento.

Nel caso di costruzioni o elementi di grande estensione, si deve inoltre tenere conto delle azioni tangenti esercitate dal vento. L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento, quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione; in casi particolari, come ad esempio per le torri a base quadrata o rettangolare, si deve considerare anche l'ipotesi di vento spirante secondo la direzione di una delle diagonali.

Per le costruzioni di forma o tipologia inusuale, oppure di grande altezza o lunghezza, o di rilevante snellezza e leggerezza, o di notevole flessibilità e ridotte capacità dissipative, il vento può dare luogo ad effetti la cui valutazione richiede l'uso di metodologie di calcolo e sperimentali adeguate allo stato dell'arte e che tengano conto della dinamica del sistema.

5.2. Velocità di riferimento

La velocità di riferimento v_b è il valore medio della velocità del vento a 10 *m* dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo con lunghezza di rugosità $Z_0 = 0{,}05$ *m* (categoria di esposizione II), mediata su 10 *minuti* e riferita ad un periodo di ritorno di 50 *anni*. In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

dove:

- $v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- c_a è il coefficiente di altitudine.

Il coefficiente c_a si ricava dalle relazioni:

$$c_a = 1 \quad per \quad a_s \leq a_0$$

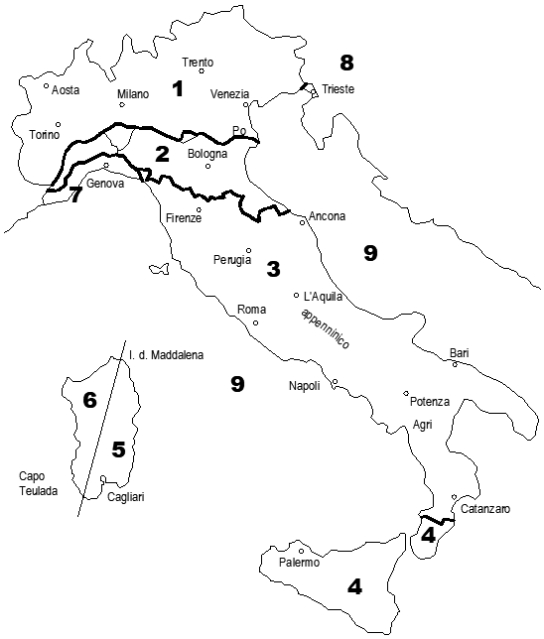
PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

$$c_a = 1 + k_a \cdot \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad per \;\; a_0 < a_s \leq 1.500 \;\; m$$

I valori di $v_{b,0}$, a_0, k_a in funzione della zona geografica di appartenenza sono riportati nella tabella sottostante.

Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0, k_s **(Tab. 3.3.I NTC 2018)**

Zona	Descrizione	v_b [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni … e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 6

COSTRUZIONI IN LEGNO

L'impostazione generale relativa alla valutazione della sicurezza delle strutture di legno di nuova costruzione può essere utilizzata anche per le strutture di legno esistenti purché si provveda ad una attenta valutazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche del legno con metodi di prova diretti o indiretti. I calcoli, riferiti alle reali dimensioni geometriche degli elementi in sito, terranno opportunamente conto dei difetti del legno, degli eventuali stati di degrado, delle condizioni effettive dei vincoli e dei collegamenti.

Con riferimento alle procedure per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti, particolare attenzione va posta per le costruzioni antiche di rilevante interesse storico per le quali risulti rilevante l'interesse per il mantenimento dei materiali originali, e per le quali si giustifica l'impiego di prove e criteri di valutazione che tengano conto anche delle prestazioni dimostrate dagli elementi strutturali nel corso della storia dell'opera.

6.1. La valutazione della sicurezza

Il legno è un materiale di origine biologica e pertanto le sue caratteristiche fisiche e il suo comportamento meccanico sono strettamente legati all'anatomia della pianta di provenienza. All'interno del tronco, idealmente cilindrico, si individuano tre direzioni principali (longitudinale, radiale e circonferenziale) a cui corrispondono tre sezioni (trasversale, radiale e tangenziale), per ognuna delle quali è possibile definire caratteristiche morfologiche differenziate e caratteristiche fisiche e meccaniche molto variabili, che conferiscono al materiale uno spiccato comportamento anisotropo.

Le caratteristiche naturali del legno (nodi, inclinazione della fibratura, cretti, legno di reazione, …) possono rappresentare da un punto di vista strutturale dei difetti che vanno debitamente considerati procedendo ad una accurata selezione e classificazione e, ove possibile, contemplati nei calcoli.

La principale caratteristica fisica che influenza le prestazioni del legno è rappresentata dal comportamento igroscopico, connesso alla capacità di assorbire e rilasciare umidità all'atmosfera circostante. Per quanto riguarda la durabilità, particolare attenzione verrà posta alla sensibilità del legno al biodegradamento, principalmente per azione di funghi ed insetti xilofagi.

La definizione degli stati limite, sia in condizioni ultime che nelle condizioni di esercizio, tiene perciò conto di tali specifiche caratteristiche del materiale.

6.2. Analisi strutturale

La individuazione degli schemi strutturali non può prescindere dal reale comportamento delle singole membrature e dei collegamenti nelle varie fasi costruttive, anche in relazione alle imper-

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

fezioni geometriche e strutturali, la cui definizione quantitativa può essere effettuata anche sulla base di indicazioni di altre normative pertinenti di consolidata validità.

L'analisi della struttura terrà conto non solo delle caratteristiche di resistenza e di rigidezza dei materiali impiegati, ma anche della loro duttilità e delle loro caratteristiche reologiche, in relazione alle condizioni ambientali (classi di servizio).

Generalmente, l'analisi della struttura può essere condotta con riferimento a un comportamento elastico lineare del materiale e dei collegamenti; tuttavia, qualora sia quantificabile un comportamento duttile dei collegamenti, il loro effetto può essere portato in conto mediante una analisi lineare con ridistribuzione o, più in generale, con analisi non lineari.

I collegamenti normalmente utilizzati nelle costruzioni lignee, per i quali la rigidezza flessionale è trascurabile, possono essere schematizzati, da un punto di vista cinematico, come cerniere. Qualora la rigidezza flessionale non sia trascurabile si adotteranno schematizzazioni dei vincoli più realistiche. Particolare attenzione andrà posta nell'individuazione del reale meccanismo di trasmissione degli sforzi conseguente alla conformazione geometrica del collegamento, al fine di individuare eventuali disassamenti o possibili eccentricità. Le analisi dovranno tener conto dell'evoluzione nel tempo delle caratteristiche del legno con riferimento non solo alle condizioni iniziali, ma anche al loro sviluppo fino alle condizioni a lungo termine (deformazione iniziale e finale o differita).

6.3. Azioni e loro combinazioni

I valori delle azioni e le loro combinazioni devono essere valutati con riferimento a quanto previsto per le altre costruzioni nei §§ 3 e 5 delle NTC. È opportuno evitare, per quanto possibile, gli stati di coazione longitudinali o trasversali alla fibratura. In ogni caso i loro effetti saranno valutati, caso per caso, con particolare cautela, mettendo esplicitamente in conto l'evoluzione nel tempo delle deformazioni del legno.

6.4. Classi di durata del carico

Il comportamento reologico del materiale ha un effetto diretto sulla resistenza e sulla deformazione del legno. A differenza di quanto accade per altri materiali da costruzione è, quindi, di fondamentale importanza tener conto della correlazione esistente tra il tempo di permanenza dell'azione sulla struttura e le caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale.

6.5. Classi di servizio

Per tener conto della sensibilità del legno alla variazione di umidità e dell'influenza di questa sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità, si definiscono tre classi di servizio:

- nella **classe di servizio 1**, che corrisponde a un ambiente con temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria non superiore al 65%, l'umidità media nella maggior parte dei legni di conifera normalmente non eccede il 12%;
- nella **classe di servizio 2**, che corrisponde a un ambiente con temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria non superiore al 85%, l'umidità media nella maggior parte dei legni di conifera normalmente non eccede il 20%;

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 7

VERIFICHE DI RESISTENZA CON ESEMPI DI CALCOLO

7.1. Verifiche di resistenza

Le tensioni interne si possono calcolare nell'ipotesi di conservazione delle sezioni piane e di una relazione lineare tra tensioni e deformazioni fino alla rottura. Le prescrizioni del presente paragrafo si riferiscono alla verifica di resistenza di elementi strutturali in legno massiccio o di prodotti derivati dal legno avente direzione della fibratura coincidente sostanzialmente con il proprio asse longitudinale e sezione trasversale costante, soggetti a sforzi agenti prevalentemente lungo uno o più assi principali dell'elemento stesso. A causa dell'anisotropia del materiale, le verifiche degli stati tensionali di trazione e compressione si devono eseguire tenendo conto dell'angolo tra direzione della fibratura e direzione della tensione.

7.1.1. *Trazione parallela alla fibratura*

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\sigma_{t,0,f} \leq f_{t,0,d}$$

dove:

- $\sigma_{t,0,d}$ tensione di calcolo a trazione parallela alla fibratura calcolata sulla sezione netta;
- $f_{t,0,d}$ resistenza di calcolo, determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_h, come definito nei §§ 1.2 e 1.2.2.

Nelle giunzioni di estremità si dovrà tener conto dell'eventuale azione flettente indotta dall'eccentricità dell'azione di trazione attraverso il giunto: tali azioni secondarie potranno essere computate, in via approssimata, attraverso una opportuna riduzione della resistenza di calcolo a trazione.

7.1.2. *Trazione perpendicolare alla fibratura*

Nella verifica degli elementi si dovrà opportunamente tener conto del volume effettivamente sollecitato a trazione. Per tale verifica si dovrà far riferimento a normative di comprovata validità. Particolare attenzione dovrà essere posta nella verifica degli elementi soggetti a forze trasversali applicate in prossimità del bordo.

7.1.3. *Compressione parallela alla fibratura*

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

dove:

- $\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di calcolo a compressione parallela alla fibratura;
- $f_{c,0,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

Deve essere inoltre effettuata la verifica di instabilità per gli elementi compressi (instabilità di colonna).

7.1.4. *Compressione perpendicolare alla fibratura*

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\sigma_{c,90,d} \leq f_{c,90,d}$$

dove:

– $\sigma_{c,90,d}$ è la tensione di calcolo a compressione ortogonale alla fibratura;
– $f_{c,90,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo.

Nella valutazione di $\sigma_{c,90,d}$ è possibile tenere conto della ripartizione del carico nella direzione della fibratura lungo l'altezza della sezione trasversale dell'elemento. È possibile, con riferimento a normative di comprovata validità, tener conto di una larghezza efficace maggiore di quella di carico.

7.1.5. *Compressione inclinata rispetto alla fibratura*

Nel caso di tensioni di compressione agenti lungo una direzione inclinata rispetto alla fibratura si deve opportunamente tener conto della sua influenza sulla resistenza, con riferimento a normative di comprovata validità.

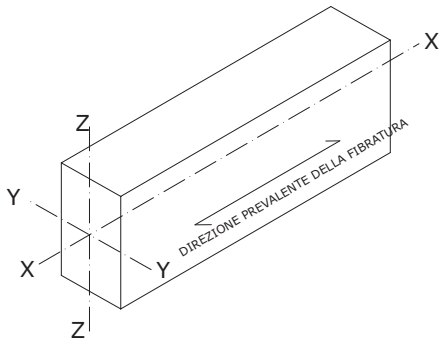
7.1.6. *Flessione*

Devono essere soddisfatte entrambe le condizioni seguenti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + km \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

dove:

– $\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ tensioni di calcolo massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy determinate assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione:



– $f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le corrispondenti resistenze di calcolo a flessione, determinate tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_h.

I valori da adottare per il coefficiente k_m, che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale, sono:

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 8

VERIFICA AGLI STATI LIMITI DI ESERCIZIO

Le deformazioni di una struttura, dovute agli effetti delle azioni applicate, degli stati di coazione e delle variazioni di umidità devono essere contenute entro limiti accettabili, sia in relazione ai danni che possono essere indotti ai materiali di rivestimento, ai pavimenti, alle tramezzature e, più in generale, alle finiture, sia in relazione ai requisiti estetici e sia alla funzionalità dell'opera.

Considerando il particolare comportamento reologico del legno e dei materiali derivati dal legno, si devono valutare sia la deformazione istantanea sia la deformazione a lungo termine. La deformazione istantanea si calcola usando i valori medi dei moduli elastici per le membrature. La deformazione a lungo termine può essere calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore $1/(1+k_{def})$.

$$E_{m,0,mean,f} = \frac{E_{m,0,mean}}{\left(1+k_{def}\right)}$$

Per una trave semplicemente appoggiata agli estremi si ha:

$$W_{ist,dif} = \frac{5}{384}\cdot\frac{q\cdot l^4}{E\cdot I} = \frac{5}{384}\cdot\frac{q\cdot l^4}{E\cdot\frac{1}{\left(1+k_{def}\right)}\cdot I} = \frac{5}{384}\cdot\frac{q\cdot l^4}{E\cdot I}\cdot\left(1+k_{def}\right)$$

Il coefficiente k_{def} tiene conto dell'aumento di deformabilità con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità e dell'umidità del materiale. I valori di K_{def} sono riportati nella tabella 4.4.V delle NTC 2018, di cui si riporta uno stralcio.

Tabella 8.1. *Valori di K_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno (Tabella 4.4.V NTC18)*

Materiale	Classe di servizio 1	Classe di servizio 2	Classe di servizio 3
Legno massiccio	0,60	0,80	2,00
Legno lamellare incollato	0,60	0,80	2,00

Dal punto di vista operativo le citate norme, al § 4.4.7 – Stati Limiti di Esercizio –, non danno nessuna indicazione su come effettuare il calcolo. Si limitano a dire che in mancanza di più precise indicazioni, la freccia istantanea dovuta ai soli carichi variabili nella combinazione rara sia inferiore a L/300, con L luce della trave; aggiungono che la freccia finale sia inferiore a L/200. Per l'operatività del calcolo della freccia finale rimanda a documenti di comprovata validità riportati al capitolo 12; tra di questi documenti si trovano: *Istruzioni e documenti tecnici del Con-*

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

siglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.). A questi documenti qui si farà riferimento esattamente alle istruzioni CNR-DT 206/2007, come revisionate nel 2008, recante: *Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno.* Queste al punto 6.4.1. riportano che per il calcolo della deformazione iniziale (W_{in}) occorre valutare la deformazione istantanea con riferimento alla combinazione di carico rara. Per il calcolo della deformazione finale (W_{fin}) occorre valutare la deformazione a lungo termine per la combinazione di carico quasi permanente e sommare a quest'ultima la deformazione istantanea dovuta alla sola aliquota mancante, nella combinazione quasi permanente, del carico accidentale prevalente (da intendersi come il carico variabile di base della combinazione rara). La deformazione a lungo termine con la combinazione di carico quasi permanente è funzione di:

$$W_{fin} = F\left\{\left[G_k + \psi_{21}\cdot\sum_{i=2}^{n}\left(\psi_{2i}\cdot Q_{ik}\right)\right]\cdot\left(1+k_{def}\right) + Q_{ik}\cdot\left(1-\psi_{21}\right)\right\}$$

Che può essere esplicitata nella forma:

$$W_{fin} = F\left(G_k\cdot\left(1+k_{def}\right) + Q_{ik}\cdot\left(1+\psi_{21}\cdot k_{def}\right) + \sum_{i=2}^{n} Q_{ik}\cdot\left(\psi_{2i} + \psi_{2i}\cdot k_{def}\right)\right)$$

Che in termini di deformazioni si scrive:

$$W_{fin} = W_G\cdot\left(1+k_{def}\right) + W_{Q1}\cdot\left(1+\psi_{21}\cdot k_{def}\right) + \sum_{i=2}^{n} W_{Qi}\cdot\left(\psi_{2i} + \psi_{2i}\cdot k_{def}\right)$$

dove:
- W_G è la freccia istantanea del carico permanente;
- W_{Q1} è la freccia istantanea del carico variabile prevalente;
- W_{Qi} è la freccia istantanea del carico variabile i-esimo della combinazione.

Questa è la formulazione esatta della deformazione finale. Una soluzione più semplice, semplificata, si può valutare come segue:

$$W_{fin} = W_{in} + W_{dif}$$

in cui:
- W_{in} è la freccia istantanea calcolata con riferimento alla combinazione di carico rara;
- W_{dif} è la freccia differita calcolabile con la relazione seguente:

$$W_{dif} = W'_{in}\cdot k_{def}$$

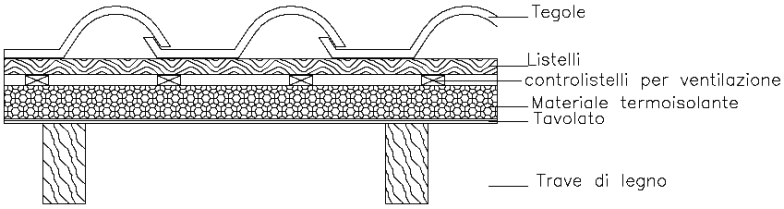
nella quale W'_{in} è la freccia istantanea, calcolata con riferimento alla combinazione di carico quasi permanente. Esplicitando questa versione semplificata del calcolo della freccia si ottiene:

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 9

TETTI IN LEGNO

In genere questo tipo di copertura e formato dal cosiddetto *pacchetto del tetto* (tegole, listelli porta-tegola, eventuale controlistello per areazione, coibentazione di vario tipo, eventuale barriera al vapore, tavolato) sostenuto da una serie di travi di legno chiamata *grossa orditura*. Schematicamente abbiamo la seguente sezione:



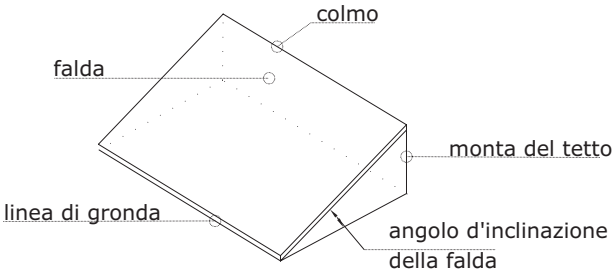
Questo tipo di copertura è detta *discontinua* a causa della soluzione di continuità che presenta lo strato di copertura finale (tegole). Esse, tra l'altro, concretizzano la tenuta alla pioggia solamente per valori di pendenza adeguata, in base al materiale impiegato e alle condizioni ambientali.

Il piano che contiene la copertura è chiamato falda del tetto.

Le varie parti del tetto sono:

Linea di displuvio	Linea orizzontale o inclinata, risultante dall'intersezione di due falde con pendenze divergenti.
Linea di compluvio	Linea orizzontale o inclinata, risultante dall'intersezione di due falde con pendenze convergenti.
Linea di gronda	Linea orizzontale terminale del tetto, in basso, ove si posa il canale per la raccolta delle acque meteoriche.
Linea di colmo	Linea risultante dall'intersezione delle falde alla sommità del tetto.
Grembiule	Elemento che garantisce la tenuta all'acqua nel raccordo tra manto di copertura e corpi emergenti.
Conversa	Elemento che garantisce la tenuta all'acqua in corrispondenza dei compluvi.
Scossalina	Elemento che garantisce la tenuta all'acqua in corrispondenza delle linee di bordo.
Canale di gronda	Elemento per la raccolta dell'acqua piovana corrispondente alla linea di gronda.
Pluviale	Elemento per lo scarico incanalato dell'acqua piovana.
Doccione	Elemento per lo scarico a dispersione dell'acqua piovana.
Monta del tetto	È il dislivello fra le linee di gronda e di colmo.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

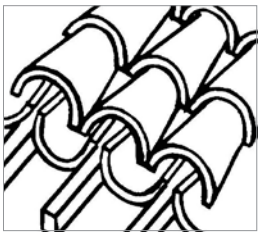


Il manto di copertura deve assicurare la perfetta tenuta all'acqua. Esso è formato generalmente da: tegole e coppi, lose di pietra, scandole di legno, lastre.

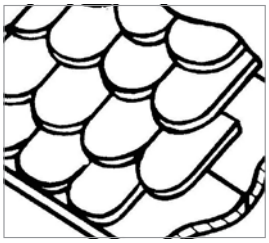
Le tegole e i coppi sono realizzati in laterizio e costituiscono i due gruppi di materiali per coperture più utilizzate. I coppi sono detti anche tegole curve. Queste si montano in doppio strato: uno inferiore con la parte concava rivolta verso l'alto e quello superiore con la concavità verso il basso. I coppi sono elementi aventi lunghezza di circa 45 *cm* e pesano circa 2 *kg* ciascuno.

Per ogni metro quadrato sono necessari da 28 a 36 coppi in funzione della distanza tra le file e della sovrapposizione longitudinale. La pendenza per tipo di copertura non deve essere inferiore al 30%. Per pendenze maggiori occorrerà realizzare degli ancoraggi con ganci di ferro o malta. L'orditura lignea per il supporto è realizzata con listelli con dimensioni di circa 3×3 *cm*, o 4×3 *cm*, fissati alla struttura portante.

Attualmente, le tegole reperibili in commercio possono raggrupparsi in: tegola romana, tegola portoghese, tegola marsigliese e le tegole fotovoltaiche. Queste ultime sono presentano del tutto identiche alla tradizionali tegole, per forma, colore e materiale, ma contengono nella parte piana una o più celle fotovoltaiche.



Tegole



Lose

Le diversità di ciascuna si possono così sintetizzare:

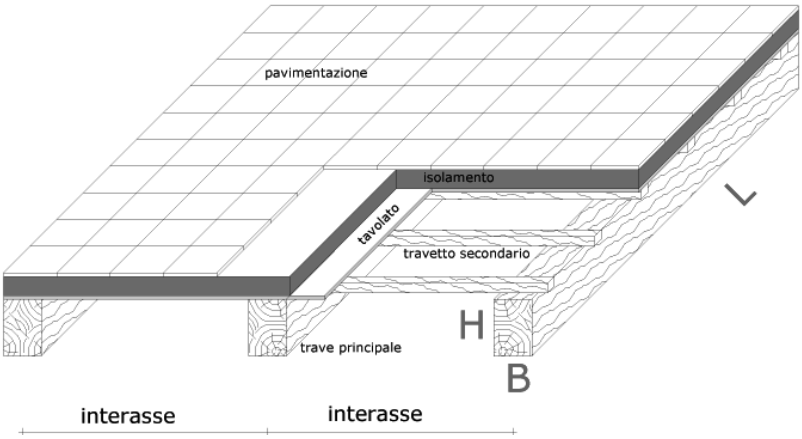
1) Le coperture in pietra è costituita da lastre con spessore di circa 10 *mm*. Il materiale comunemente usato è l'ardesia e la quarzite. Questi vengono montate a strati sovrapposti e sfalsati, tenuti con grappe metalliche. Questa copertura richiede una pendenza minima del 25%. Le coperture in lastre (piane, ondulate o nervate) hanno larghezza e lunghezza variabili. Possono essere realizzate in materiale plastico, fibrocemento e metallo. Queste coperture consentono un rapido montaggio oltre che una facile adattabilità a forme anche non convenzionali di tetti.
2) La pendenza del tetto, in funzione dei vari materiali costituenti la copertura, può essere desunta in via preliminare dal seguente quadro sinottico.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 10

ESEMPIO DI CALCOLO TETTO PIANO IN LEGNO

Effettuiamo calcolo di un tetto piano in legno. Questo sia composto come indicato nel disegno in appresso riportato. L'edificio dove realizzare il tetto sia ubicata in Sicilia, è posto nell'interno entro i 40 *km* della costa, con altimetria di 300 *m* s.l.m.. La zona dove sorgerà l'edificio sia in aperta campagna, battuta dai venti, e con altezza prevista in progetto è di 4 metri. La classe di servizio è 1 in quanto il sottotetto è all'interno dell'edificio. Le dimensioni delle travi, del tavolato e i relativi carichi sono riportati nei tabulati di calcolo delle pagine seguenti.



DATI PRINCIPALI DEL SOLAIO

Travi principali	
Luce trave:	500,00 *cm*
Interasse:	70,00 *cm*
Base:	14,00 *cm*
Altezza:	22,00 *cm*
Travicelli secondari	
Interasse:	50,00 *cm*
Base:	6,00 *cm*
Altezza:	8,00 *cm*
Tavolato	
Base:	30,00 *cm*
Altezza:	3,00 *cm*

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

Relazione tecnica relativa alla realizzazione di una copertura / Solaio in legno

IN CONFORMITA' AL D.M. 17 GENNAIO 2018
e con riferimento alla circolare del 21 gennaio 2019, n. 7

I valori di calcolo per le proprietà del materiale, a partire dai valori caratteristici, si assegnano con riferimento combinato alle classi di servizio e alle classi di durata del carico. **Il valore di calcolo X_d** di una proprietà del materiale è calcolato mediante la relazione:

$$X_d = X_k \times K_{mod} / \gamma_M$$

dove:

X_k è il valore caratteristico della proprietà del materiale;

K_{mod} è un coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia della durata del carico sia dell'umidità della struttura. Se una combinazione di carico comprende azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico si dovrà scegliere un valore di k_{mod} che corrisponde all'azione di minor durata;

γ_M è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, i cui valori per legno massiccio e legno lamellare incollato sono riportati nella tabella 4.4.III delle NTC 2018, sotto riportata.

Tipo legno	Colonna A	Colonna B
legno massiccio	**1,50**	**1,45**
legno lamellare incollato	**1,45**	**1,35**

Avendo scelto produzioni normali per i materiali (colonna A) il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale vale;

legno massiccio γ_M = **1,50**

legno lamellare incollato γ_M = **1,45**

Si riportano per comodità alcuni valori e definizioni riportate dalle NTC 2018

Classi di durata del carico

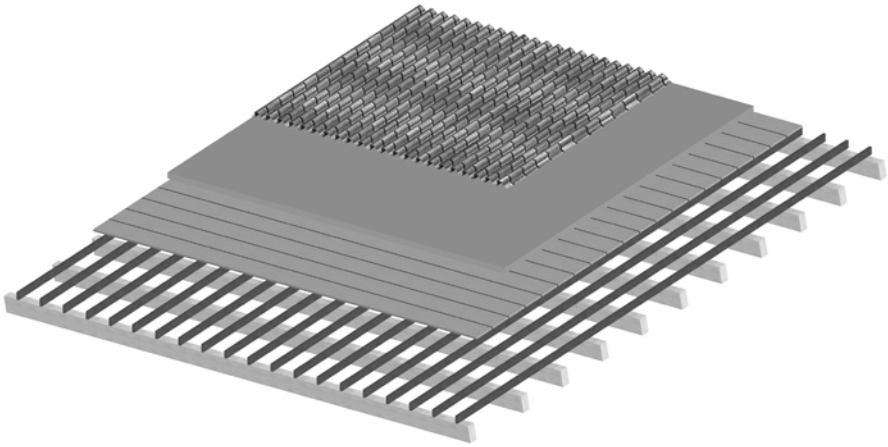
Permanente	durata del carico più di 10 anni
Lunga durata	durata del carico 6 mesi - 10 anni
Media durata	durata del carico 1 settimana - 6 mesi
Breve durata	durata del carico meno di 1 settimana
Istantaneo	-------

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 11

ESEMPIO DI CALCOLO TETTO A FALDA IN LEGNO

Facciamo ora un esempio considerando il tetto inclinato di 30°. Questo sia composto come indicato nel disegno in appresso riportato. L'edificio dove realizzare il tetto sia ubicato in Sicilia, e posto nell'interno entro i 40 *km* della costa, con altimetria di 300 *m* s.l.m.. La zona dove sorgerà l'edificio sia in aperta campagna e l'altezza prevista in progetto è di 4 *m*. Le dimensioni delle travi, del tavolato e i relativi carichi sono riportati nei tabulati di calcolo delle pagine seguenti. La classe di servizio e la 2.



DATI PRINCIPALI DEL SOLAIO

Travi principali	
Luce trave:	500,00 *cm*
Interasse:	70,00 *cm*
Base:	14,00 *cm*
Altezza:	22,00 *cm*
Travicelli secondari	
Interasse:	50,00 *cm*
Base:	6,00 *cm*
Altezza:	8,00 *cm*
Tavolato	
Base:	30,00 *cm*
Altezza:	3,00 *cm*

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

Relazione tecnica relativa alla realizzazione di una copertura / Solaio in legno

IN CONFORMITA' AL D.M. 17 GENNAIO 2018
e con riferimento alla circolare del 21 gennaio 2019 n. 7

I valori di calcolo per le proprietà del materiale, a partire dai valori caratteristici, si assegnano con riferimento combinato alle classi di servizio e alle classi di durata del carico. **Il valore di calcolo X_d** di una proprietà del materiale è calcolato mediante la relazione:

$$X_d = X_k \times K_{mod} / \gamma_M$$

dove:

X_k è il valore caratteristico della proprietà del materiale;

K_{mod} è un coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia della durata del carico sia dell'umidità della struttura. Se una combinazione di carico comprende azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico si dovrà scegliere un valore di k_{mod} che corrisponde all'azione di minor durata;

γ_M è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, i cui valori per legno massiccio e legno lamellare incollato sono riportati nella tabella 4.4.III delle NTC 2018, sotto riportata.

Tipo legno	Colonna A	Colonna B
legno massiccio	**1,50**	**1,45**
legno lamellare incollato	**1,45**	**1,35**

Avendo scelto produzioni normali per i materiali (colonna A) il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale vale;

legno massiccio γ_M = **1,50**

legno lamellare incollato γ_M = **1,45**

Si riportano per comodità alcuni valori e definizioni riportate dalle NTC 2018

Classi di durata del carico

Permanente	durata del carico più di 10 anni
Lunga durata	durata del carico 6 mesi - 10 anni
Media durata	durata del carico 1 settimana - 6 mesi
Breve durata	durata del carico meno di 1 settimana
Istantaneo	-------

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CAPITOLO 12

INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO

12.1. Note sul software incluso

Il software incluso[1] esegue il calcolo di tetti piani o inclinati in legno lamellare e massiccio. Caratteristiche principali del software sono:

- Il software dispone di un database con le classi di resistenza per legno massiccio di conifera e pioppo, legno massiccio di latifoglia, legno lamellare omogeneo e combinato, secondo le classi di resistenza delle UNI EN 14080:2013 e UNI EN 338:2016.
- La tipologia strutturale considerata prevede le travi principali, le travi secondarie e un tavolato.
- L'orditura delle travi principali è considerata parallela alla linea di gronda.
- Il software sviluppa tutte le combinazioni di carico e la verifica tiene conto del coefficiente correttivo dell'effetto sui parametri di resistenza, la durata del carico e la classe di esposizione.
- Il software effettua verifica a flessione retta o deviata e a taglio per gli Stati Limiti Ultimi e per deformazione istantanea e a lungo termine per gli Stati Limiti di Esercizio.
- La stampa comprende: relazione preliminare; analisi dei carichi; calcolo del carico della neve e del vento; combinazione dei carichi; calcolo delle caratteristiche di sollecitazione; verifica; piano di manutenzione.

12.2. Requisiti hardware e software

- Processore da 2.00 GHz;
- MS Windows Vista/7/8/10 (è necessario disporre dei privilegi di amministratore);
- MS .Net Framework 4 e vs. successive;
- 250 MB liberi sull'HDD;
- 2 GB di RAM;
- MS Word 2007 e vs. successive;
- Accesso ad internet e browser web.

12.3. Download del software e richiesta della password di attivazione

1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

https://www.grafill.it/pass/0060_0.php

[1] Il software incluso è parte integrante della presente pubblicazione e resterà disponibile nel menu **G-cloud** dell'area personale del sito **www.grafill.it**.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

2) Inserire i codici "**A**" e "**B**" (vedi ultima pagina del volume) e cliccare **[Continua]**.
3) **Per utenti registrati** su www.grafill.it: inserire i dati di accesso e cliccare **[Accedi]**, accettare la licenza d'uso e cliccare **[Continua]**.
4) **Per utenti non registrati** su www.grafill.it: cliccare su **[Iscriviti]**, compilare il form di registrazione e cliccare **[Iscriviti]**, accettare la licenza d'uso e cliccare **[Continua]**.
5) Un **link per il download del software** e la **password di attivazione** saranno inviati, in tempo reale, all'indirizzo di posta elettronica inserito nel form di registrazione.

12.4. Installazione ed attivazione del software

1) Scaricare il setup del software (file ***.exe**) cliccando sul link ricevuto per e-mail.
2) Installare il software facendo doppio-click sul file **88-277-0061-7.exe**.
3) Avviare il software:

   Per utenti MS Windows Vista/7/8: **[Start]** › **[Tutti i programmi]** › **[Grafill]**
   › **[Solai e tetti in legno III Ed.]** (cartella)
   › **[Solai e tetti in legno III Ed.]** (icona di avvio)

   Per utenti MS Windows 10: **[Start]** › **[Tutte le app]** › **[Grafill]**
   › **[Solai e tetti in legno III Ed.]** (icona di avvio)

4) Compilare la schermata *Registrazione Software* e cliccare su **[Registra]**.
5) Si aprirà la schermata *Starter* di seguito rappresentata:

6) Cliccando sull'icona centrale **[Solai e Tetti in Legno Lamellare e Massiccio]** si aprirà la schermata principale del software che vedremo in dettaglio nel capitolo che segue.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

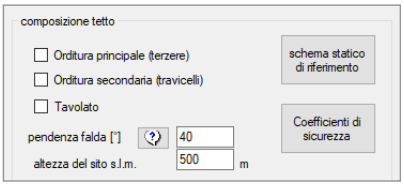
CAPITOLO 13

MANUALE DEL SOFTWARE INCLUSO

La schermata principale del software è composta da diverse sezioni che contengono i comandi necessari alla gestione.

13.1. Composizione tetto

La sezione **composizione tetto** contiene due caselle di testo nelle quali inserire la pendenza della falda, se diversa da zero, e l'altezza del sito sul livello del mare.



Sono presenti, inoltre, tre opzioni che permettono di inserire nel tetto l'orditura principale, quella secondaria ed il tavolato. Quando una delle tre opzioni è selezionata, nel box relativo apparirà una memo in giallo ad indicare che la stessa è inserita nella struttura.

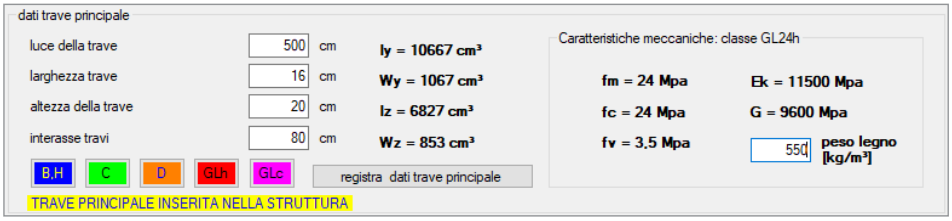
Con l'ausilio del pulsante è disponibile una guida al calcolo della pendenza della falda in gradi, ove non si disponga di tale valore.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

13.2. Dati geometrici e meccanici dei materiali

In questa sezione si inseriscono i dati geometrici della trave principale (luce della trave, larghezza, altezza e interasse) e le sue caratteristiche meccaniche.

Inserendo i dati geometrici, il software calcola le rigidezze e i moduli di resistenza a flessione nelle direzioni *x* e *y*.

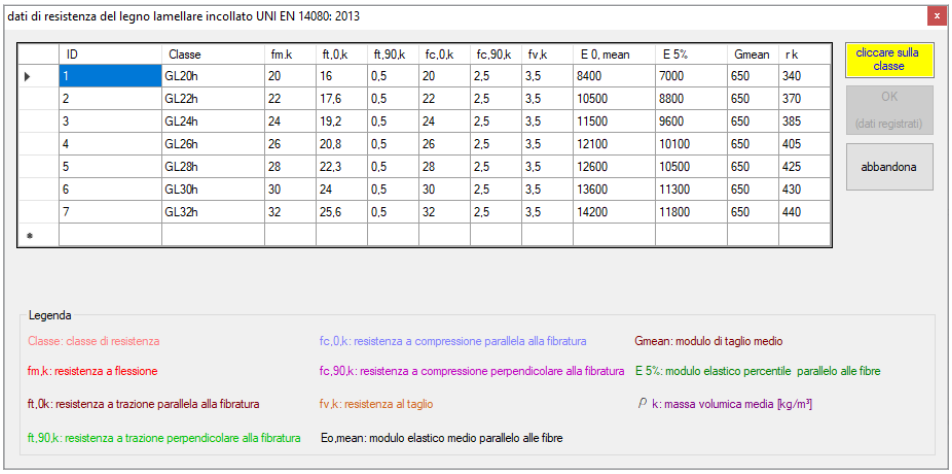


Inserire le caratteristiche di resistenza con i seguenti pulsanti di comando:

- B,H — Visualizza una tabella che riporta le dimensioni più comuni disponibili in commercio. Tale tabella non trasferisce i dati nel progetto.
- C — Inserisce i dati legno massiccio della classe di resistenza C (conifere e pioppo).
- D — Inserisce i dati legno massiccio della classe di resistenza D (latifoglie escluse il pioppo).
- GLh — Inserisce i dati legno lamellare incollato del tipo omogeneo della classe di resistenza GL_h.
- GLc — Inserisce i dati legno lamellare incollato del tipo combinato della classe di resistenza GL_c.

In basso a destra bisogna inserire il peso specifico del legno espresso in *kg/m*³.

Cliccando uno qualsiasi dei pulsanti compare un finestra simile alla seguente contenente le classi di resistenza del legno scelto:



	ID	Classe	fm,k	ft,0,k	ft,90,k	fc,0,k	fc,90,k	fv,k	E 0, mean	E 5%	Gmean	r k
▶	1	GL20h	20	16	0,5	20	2,5	3,5	8400	7000	650	340
	2	GL22h	22	17,6	0,5	22	2,5	3,5	10500	8800	650	370
	3	GL24h	24	19,2	0,5	24	2,5	3,5	11500	9600	650	385
	4	GL26h	26	20,8	0,5	26	2,5	3,5	12100	10100	650	405
	5	GL28h	28	22,3	0,5	28	2,5	3,5	12600	10500	650	425
	6	GL30h	30	24	0,5	30	2,5	3,5	13600	11300	650	430
	7	GL32h	32	25,6	0,5	32	2,5	3,5	14200	11800	650	440
*												

Selezionare la riga corrispondente alla classe di resistenza che si vuole adottare e poi confermare cliccando il pulsante **[OK]**.

Tutti i dati saranno trasferiti nell'archivio di progetto e compariranno nella maschera precedente. Prima di cambiare elemento strutturale ricordarsi di registrare i dati.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

PRONTO
GRAFILL