



STEFANO CASCIO

SOLAI E TETTI IN LEGNO

**SOFTWARE PER IL CALCOLO DI TETTI PIANI E INCLINATI
IN LEGNO LAMELLARE E MASSICCIO**

CONFORME ALLE DISPOSIZIONI DELLE NTC 2018 E DELLA CIRCOLARE N. 7/2019
E SECONDO LE CLASSI DI RESISTENZA UNI EN 14080:2013 E UNI EN 338:2016



SOFTWARE INCLUSO
CON FOGLI DI CALCOLO



QUARTA EDIZIONE


GRAFILL

Stefano Cascio

SOLAI E TETTI IN LEGNO LAMELLARE E MASSICCIO

Ed. IV (03-2023)

ISBN 13 978-88-277-0388-5

EAN 9 788827 703885

Collana **SOFTWARE** (155)



**Licenza d'uso da leggere attentamente
prima di attivare la WebApp o il Software incluso**

Usa un QR Code Reader
oppure collegati al link <https://grafill.it/licenza>

Per assistenza tecnica sui prodotti Grafill aprire un ticket su <https://www.supporto.grafill.it>

L'assistenza è gratuita per 365 giorni dall'acquisto ed è limitata all'installazione e all'avvio del prodotto, a condizione che la configurazione hardware dell'utente rispetti i requisiti richiesti.

© **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 6823069



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



Telegram
grafill.it/telegram

Finito di stampare presso **Tipografia Publistampa S.n.c. - Palermo**

Edizione destinata in via prioritaria ad essere ceduta nell'ambito di rapporti associativi.

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.

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	"	13
1.2. Classi di resistenza	"	14
1.2.2. Attribuzione diretta in base a prove sperimentali	"	18
2. VERIFICA DELLA RESISTENZA STRUTTURALE	"	22
3. AZIONI SULLE COSTRUZIONI E LORO COMBINAZIONE	"	28
3.1. Pesi propri dei materiali strutturali	"	28
3.2. Carichi permanenti non strutturali	"	28
3.2.1. Elementi divisori interni	"	29
3.3. Sovraccarichi	"	30
3.3.1. Carichi variabili orizzontali	"	32
3.4. Classificazione delle azioni	"	32
3.5. Caratterizzazione delle azioni elementari	"	33
3.6. Combinazioni delle azioni	"	34
3.7. Azioni nelle verifiche agli stati limite	"	36
3.8. Vita nominale	"	37
4. CARICO DOVUTO ALLA NEVE		
CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO	"	38
4.1. Azioni della neve	"	38
4.2. Valore di riferimento del carico della neve al suolo	"	38
4.3. Coefficiente di esposizione	"	39
4.4. Coefficiente termico	"	40
4.5. Carico neve sulle coperture	"	40
4.6. Coefficiente di forma per le coperture	"	40

4.6.1.	Coperture adiacenti o vicine a costruzioni più alte	p.	41
4.6.2.	Copertura ad una falda	"	42
4.6.3.	Coperture piane ad una falda	"	43
4.6.4.	Copertura a due falde	"	43
4.7.	Esempio pratico di calcolo del carico neve	"	44
4.8.	Applicazione del carico della neve	"	45
5.	CARICO DOVUTO AL VENTO SECONDO LE NTC 2018		
	CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO	"	47
5.1.	Azioni del vento	"	47
5.2.	Velocità di riferimento	"	47
5.3.	Periodo di ritorno e velocità di riferimento di progetto	"	49
5.4.	Pressione del vento	"	50
5.5.	Pressione cinetica di riferimento	"	50
5.6.	Coefficiente di esposizione	"	50
5.7.	Coefficiente di pressione (o aerodinamico)	"	52
5.7.1.	Pareti laterali	"	54
5.7.2.	Altezza di riferimento per la faccia sopravento	"	55
5.7.3.	Altezza di riferimento per le facce sottovento e laterali	"	55
5.7.4.	Coperture piane	"	56
5.7.5.	Coperture a semplice falda	"	56
5.7.6.	Coperture a doppia falda	"	57
5.7.7.	Pressione interna	"	58
5.7.8.	Edifici con percentuale di aperture maggiore del 30%	"	59
5.7.9.	Edifici con una superficie dominante (§ C3.9.8.5, Caso 2 della Circolare n. 7/2019)	"	62
5.7.10.	Edifici con distribuzione uniforme di aperture	"	62
5.7.11.	Azioni tangenti	"	63
5.8.	Esempio di calcolo della pressione del vento su un tetto	"	64
6.	COSTRUZIONI IN LEGNO	"	69
6.1.	La valutazione della sicurezza	"	69
6.2.	Analisi strutturale	"	70
6.3.	Azioni e loro combinazioni	"	70
6.4.	Classi di durata del carico	"	70
6.5.	Classi di servizio	"	71
6.6.	Resistenza di calcolo	"	71
6.7.	Stati limite di esercizio	"	71
6.8.	Stati limite ultimi	"	72

6.8.1.	Verifiche di resistenza	p.	72
6.8.2.	Verifiche di stabilità	"	72
6.9.	Collegamenti	"	72
6.10.	Elementi strutturali	"	73
6.11.	Sistemi strutturali	"	74
6.12.	Robustezza	"	75
6.13.	Durabilità	"	76
6.14.	Resistenza al fuoco	"	76
7.	VERIFICHE DI RESISTENZA	"	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	"	79
7.1.4.	Compressione perpendicolare alla fibratura	"	79
7.1.5.	Compressione inclinata rispetto alla fibratura	"	79
7.1.6.	Flessione	"	80
7.1.7.	Tensoflessione	"	82
7.1.8.	Pressoflessione	"	82
7.1.9.	Taglio	"	82
7.1.10.	Torsione	"	83
7.1.11.	Taglio e torsione	"	84
7.1.12.	Verifiche di stabilità	"	84
7.1.13.	Elementi inflessi (instabilità di trave)	"	84
7.1.14.	Elementi compressi (instabilità di colonna)	"	86
8.	VERIFICA AGLI STATI LIMITI DI ESERCIZIO	"	88
8.1.	Norme specifiche per elementi inflessi	"	91
8.2.	Esempio di calcolo della deformazione: metodo esatto	"	92
9.	TETTI IN LEGNO	"	96
9.1.	Tipologie di tetti in legno	"	98
9.2.	Statica dei tetti	"	101
9.3.	Carichi gravanti sui tetti	"	104
9.3.1.	Travi principali tessute ortogonalmente alla line dei colmo	"	104
9.4.	Combinazione dei carichi	"	109
10.	VERIFICHE DI RESISTENZA: ESEMPI DI CALCOLO	"	112
10.1.	Esempio di calcolo e verifica a flessione semplice e instabilità flessionale di una trave di colmo	"	113

10.2.	Esempio di verifica a taglio di una trave soggetta flessione retta	p.	117
10.3.	Esempio di verifica a tensoflessione del tirante/catena di una capriata.....	"	119
10.4.	Verifiche a flessione deviata, taglio e SLE relative all'orditura principale di un tetto con la grossa orditura parallela alla linea di colmo.....	"	122
10.5.	Esempio di verifica a instabilità puntone	"	130
11.	ESEMPIO DI CALCOLO DI UN TETTO PIANO IN LEGNO	"	133
12.	ESEMPIO DI CALCOLO TETTO A FALDA IN LEGNO	"	159
13.	INSTALLAZIONE E ATTIVAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO	"	207
13.1.	Requisiti hardware e software	"	207
13.2.	Attivazione del software incluso	"	208
14.	MANUALE DEL SOFTWARE INCLUSO	"	209

INTRODUZIONE

Questa nuova edizione del volume *"Solai e tetti in legno lamellare e massiccio"*, mantenendo immutato l'impianto originale del testo, è stato aggiornato e ampliato nella parte teorica e pratica della maggior parte dei capitoli. In particolare, si è aggiunto un nuovo capitolo con la descrizione delle varie tipologie costruttive dei tetti cosiddetti alla **lombarda** e alla **piemontese**, anche in presenza di capriate semplici.

La verifica di una qualunque opera di ingegneria consiste nel sostituire alla realtà fisica un modello governato da leggi, le più semplici possibili, che ne consentono l'analisi quantitativa. Il testo alterna alla trattazione teorica, come previsto dalle NTC 2018 e relative norme UNI, esempi pratici di verifica dei vari componenti la struttura lignea del tetto.

Questo testo, trattando di una materia dal carattere spiccatamente applicativo senza trascurare la parte teorica è destinato sia agli studenti di ingegneria, architettura, geometri, che ai professionisti del settore. Per facilitare e velocizzare tale procedura il testo è corredato da un software, come utile ausilio per il calcolo e la verifica di tetti e solai sia di legno massiccio sia lamellare. In questa nuova edizione sono raggruppate in unico foglio di calcolo ben sei differenti casi di tetti di cui è possibile effettuare i calcoli di verifica e la stampa del calcolo e della relazione di accompagnamento.

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

La pubblicazione delle NTC 2018, di cui al D.M. 17 gennaio 2018, pubblicato sulla G.U.R.I. n. 42 del 20 febbraio 2018, Suppl. Ord. 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 costruzioni di legno, sono i capitoli 4.4, 7.7 e 11.7.

Al capitolo 4.4 (rubricato *"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:

- *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;

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	$6 \text{ mm} \leq d \leq 40 \text{ mm}$	$b < 80 \text{ mm}$
Tavola	$6 \text{ mm} \leq d \leq 40 \text{ mm}$	$b \geq 80 \text{ mm}$
Tavolone	$d > 40 \text{ mm}$	$b > 3 \cdot d$
Legname squadrato	$b \leq h \leq 3 \cdot b$	$b > 40 \text{ mm}$

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.

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

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 il 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 °C. 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:

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.

Ovviamente tali classi sono da intendersi come condizioni operative ordinarie, scostamenti per breve tempo non fanno mutare la classe di servizio. Operativamente, possiamo traslare le classi di servizio alle seguenti situazioni reali:

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 fondamentale 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.

In caso di combinazioni di carichi di durata differente ci si riferirà al carico con la durata più breve per la determinazione della classe di durata della combinazione. Sono infatti le sollecitazioni più elevate a causare il danneggiamento e quindi la rottura del materiale: queste sollecitazioni estreme sono presenti soltanto durante l'azione contemporanea di tutti i carichi previsti dalla combinazione considerata, che si verifica soltanto durante un lasso di tempo pari alla durata dell'azione di più breve durata fra quelle contenute nella combinazione considerata.

Nel caso della neve occorre principalmente tener conto dell'andamento effettivo del carico della neve nel tempo. Ci si limiterà qui a osservare che, secondo le indicazioni contenute in N.I.CO.LE. (Norme Italiane COstruzioni LEgno), il carico da neve è da ritenersi di breve durata fino ad un valore riferito al suolo q_{sk} di 2.0 kN/m², calcolato in uno specifico sito ad una certa altitudine. L'eventuale eccedenza rispetto a questo valore è da considerarsi istantanea. Nei fogli di calcolo a corredo del testo il carico neve è sempre considerato di breve durata.

L'effetto della durata del carico e quello dell'umidità del legno sono riassunti in un unico coefficiente di correzione apposito, denominato k_{mod} , con cui si determinano i valori di calcolo della resistenza del materiale. Si ottiene quindi:

$$X_d = \frac{k_{mod} \cdot X_k}{\gamma_M}$$

dove:

- X_k è il valore caratteristico della proprietà del materiale;
- X_d è il valore di calcolo della stessa proprietà del materiale;
- γ_M è il coefficiente di sicurezza parziale per le proprietà dei materiali;
- k_{mod} è il coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto sui parametri di resistenza, sia della durata del carico sia dell'umidità della struttura. I valori di k_{mod} sono forniti nella Tab. 4.4.IV della NTC 2018. 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.

I valori caratteristici delle proprietà del materiale fanno parte delle caratteristiche tecniche di ogni materiale da costruzione e sono contenuti nelle norme rispettive o nella documentazione tecnica sul materiale stesso. I valori del coefficiente parziale di sicurezza per le proprietà dei materiali sono stabiliti in base alla variabilità delle caratteristiche del materiale stesso, tenendo conto delle procedure usate in laboratorio per la determinazione delle medesime e delle misure di controllo della qualità cui è sottoposto il materiale durante la produzione e la lavorazione.

Il coefficiente γ_M è valutato secondo la colonna A della Tab. 4.4.III delle NTC 2018. Si possono assumere i valori riportati nella colonna B della stessa tabella, per produzioni continuative di elementi o strutture, soggette a controllo continuativo del materiale dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valor

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:

Tabella 3.1. *Pesi dell'unità di volume dei principali materiali*

[Rif. 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, divisorii 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. Nel caso dei tetti si possono considerare come carichi permanenti non strutturali: tegole, lastre di copertura, eventuali malte di fissaggio, pannelli isolanti di qualunque tipo e simili. Per i solai intermedi la pavimentazione e i relativi massetti, gli intonaci all'intradosso, i materiali isolanti.

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 carico. Il carico uniformemente distribuito g_{2k} ora definito dipende dal peso proprio per unità di lunghezza G_2 delle partizioni nel modo seguente:

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

Elementi divisori interni con peso proprio maggiore devono essere considerati in fase di progettazione, tenendo conto del loro effettivo posizionamento sul solaio. I carichi dovuti ai pesi propri delle strutture sono carichi verticali distribuiti lungo tutto lo sviluppo delle strutture medesime. Nel caso dei tetti a falde inclinate si ha:

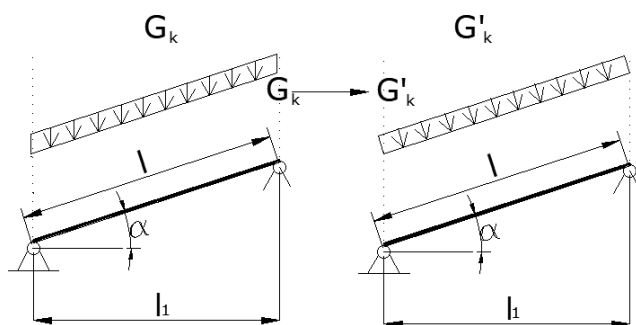


Figura 3.1. Carico gravitazionale

Per passare dal carico verticale alla componente ortogonale alla trave bisognerà moltiplicare per il coseno dell'inclinazione della falda. Quindi il carico da utilizzare vale:

$$G'_k = G_k \times \cos(\alpha)$$

Nel caso, invece, si volesse utilizzare nei calcoli non la luce reale della trave ma la sua proiezione su di un piano orizzontale bisognerà porre:

CARICO DOVUTO ALLA NEVE CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO

4.1. Azioni della neve

Il carico della 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/m²], fornito per un periodo di ritorno di 50 anni;
- C_E è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico.

Le NTC 2018 assumono che il carico agisca in direzione verticale e che lo si deve riferire 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 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.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{ } a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ } a_s > 200 \text{ m}$
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.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{ } a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ } a_s > 200 \text{ m}$
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.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2 \text{ } a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ } a_s > 200 \text{ m}$
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.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \text{ } a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ } a_s > 200 \text{ m}$

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 4.1. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$.

Tabella 4.1. 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

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 effetti dinamici.

Per *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 esterne ed interne degli elementi della costruzione. L'azione del vento sul singolo elemento viene determinata considerando la combinazione più gravosa della pressione sulla superficie esterna e della pressione sulla superficie interna dell'elemento. Per costruzioni o elementi di grande estensione, si deve 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 alcuni casi, come 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*, di grande altezza o lunghezza, 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 che c_a si ricava dalle relazioni:

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

I valori di $v_{b,0}$, a_0 , k_s in funzione della zona geografica di appartenenza sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1. Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

[Rif. Tab. 3.3.1 NTC 2018]

Zona	Descrizione	v_b [m/s]	a_0 [m]	k_s [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

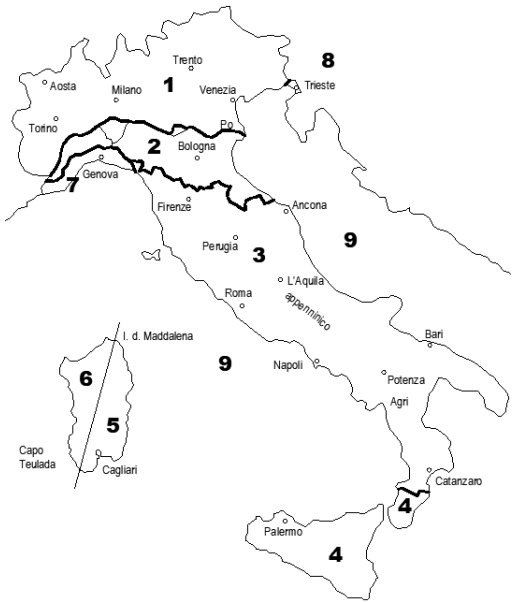


Figura 5.1. Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Per altitudini superiori a 1.500 m s.l.m. si potrà fare riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione. I valori della velocità di riferimento possono essere ricavati da

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

L'individuazione degli schemi strutturali non può prescindere dal reale comportamento delle singole membrature e dei collegamenti nelle varie fasi costruttive, anche in relazione alle imperfezioni 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 rigidità 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 un'analisi lineare con redistribuzione o, più in generale, con analisi non lineari.

I collegamenti normalmente utilizzati nelle costruzioni lignee, per i quali la rigidità flessionale è trascurabile, possono essere schematizzati, da un punto di vista cinematico, come cerniere. Qualora la rigidità 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

VERIFICHE DI RESISTENZA

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:

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

dove:

- $\sigma_{t,0,d}$ è la tensione di calcolo a trazione parallela alla fibratura calcolata sulla sezione netta;
- $f_{t,0,d}$ è la resistenza di calcolo, determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_{ht} 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.

La resistenza di calcolo a trazione perpendicolare è inversamente proporzionale al volume di materiale sottoposto alla sollecitazione di trazione. Maggiore è questo volume, minore sarà la resistenza di calcolo, che si riduce secondo un coefficiente $k_{vol} \leq 1$.

Pertanto, la resistenza di calcolo a trazione è data da:

$$f_{t,90,d} = \frac{k_{mod} \times k_{vol} \times f_{t,90,k}}{\gamma_M}$$

La verifica sarà soddisfatta se risulta:

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

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.

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.

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 $1/(1+k_{def})$.

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

Per una trave semplicemente appoggiata agli estremi si ha:

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

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

[Rif. Tab. 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 indicati al capitolo 12. Tra questi documenti si trovano le: *Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.)*. A questi documenti 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: $G1 + G2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$

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:

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

Che può essere esplicitata nella forma:

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

Che in termini di deformazioni si scrive:

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

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:

TETTI IN LEGNO

In genere, questo tipo di copertura è formato dal c.d. *pacchetto del tetto* (tegole, listelli porta-tegola, eventuale controlistello per areazione, coibentazione di vario tipo, eventuale barriera al vapore, tavolato) sostenuto travi di legno chiamate *grossa orditura*.

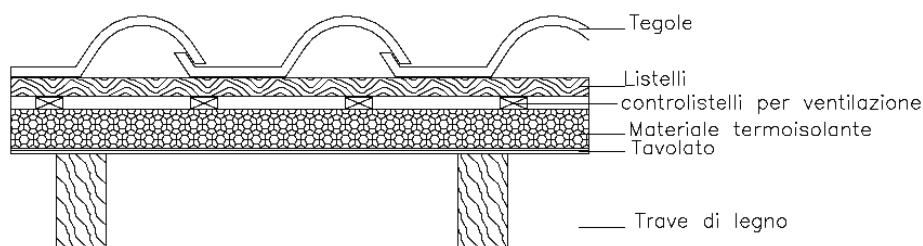


Figura 9.1. Sezione schematica di un tetto in legno

Questo tipo di copertura è detta *discontinua* a causa della soluzione di continuità che presenta lo strato di copertura finale (tegole). Le tegole 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.

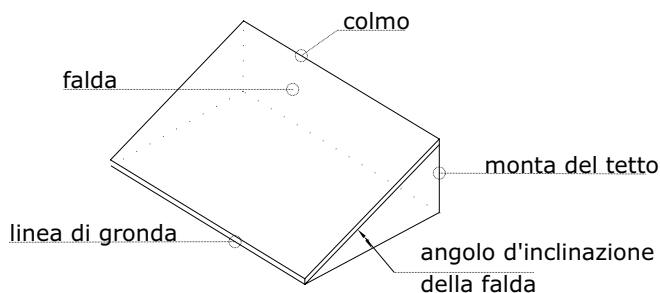


Figura 9.2.

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.

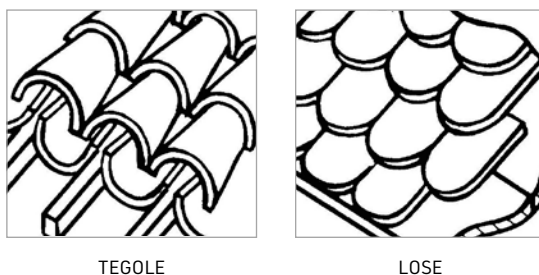


Figura 9.3.

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.

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

VERIFICHE DI RESISTENZA: ESEMPI DI CALCOLO

In questo capitolo sono illustrati, con esempi svolti step by step, i concetti di verifica precedentemente illustrati, applicati agli elementi strutturali dei tetti o dei solai piani.

Si tratteranno:

- 1) Progetto e verifica a flessione semplice e instabilità flessionale di una trave di colmo;
- 2) Verifiche a flessione e taglio in caso di flessione semplice;
- 3) Verifica a tensoflessione del tirante/catena di una capriata;
- 4) Verifiche a flessione deviata, taglio e SLE relativa all'orditura principale di un tetto con la grossa orditura parallela alla linea di colmo;
- 5) Verifica all'instabilità a carico di punta per un puntone di una capriata semplice;
- 6) Verifica alla compressione inclinata per appoggio falso puntone su trave di colmo.

PRECISAZIONE IMPORTANTE

I valori numerici degli esempi riportati di seguito non si riferiscono a casi concreti.

10.1. Esempio di calcolo e verifica a flessione semplice e instabilità flessionale di una trave di colmo

S'intende progettare a flessione la trave di colmo riportata nella figura 10.1.

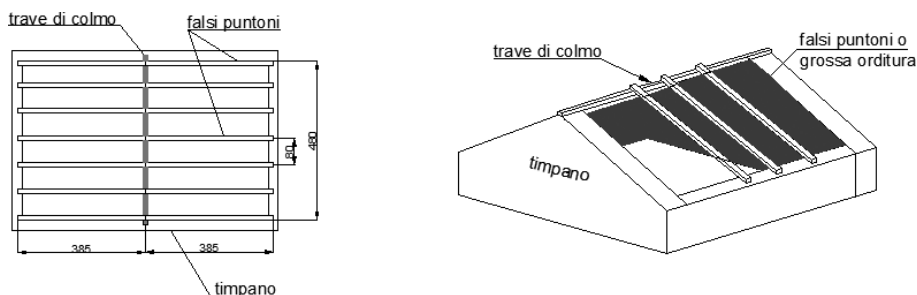


Figura 10.1.

La trave di colmo ha il profilo resistente della classe GLh = 24 cui corrisponde un resistenza caratteristica a flessione di $f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2$.

La classe di esposizione sia la 3.

La durata del carico cui si fa riferimento è quella: lunga durata.

In funzione dell'esposizione, del materiale, della durata del carico, dalla tabella 4.4.IV delle NTC 2018 si ottiene un $k_{mod} = 0,70$.

Il coefficiente di sicurezza del materiale $\gamma_M = 1,45$.

Altri dati del profilo resistente sono:

- 1) modulo elastico caratteristico parallelo alla fibratura $E_{0,05} = 91.000 \text{ daN/cm}^2$;
- 2) modulo elastico tangenziale caratteristico $G_{mean} = 6.500 \text{ daN/cm}^2$;
- 3) modulo elastico medio parallelo alle fibre $E_{mean} = 110.000 \text{ daN/cm}^2$.

La resistenza di progetto vale:

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,70 \cdot 24}{1,45} = 11,59 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \approx 116 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

La trave di colmo è semplicemente poggiata, alle sue estremità, sui timpani delle muratura portante dell'edificio.

La trave di colmo per quanto detto è in semplice appoggio alle estremità, ed è caricata dallo scarico (reazione vincolare R) della grossa orditura (falsi puntoni) che portano il pacchetto di copertura (tegole, tavolato, terzere, isolamento, ecc.).

La reazione vincolare R di ciascun falso puntone, precedentemente determinata, vale 52,80 daN.

Sulla trave di colmo, quindi, ogni coppia di falsi puntoni scarica una componente verticale pari a (vedi schema di figura 10.2):

$$P = 2 \times R \times \cos(\alpha) = 2 \times 53 \times \cos(18) = 100,4 \text{ daN che si approssimano a } 100 \text{ daN}$$

ESEMPIO DI CALCOLO DI UN TETTO PIANO IN LEGNO

Effettuiamo il calcolo di un tetto piano in legno composto come in figura 11.1.

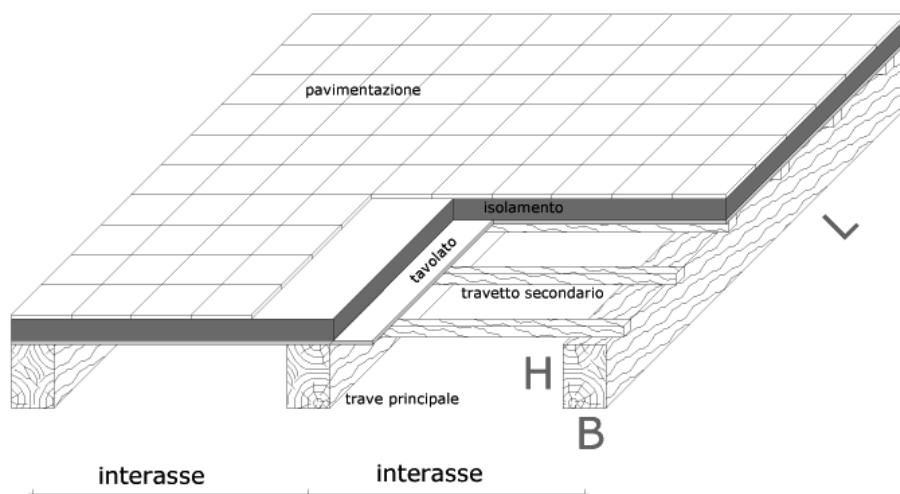


Figura 11.1.

L'edificio dove realizzare il tetto sia ubicata in Sicilia, posto nell'interno entro i 40 km della costa e 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 m.

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.

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

SOLAIO PIANO.

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 $\gamma_M = \mathbf{1,50}$

legno lamellare incollato $\gamma_M = \mathbf{1,45}$

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

Classi di durata del carico

Classe di servizio 1

E' caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno.

ESEMPIO DI CALCOLO TETTO A FALDA IN LEGNO

Facciamo ora un esempio considerando il tetto inclinato di 30° . Questo sia composto come in figura 12.1.

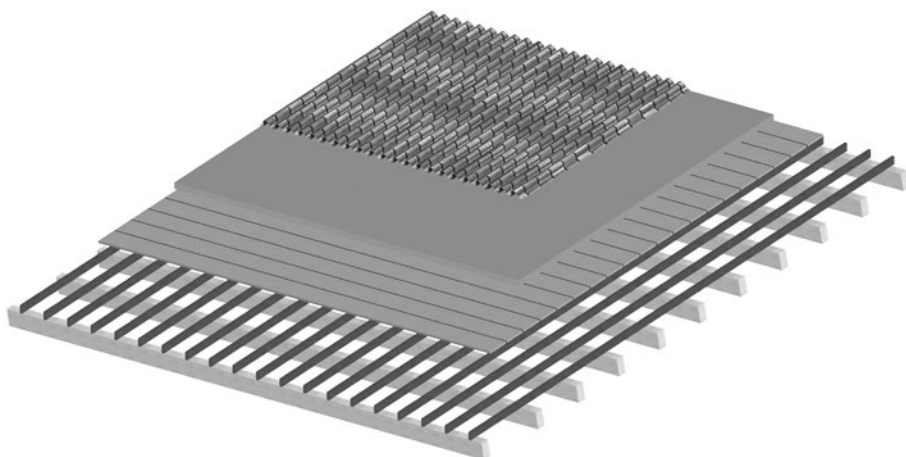


Figura 12.1.

L'edificio dove realizzare il tetto sia ubicato in Sicilia, posto nell'interno entro i 40 km della costa e 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 è la 3.

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:

$$\mathbf{X}_d = \mathbf{X}_k \times \mathbf{K}_{\text{mod}} / \gamma_M$$

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 $\gamma_M = 1,50$

legno lamellare incollato $\gamma_M = 1.45$

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	-----

INSTALLAZIONE E ATTIVAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO

Il **software incluso** risolve, attraverso fogli di calcolo, le seguenti configurazioni di tetti a falda o di solai piani, realizzati in legno lamellare o massiccio:

- Tetto a unica falda ordito parallelamente alla linea di colmo;
- Tetto a unica falda ordito perpendicolarmente alla linea di colmo;
- Tetto a due falde ordito parallelamente alla linea di colmo poggianti su capriate o su muri di timpano;
- Tetto a due falde ordito perpendicolarmente alla linea di gronda poggianti su trave di colmo che scarica su capriate o muri di timpano;
- Solaio piano per civile abitazione.

Il **software incluso** gestisce:

- Analisi dei carichi;
- Carichi dovuti al vento;
- Carichi dovuti alla neve;
- Combinazioni dei carichi agenti;
- Calcolo delle azioni sulla struttura per le diverse durate dei carichi;
- Verifiche di resistenza agli SLU;
- Verifiche di esercizio agli SLE;
- Stampa della relazione tecnica e del calcolo;
- Stampa del calcolo del carico dovuto alla neve;
- Stampa del calcolo dovuto al vento.

13.1. Requisiti hardware e software

- Accesso ad internet e browser web;
- MS Windows Vista/7/8/10 (con privilegi di amministratore);
- MS .Net Framework 4+;
- 250 MB liberi sull'HDD;
- 2 GB di RAM;
- Software per gestire documenti PDF e Office (consigliato MS Office 2016+).

La WebApp che gestisce i contenuti software funziona anche su dispositivi Mac OS X, Linux, iOS e Android.

13.2. Attivazione del software incluso

- Collegarsi al seguente indirizzo internet:

https://www.grafill.it/pass/0388_5.php

- Inserire i codici **[A]** e **[B]** riportati nell'ultima pagina di questo manuale e cliccare sul pulsante **[Continua]**;
- Accedere al **Profilo utente Grafill** oppure crearne uno su **www.grafill.it**;
- Cliccare sul pulsante **[G-CLOUD]**;
- Cliccare sul pulsante **[Vai alla WebApp]** a fianco del prodotto acquistato;
- Fare il *login* usando le stesse credenziali di accesso al **Profilo utente Grafill**;
- Entrare nella WebApp abbinata alla presente pubblicazione cliccando sulla relativa immagine di copertina presente nello scaffale **Le mie App**;
- Per installare ed attivare il software:
 - Cliccare sul pulsante **[Software]** della WebApp: si aprirà una scheda che riporta descrizione e caratteristiche del software, i **codici di attivazione** ed il pulsante **[Scarica Software]**;
 - Cliccare sul pulsante **[Scarica Software]** per avviare il download;
 - Installare il software facendo doppio-click sul file **88-277-0389-2.exe**;
 - Terminata la procedura di installazione, sul desktop del PC verrà creata l'icona **[Solai e tetti in legno IV Ed]**;
 - Cliccando la suddetta icona si aprirà la schermata principale del software.

Un manuale dettagliato del software è riportato nel capitolo che segue.

AVVERTENZA

- I fogli di lavoro non sono protetti.
- Non spostare o modificare celle e pulsanti di comando.
- I codici di calcolo sono protetti dalla visualizzazione.
- Inserire i dati necessari solamente nella caselle bordate di colore celeste.

La schermata iniziale del software, foglio «Start», si presente come in figura 14.1.

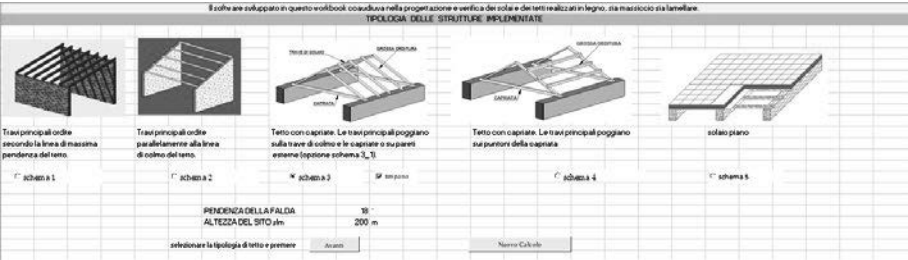


Figura 14.1.

Selezionando una delle opzioni, è possibile scegliere la tipologia di struttura da sottoporre a verifica: tetto a falda nelle diverse modalità costruttive oppure un solaio piano.

Schema 1	Travi principali ordite secondo la linea di massima pendenza del tetto
Schema 2	Travi principali ordite parallelamente alla linea di colmo del tetto
Schema 3	Tetto con capriate. Le travi principali poggiano sulla trave di colmo portata da capriate
Timpano	<i>Selezionare questa opzione quando la trave di colmo poggia sulla muratura. In questo caso la capriata non sarà inclusa nel calcolo.</i>
Schema 4	Tetto con capriate. Le travi principali poggiano sui puntoni della capriata
Schema 5	Solaio piano

ATTENZIONE. Quando si avvia un nuovo calcolo è opportuno cancellare tutti i dati preesistenti usando il pulsante «Nuovo Calcolo».

I tetti a falda sono previsti sia con l'orditura principale o grossa orditura parallela alla linea di colmo sia perpendicolare.

È possibile indicare se l'orditura principale poggia direttamente sui muri o su capriate semplici (puntoni e tirante). In questi casi il software provvederà anche alla verifica della capriata e dell'eventuale trave di colmo.

Nel foglio «Start» si indica la pendenza della falda e l'altezza del sito dove sorge la costruzione. Tali valori saranno utilizzati per il calcolo del carico della neve e del vento.

Cliccando sul pulsante «**Avanti**» sarà visualizzato il foglio «*Geometria*», in cui si dovranno inserire le dimensioni geometriche e di resistenza della struttura principale, secondaria, tavolato. Tutte si presentano nella forma qui indicata, che rappresenta quella dei dati della trave principale.

DATI TRAVE PRINCIPALE									
geometrici									
luce della trave	l =	500 cm	momento d'inerzia	$I_x =$	9.333 cm ⁴				
spessore trave	B =	14 cm	momento resistente	$w_x =$	933 cm ³				
altezza trave	H =	20 cm	momento d'inerzia	$I_y =$	4.573 cm ⁴				
interasse trave	int =	50 cm	momento resistente	$w_y =$	653 cm ³				
resistenze									
resistenza caratteristica a flessione				$f_{m,k} =$	24 MPa				
resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura				$f_{c,0,k} =$	21 MPa				
resistenza caratteristica a taglio				$f_{v,k} =$	4 MPa				
parametri elastici									
modulo elastico medio parallelo alle fibre				$E_{0,mean} =$	11.000 Mpa				
modulo di taglio caratteristico				$G_{0,mean} =$	690 Mpa				
peso									
				$w =$	600 daN/m ³				
SI È SCELTO IL LEGNO C24									

C

D

GLh

GLc

C = legno massiccio di Corsiè e pioppo
D = legno massiccio di latifoglie
GLh = legno lamellare omogeneo
GLc = legno lamellare combinato

Figura 14.2.

DATI TRAVE SECONDARIA									
geometrici									
spessore trave	B =	8 cm	momento resistente	$I_x =$	341 cm ⁴				
altezza trave	H =	8 cm	momento d'inerzia	$I_y =$	341 cm ⁴				
interasse trave	int =	50 cm	momento resistente	$w_x =$	85 cm ³	$w_y =$	85 cm ³		
resistenze									
resistenza caratteristica a flessione				$f_{m,k} =$	40 MPa	scegli il tipo di legno C D GLh GLc			
resistenza a compressione parallela alla fibratura				$f_{c,0,k} =$	27 MPa				
resistenza caratteristica a taglio				$f_{v,k} =$	4,2 MPa				
parametri elastici									
modulo elastico medio parallelo alle fibre				$E_{0,mean} =$	13.000 Mpa				
modulo di taglio caratteristico				$G_{0,mean} =$	810 Mpa				
peso									
				$w =$	600 daN/m ³				
SI È SCELTO IL LEGNO D40									

☒ La struttura secondaria può essere considerata o tolta dalla struttura del tetto, selezionando o deselezionando questa casella di controllo.

Figura 14.3.

La struttura secondaria, cui si riferisce la figura 14.3, può essere non essere presente nella struttura. In questo caso occorre deselezionare la casella di spunta posta a destra.

DETERMINAZIONE PROFILO RESISTENTE

Cliccando sui tasti «C», «D», «GLh», «GLc» si apriranno i fogli che contengono il database dei profili resistenti sia del legno massiccio sia del legno lamellare, con le specifiche riportate nel foglio (figura 14.4).

classe	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$E_{0,mean}$	$E_{0,05}$	$G_{0,mean}$	P_k	P_{mean}		
GL20h	20,00	16,00	0,50	20,00	2,50	3,50	8400,00	7000,00	650,00	340,00	370,00		
GL22h	22,00	17,60	0,50	22,00	2,50	3,50	10500,00	8800,00	650,00	370,00	410,00		
GL24h	24,00	19,20	0,50	24,00	2,50	3,50	11500,00	9600,00	650,00	385,00	420,00		
GL26h	26,00	20,80	0,50	26,00	2,50	3,50	12100,00	10100,00	650,00	405,00	445,00	GL24h	precedente scelta
GL28h	28,00	22,30	0,50	28,00	2,50	3,50	12600,00	10500,00	650,00	425,00	460,00		
GL30h	30,00	24,00	0,50	30,00	2,50	3,50	13600,00	11300,00	650,00	430,00	480,00		
GL32h	32,00	25,60	0,50	32,00	2,50	3,50	14200,00	11800,00	650,00	440,00	490,00		conferma scelta
proprietà di resistenza in N/mm ²													
parametri elastici in N/mm ²													
massa volumica in daN/m ³													

Figura 14.4.

Basterà selezionare la riga contenente il profilo che si intende adottare e confermare la scelta. A scelta effettuata il foglio si chiuderà automaticamente.



Guida operativa (con **software di calcolo incluso**) che esamina le procedure per il calcolo delle strutture in legno e in particolare quello dei tetti/solai di legno.

Sia la guida che il software di calcolo tengono conto degli aggiornamenti normativi di riferimento e che trattano del legno:

- **Norme Tecniche per le Costruzioni 2018** (D.M. 17 gennaio 2018);
- **Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2018** (Circolare n. 7/2019);
- **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).

Nella guida sono esaminate le azioni gravanti sulle strutture (compreso neve e vento) e le loro combinazioni. Sono riportati, inoltre, esempi per il calcolo di vento, neve, instabilità laterale e di punta, e caratteristiche di sollecitazione.

Il **software incluso** risolve, attraverso fogli di calcolo, le seguenti configurazioni di tetti a falda o di solai piani, realizzati in legno lamellare o massiccio:

- Tetto a unica falda ordito parallelamente alla linea di colmo;
- Tetto a unica falda ordito perpendicolarmente alla linea di colmo;
- Tetto a due falde ordito parallelamente alla linea di colmo poggiante su capriate o su muri di timpano;
- Tetto a due falde ordito perpendicolarmente alla linea di gronda poggiante su trave di colmo che scarica su capriate o muri di timpano;
- Solaio piano per civile abitazione.

Il **software incluso** gestisce:

- Analisi dei carichi;
- Carichi dovuti al vento;
- Carichi dovuti alla neve;
- Combinazioni dei carichi agenti;
- Calcolo delle azioni sulla struttura per le diverse durate dei carichi;
- Verifiche di resistenza agli SLU;
- Verifiche di esercizio agli SLE;
- Stampa della relazione tecnica e del calcolo;
- Stampa del calcolo del carico dovuto alla neve;
- Stampa del calcolo dovuto al vento.

REQUISITI HARDWARE E SOFTWARE

Accesso ad internet e browser web; MS Windows Vista/7/8/10 (con privilegi di amministratore); MS .Net Framework 4+; 250 MB liberi sull'HDD; 2 GB di RAM; Software per gestire documenti PDF e Office (consigliato MS Office 2016+). La WebApp che gestisce i contenuti software funziona anche su dispositivi Mac OS X, Linux, iOS e Android.

Stefano Cascio, Ingegnere. È autore di manuali e software per il calcolo strutturale di edifici in muratura in zona sismica, tetti di legno, tettoie di legno, scale in cemento armato.



Software
in G-Cloud

Assistenza
tecnica

ISBN 13 978-88-277-0388-5



9 788827 703885 >

Euro 49,00