



STEFANO CASCIO

FOGLI DI CALCOLO DI INGEGNERIA CON EXCEL

CALCOLO STRUTTURALE PER CARICO DELLA NEVE, AZIONE DEL VENTO,
TRAVE DI LEGNO INFLESSA, AZIONE SISMICA AGLI STATI LIMITE



Clicca e richiedi di essere contattato
per informazioni e promozioni

FOGLI EXCEL INCLUSI
PER CALCOLI DI INGEGNERIA



GRAFILL

Stefano Cascio

FOGLI DI CALCOLO DI INGEGNERIA CON EXCEL

Ed. I (01-2022)

ISBN 13 978-88-277-0296-3

EAN 9 788827 7 02963

Collana **SOFTWARE** (145)



**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.



**PRONTO
GRAFILL**



**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

SOMMARIO

INTRODUZIONE	p.	7
1. CARICO DOVUTO ALLA NEVE		
CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO	"	9
1.1. Azioni della neve	"	9
1.2. Valore di riferimento del carico della neve al suolo	"	9
1.3. Coefficiente di esposizione.....	"	10
1.4. Coefficiente termico.....	"	11
1.5. Carico della neve sulle coperture	"	11
1.6. Coefficiente di forma per le coperture	"	11
1.6.1. Copertura ad una falda.....	"	12
1.6.2. Coperture a più falde.....	"	12
1.6.3. Coperture adiacenti o vicine a costruzioni più alte.....	"	14
1.6.4. Coperture piane ad una falda	"	15
1.6.5. Copertura a due falde.....	"	15
1.7. Neve aggettante dal bordo di una copertura	"	16
1.8. Esempio pratico di calcolo del carico neve	"	17
1.9. Calcolo del carico provocato dalla neve - sviluppato con il Foglio di calcolo NEVE (NTC 2018) allegato alla pubblicazione	"	18
1.10. Istruzione relative al Foglio di calcolo NEVE (NTC 2018)	"	24
2. CARICO DOVUTO AL VENTO SECONDO LE NTC 2018		
CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO	"	27
2.1. Azioni del vento.....	"	27
2.2. Velocità base di riferimento.....	"	27
2.3. Periodo di ritorno e velocità di riferimento di progetto	"	29
2.4. Pressione del vento.....	"	30
2.5. Pressione cinetica di riferimento.....	"	30
2.6. Coefficiente di esposizione.....	"	30
2.7. Coefficiente di pressione (o aerodinamico).....	"	32

2.7.1.	Pareti laterali	p.	34
2.7.2.	Altezza di riferimento per la faccia sopravento	"	35
2.7.3.	Altezza di riferimento per le facce sottovento e laterali.....	"	36
2.7.4.	Coperture piane	"	36
2.7.5.	Coperture a semplice falda	"	37
2.7.6.	Coperture a doppia falda.....	"	37
2.7.7.	Coperture a padiglione.....	"	39
2.7.8.	Coperture a falde multiple	"	39
2.7.9.	Pressione interna	"	41
2.7.10.	Tettoie.....	"	43
2.8.	Coefficienti globali e forze risultanti: una riflessione.....	"	46
2.9.	Tettoie da documento CNR-DT 207 R1/2018	"	58
2.9.1.	Tettoie a falda semplice.....	"	59
2.9.2.	Tettoie a doppia falda	"	60
2.9.3.	Muri e parapetti.....	"	61
2.9.4.	Edifici con una superficie dominante (§ C3.9.8.5, Caso 2, Circolare NTC)	"	63
2.9.5.	Edifici con distribuzione uniforme di aperture	"	63
2.9.6.	Azioni tangenti	"	64
2.10.	Esempio di calcolo della pressione del vento su parete esterna	"	64
2.11.	Esempio di calcolo della pressione del vento su un tetto	"	68
2.12.	Calcolo dell'azione del vento - sviluppato con il Foglio di calcolo VENTO (NTC 2018) allegato alla pubblicazione	"	73
2.13.	Istruzione relative al Foglio Excel VENTO (NTC 2018)	"	82
3.	VERIFICA DI UNA TRAVE DI LEGNO SECONDO LE NTC 2018 CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO	"	86
3.1.	Tipi di legno	"	86
3.1.1.	Legno massiccio.....	"	86
3.1.2.	Legno lamellare	"	88
3.2.	Classi di resistenza del legno	"	89
3.2.2.	Attribuzione diretta in base a prove sperimentali	"	93
3.3.	Verifica della resistenza strutturale	"	97
3.4.	Verifiche di resistenza con esempi di calcolo.....	"	102
3.4.1.	Trazione parallela alla fibratura	"	102
3.4.2.	Trazione perpendicolare alla fibratura	"	102

3.4.3.	Compressione parallela alla fibratura	p. 103
3.4.4.	Compressione perpendicolare alla fibratura	" 103
3.4.5.	Compressione inclinata rispetto alla fibratura.....	" 103
3.4.6.	Flessione	" 103
3.5.	Esempio di calcolo di una trave soggetta a flessione retta	" 104
3.6.	Esempio di calcolo della dimensione di una trave soggetta a flessione semplice	" 107
3.7.	Esempio di calcolo di una trave soggetta a flessione deviata.....	" 108
3.8.	Esempio di verifica a taglio di una trave soggetta a flessione semplice	" 110
3.9.	Esempio di verifica a instabilità della trave semplicemente appoggiata.....	" 115
3.10.	Calcolo di una trave di legno – sviluppato con il Foglio di calcolo TRAVE (NTC 2018) allegato alla pubblicazione	" 117
3.11.	Istruzione relative al Foglio di calcolo TRAVE (NTC 2018)	" 125
4.	AZIONE SISMICA SULLE STRUTTURE	" 128
4.1.	Rischio sismico	" 128
4.2.	Pericolosità sismica	" 128
4.2.1.	Azione sismica	" 129
4.3.	Accelerazione sismica.....	" 129
4.4.	Tempo di ritorno.....	" 131
4.4.1.	Esempio pratico di calcolo del periodo di ritorno (T_R)	" 133
4.5.	Categorie di sottosuolo	" 134
4.6.	Condizioni topografiche	" 135
4.7.	Valutazione dell'azione sismica	" 136
4.8.	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.....	" 137
4.9.	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali.....	" 138
4.10.	Fattore di comportamento	" 139
4.11.	Fattore di struttura (§§ 7.31 e 7.8.1.3 NTC 2008)	" 141
4.12.	Periodo di vibrazione	" 142
4.12.1.	Esempio pratico di calcolo allo SLV di un edificio a uso civile abitazione	" 143
4.13.	Istruzione relative al Foglio di calcolo AZIONE SISMICA (NTC 2018)	" 148

5. INSTALLAZIONE E ATTIVAZIONE

DEI FOGLI DI CALCOLO DI INGEGNERIA CON EXCEL	p.	157
5.1. I fogli di calcolo di ingegneria inclusi.....	"	157
5.2. Requisiti hardware e software	"	157
5.3. Attivazione dei fogli di calcolo di ingegneria	"	158

INTRODUZIONE

In questo testo ho raccolto dei fogli di calcolo per la produzione di calcoli e relazioni tecniche, utili sia ai professionisti sia agli studenti del settore. Data la semplicità dei calcoli presentati (azione sismica, azione del vento e delle neve, verifica travi di legno), i quali potrebbero essere eseguiti "a mano", bene si prestano i fogli di calcolo allegati anche per la valutazione e il confronto dei risultati ottenuti da altri programmi di calcolo. Infatti le NTC 2018, al paragrafo 10.2.2, introducono la Valutazione indipendente del calcolo strutturale, chiedendo espressamente di «*eseguire nuovamente da soggetto diverso da quello originario mediante programmi di calcolo diversi da quelli usati originariamente e ciò al fine di eseguire un effettivo controllo incrociato sui risultati delle elaborazioni*».

Spetta, infatti, al progettista esprimere il **Giudizio motivato di accettabilità dei risultati** (paragrafo 10.2.1 delle NTC 2018). Pertanto, è suo compito quello di «[...] *sottoporre i risultati delle elaborazioni a controlli che ne comprovino l'attendibilità. Tale valutazione consisterà nel confronto con i risultati di semplici calcoli, anche di larga massima, eseguiti con riferimento a schemi o soluzioni noti e adottati, ad esempio, in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, valuterà la consistenza delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.*

Nella relazione devono essere elencati e sinteticamente illustrati i controlli svolti, quali verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.».

Il testo riporta, per ciascun capitolo, degli esempi interamente sviluppati "a mano" che consentono di seguirne il facile sviluppo e verificare i risultati ottenuti tramite i fogli di calcolo; differenze di qualche per cento tra i risultati derivanti dai calcoli manuali e quelli ottenuti tramite codici di calcolo è ammissibile. I fogli di calcolo sono "protetti" per di evitare di danneggiare accidentalmente le formule di calcolo contenute in alcune celle.



**PRONTO
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

CARICO DOVUTO ALLA NEVE CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO

1.1. Azioni della neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione (eq. 3.4.1 NTC 2018):

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

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.

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

1.2. 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 1.500 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 1.500 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 1.500 m.

I valori caratteristici minimi del carico della neve al suolo sono quelli riportati nei prospetti che seguono.

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, Caltanzaro, 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.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \text{ } a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ } a_s > 200 \text{ m}$

1.3. Coefficiente di esposizione

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

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

2.1. 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 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.

2.2. Velocità base 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 (eq. 3.3.1 delle NTC 2018):

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

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

Il coefficiente c_a si ricava dalle relazioni:

$$c_a = 1 \quad \text{per} \quad a_s \leq a_0$$

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

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



Figura 2.1. Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

VERIFICA DI UNA TRAVE DI LEGNO SECONDO LE NTC 2018 CON ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO

3.1. Tipi di legno

La normativa in vigore individua per l'uso strutturale due tipi di legname:

- 1) *legno massiccio*;
- 2) *legno lamellare*.

3.1.1. 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 funzione 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	$d > 40 \text{ mm}$	$b > 3 \times d$
Legname squadrato	$b \leq h \leq 3 \times b$	$b > 40 \text{ mm}$

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, entrambi realizzati con l'abete rosso, sono le cosiddette:

- 1) travi *Usa Trieste*;
- 2) travi *Usa Fiume*.

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.

AZIONE SISMICA SULLE STRUTTURE

4.1. Rischio sismico

In termini del tutto generali il rischio è un *concetto probabilistico*, ed esprime la probabilità che un certo evento, capace di causare un danno alle persone, possa accadere. La nozione di rischio implica l'esistenza di una sorgente di pericolo e della possibilità che essa si trasformi in un danno.

Il *rischio sismico* (R) è la misura matematica/ingegneristica per la valutazione del danno (perdite) complessivo (in termini di vite umane, beni economici, beni culturali, patrimonio edilizio), atteso a seguito di un possibile evento sismico. In questo capitolo per *rischio sismico* s'intende la probabilità che sia raggiunta una prefissata perdita in un certo intervallo di tempo, generalmente coincidente con la vita della costruzione. Tale perdita, convenzionalmente, si riferisce al minimo costo necessario da sostenere per riportare l'edificio danneggiato alle condizioni ex ante evento sismico.

La stima del rischio sismico dipende dalla conoscenza di tre parametri fondamentali:

- 1) la pericolosità,
- 2) la vulnerabilità,
- 3) l'esposizione,

che sono legati dalla seguente relazione matematica:

$$\text{Rischio sismico} = \text{Pericolosità} \times \text{Vulnerabilità} \times \text{Esposizione}$$

4.2. Pericolosità sismica

La pericolosità sismica è dipendente dalle caratteristiche geologiche dell'area nella quale si deve operare: tanto maggiore sono la frequenza e l'intensità degli eventi che caratterizzano un'area geografica, tanto maggiore è la sua pericolosità.

Essa esprime in maniera probabilistica lo scuotimento (accelerazione) del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto e può essere solamente associato alla probabilità di accadimento nel prossimo futuro.

Non si tratta comunque del massimo terremoto possibile in un'area, ma di quello con la maggiore probabilità di verificarsi.

4.2.1. Azione sismica

Lo studio e l'analisi delle costruzioni in zona sismica richiede quindi il calcolo dell'*accelerazione sismica* agente sulle costruzioni, determinata applicando le prescrizioni delle NTC 2018. Le azioni sismiche di progetto sono calcolate partendo dalla pericolosità sismica di base da cui si ricava la risposta sismica pertinente la costruzione in esame, tenendo conto delle condizioni morfologiche e stratigrafiche del sito di costruzione.

4.3. Accelerazione sismica

Quando si verifica un sisma il movimento del terreno può danneggiare un edificio a causa di **forze d'inerzia che nascono per effetto della vibrazione della massa dell'edificio stesso**. L'entità delle forze a cui è sottoposta la struttura sono funzione dell'accelerazione impressa dal sisma e dalla massa dell'oggetto stesso.

Le NTC fanno riferimento all'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido (PGA, *Peak Ground Acceleration*) che, essendo un parametro sintetico, è utile ai fini della classificazione del territorio ma non è rappresentativo dell'energia rilasciata né degli effetti sulle costruzioni.

Le NTC descrivono la *pericolosità sismica* in un generico sito tramite:

- a) un reticolo (*reticolo di riferimento*) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- b) per ogni punto del reticolo i valori di **accelerazione orizzontale massima a_g** e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- c) diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un *intervallo di riferimento* compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi, per i valori precedenti.

Nell'Allegato B alle NTC 2008 [§ 3.2 delle NTC 2018] sono riportate delle tabelle che definiscono i parametri dell'azione sismica:

- In **Tabella 1** vengono forniti, per **10751** punti del *reticolo di riferimento* e per **9** valori del periodo di ritorno TR (**30** anni, **50** anni, **72** anni, **101** anni, **140** anni, **201** anni, **475** anni, **975** anni, **2475** anni), i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle NTC. I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di latitudine e longitudine ed ordinati a latitudine e longitudine crescenti, facendo variare prima la longitudine e poi la latitudine. L'accelerazione al sito a_g è espressa in $g/10$; F_0 è adimensionale, T_c^* è espresso in secondi.
- In **Tabella 2**, con metodologia e convenzioni analoghe a quelle del resto del territorio nazionale, sono forniti i valori di a_g , F_0 , T_c^* per le seguenti isole: Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantelleria, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone, Ventotene, Santo Stefano, Ustica, Tremiti, Alicudi, Filicudi, Panarea, Stromboli, Lipari, Vulcano, Salina. I parametri forniti per ciascuna isola si mantengono costanti su tutto il territorio della stessa.

INSTALLAZIONE E ATTIVAZIONE DEI FOGLI DI CALCOLO DI INGEGNERIA CON EXCEL

5.1. I fogli di calcolo di ingegneria inclusi

- **Foglio di calcolo NEVE (NTC 2018)**: esegue il calcolo della neve nei casi di copertura a singola falda e copertura doppia falda. In caso di doppia falda il calcolo fornisce anche i valori delle tre combinazioni di carico, come indicato al paragrafo 3.4.3.3 delle NTC 2018).
- **Foglio di calcolo VENTO (NTC 2018)**: esegue il calcolo dell'azione del vento sulle coperture ai sensi delle NTC 2018 e della Circolare applicativa n. 7/2019. Le tipologie di coperture che possono essere calcolate sono: coperture piane; coperture a singola falda; coperture a doppia falda; tettoia a falda singola; tettoia a doppia falda; coperture a padiglione a pianta rettangolare, solo falde sopravvento e sottovento; coperture a falde multiple.
- **Foglio di calcolo TRAVE (NTC 2018)**: esegue la verifica allo stato limite ultimo e di esercizio di una trave di legno semplicemente inflessa. Il foglio di calcolo contiene anche l'archivio delle resistenze e dei parametri elastici relativi ai valori di resistenza previsti dalle vigenti norme UNI relativi alle Classi C, D, GLh, GLc.
- **Foglio di calcolo AZIONE SISMICA (NTC 2018)**: esegue il calcolo per una struttura, in una data località, dei parametri sismici rappresentativi della azioni orizzontali e verticali relativi ai quattro stati limite:
 - SLO (Stato Limite Orizzontale);
 - SLD (Stato Limite di Danno);
 - SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita);
 - SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso).

Il foglio di calcolo fornisce i risultati dello spettro sia in fase elastica che anelastica e per tutti e quattro gli stati limiti ultimi; effettua, inoltre, il calcolo delle componenti verticali.

5.2. Requisiti hardware e software

- Processore da 2.00 GHz;
- MS Windows Vista/7/8/10 (sono necessari i privilegi di amministratore);
- MS .Net Framework 4+;

- 250MB liberi sull'HDD;
- 2 GB di RAM;
- Software per la gestione di documenti Office e PDF;
- Accesso ad internet e browser web.

5.3. Attivazione dei fogli di calcolo di ingegneria

- Collegarsi al seguente indirizzo internet:

https://www.grafill.it/pass/0296_3.php

- Inserire i codici **[A]** e **[B]** riportati nell'ultima pagina del presente volume e cliccare su **[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**;
- Accedere alla WebApp abbinata alla presente pubblicazione cliccando sulla relativa immagine di copertina presente nello scaffale **Le mie App**;
- Cliccare sul menu **Fogli di calcolo di ingegneria** per aprire l'elenco dei fogli di calcolo disponibili e cliccare su foglio prescelto per eseguire il calcolo.

