

Indice

1 I programmi di calcolo

- Come funziona un software di calcolo 5
- Travilog Titanium (TT) 6
- TT e il testo 6

2 Normativa

- Norm1** Normativa tecnica 7
- Norm2** Normativa strutturale 8
- Norm3** Normativa sugli impianti di riscaldamento 9

3 Caratteristiche di sollecitazione e deformazioni elastiche

- CS1** Travi isostatiche 11
- CS2** Travi iperstatiche 13
- CS3** Confronto tra la trave inclinata e la sua proiezione ortogonale 16

4 Carichi

- Car1** Pesi per unità di volume dei principali materiali strutturali 17
- Car2** Pesi indicativi per unità di superficie delle più comuni sovrastrutture 17
- Car3** Pesi di materiali in deposito 18
- Car4** Pesi di materiali insilabili 19
- Car5** Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici (NTC 2008) 20
- Car6** Parti essenziali della normativa relativa al carico neve (NTC 2008, capitolo 3.4, Azioni della neve) 21
- Car7** Parti essenziali della normativa relativa all'azione del vento (NTC 2008, Circolare 617) 23
- Car8** Combinazione dei carichi 26

5 Legno

- Lgn1** Classi di resistenza e profili caratteristici del legno strutturale massiccio (UNI-EN 338) 27
- Lgn2** Classi di resistenza e profili caratteristici del legno lamellare (UNI-EN 1194) 28
- Lgn3** Tensioni ammissibili per LM (conifere) e LL (DIN 1052) 28
- Lgn4** Valori di k_{mod} per LM e LL (NTC 2008) 28
- Lgn5** Classi di durata del carico (NTC 2008) 29
- Lgn6** Classi di servizio delle strutture lignee in funzione dell'umidità ambientale (NTC 2008) 29
- Lgn7** Frecce istantanee (DIN 1052) e frecce massime differite 29
- Lgn8** Frecce massime per travi di legno (EC3) 30
- Lgn9** Coefficienti ω per legno lamellare e per legno massiccio (DIN 1052) 30
- Lgn10** Travi lamellari (abete rosso): dimensioni commerciali standard 30
- Lgn11** Dimensionamento di massima delle travi lamellari 31

6 Acciaio

- Acc1** Profilati IPE 32
- Acc2** Profilati HE 33
- Acc3** Profilati UPN serie normale 35
- Acc4** Angolari a lati uguali con spigoli tondi 36
- Acc5** Angolari a lati disuguali con spigoli tondi 42
- Acc6** Tubi senza saldatura a sezione circolare (produzione corrente) 46
- Acc7** Profilati cavi quadrati formati a caldo 47
- Acc8** Profilati cavi rettangolari formati a caldo 48
- Acc9** Tipi più diffusi di acciaio laminato a caldo 49
- Acc10** Area resistente a taglio dei profili metallici (NTC 2008) 49
- Acc11** Frecce limite (DM 14 febbraio 1992, CRN-UNI 10011) 50
- Acc12** Deformazioni massime nelle travi di acciaio (NTC 2008) 50
- Acc13** Coefficienti ω per acciaio S235 (ex Fe 360) (CNR-UNI 10011) 51

- Acc14** Coefficienti ω per acciaio S275 (ex Fe 430) (CNR-UNI 10011) **52**
- Acc15** Coefficienti di riduzione χ per la verifica di stabilità delle aste compresse S235 (Eurocodice 3, NTC 2008) **53**
- Acc16** Coefficienti ω_1 per travi simmetriche a doppio T (CNR-UNI 10011) **53**
- Acc17** Calcolo del momento equivalente nei casi di variazione non lineare del momento flettente effettivo **54**
- Acc18** Tensioni critiche euleriane misurate in kg/cm^2 (CNR-UNI 10011) **54**

7 Muratura

- Mur1** Resistenza caratteristica a compressione f_k (N/mm^2) per murature in elementi artificiali pieni e semipieni e murature in pietra squadrata (NTC 2008) **55**
- Mur2** Resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi normali f_{vk0} (valori in N/mm^2) **55**
- Mur3** Spessori minimi dei muri (DM 2008) **56**
- Mur4** Coefficiente Φ di riduzione della resistenza del muro **56**

8 Cemento armato

- CA1** Sezioni delle barre di armatura e peso a metro lineare **57**
- CA2** Sezione competente a un metro lineare di rete elettrosaldata **58**
- CA3** Tensioni ammissibili del calcestruzzo prescritte dal DM 92 in funzione della resistenza caratteristica cubica R_{ck} (N/mm^2) **58**
- CA4** Coefficienti per il calcolo delle sezioni rettangolari inflesse ($c/d = 0,07 \rightarrow$ Travi in altezza) **59**
- CA5** Coefficienti per il calcolo delle sezioni rettangolari inflesse ($c/d = 0,14 \rightarrow$ Solette e travi in spessore) **59**

9 Terreno

- Terr1** Valori indicativi di γ_t, φ, c **60**
- Terr2** Valori del coefficiente di spinta attiva k_a calcolati da Krey per $\varphi = 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$ in funzione di $\varepsilon, \beta, \delta$ **61**
- Terr3** Valori del coefficiente di spinta passiva k_p calcolati da Krey per $\varphi = 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$ in funzione di $\varepsilon, \beta, \delta$ **62**
- Terr4** Coefficienti k per il dimensionamento dello spessore di testa ($b = kh$) di muri massicci a paramento interno verticale ($\gamma_t = 16 \text{ kN/m}^3; \gamma_m = 24 \text{ kN/m}^3$; coefficiente di sicurezza al ribaltamento: 1,50) **63**

■ Come funziona un software di calcolo

Il **metodo degli elementi finiti** (*finite element method* o FEM) nasce negli anni '60 negli Stati Uniti, con lo scopo specifico di risolvere i problemi progettuali dei programmi spaziali NASA ⁽¹⁾. Il metodo, che si presta molto bene all'elaborazione informatica, ebbe in breve un forte sviluppo (parallelo alla diffusione dei computer) e alcune delle sue principali applicazioni riguardano oggi l'analisi strutturale.

Alla base del FEM sta il concetto di *discretizzare* il sistema strutturale, suddividendolo in un certo numero di elementi di calcolo più semplice. Si tratta di un concetto di origine settecentesca: un esempio classico e semplice di discretizzazione (risolvibile anche per via manuale) consiste nel suddividere un portale a nodi fissi in tre *aste-trave* (o *beam*), che simulano l'architrave e i due pilastri, da calcolare separatamente secondo la ben nota modellazione ad aste separate. Un altro

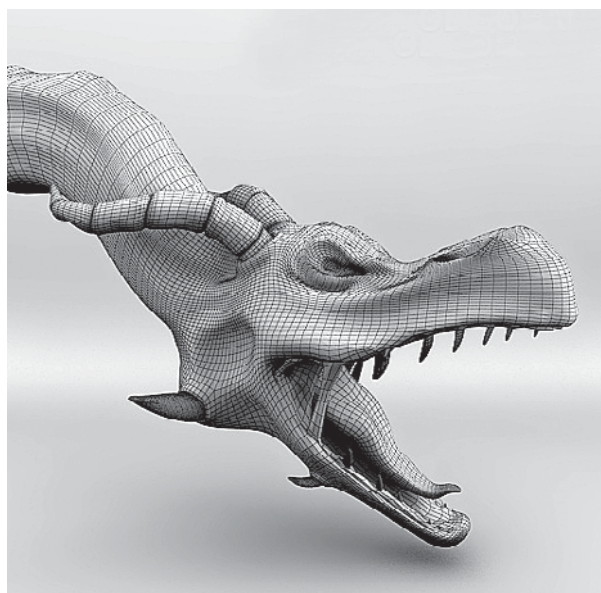


FIGURA 1 L'oggetto è involuppato in una *mesh* formata da piccoli elementi *shell*.

esempio di modellazione *storica* è quella delle travi reticolari, discretizzate in un sistema di *aste-biella* (o *truss*) soggette a solo sforzo normale. Le aste-trave e le aste-biella sono tuttora gli elementi finiti in cui vengono discretizzati i telai piani, i telai spaziali e le travi continue.

Modalità di discretizzazione più complesse sono richieste da strutture spaziali o superficiali di tipo continuo, come cupole, pareti e solette di fondazione. In questi casi il sistema continuo viene suddiviso in un insieme di piccole regioni superficiali dette *shell* (conchiglie); l'oggetto risulta involuppato in un reticolo o maglia (*mesh*) che lo riproduce in modo tanto più realistico e raffinato quanto più la *mesh* è densa (►FIGURA 1). I vertici delle aste e degli elementi *shell* sono detti nodi (*joints*).

Tutti i programmi di analisi strutturale che impiegano il FEM sono dotati di una *libreria* di elementi finiti. I più comuni sono quelli precedentemente descritti, cioè aste e *shell* ⁽²⁾.

- Le **aste** (*frame*), elementi monodirezionali che collegano due nodi; sono distinte in:
 - *bielle* o *truss*, capaci di trasmettere ai nodi di estremità solo sforzi assiali e utilizzate per modellare strutture reticolari;
 - *travi* o *beam*, capaci di trasmettere ai nodi di estremità tutte le sollecitazioni (sforzi assiali e taglianti, momenti flettenti e torcenti) e utilizzate per modellare strutture intelaiate.
- Gli **shell**, elementi superficiali che collegano tre o quattro nodi e utilizzati per modellare:
 - *lastre* o *membrane*, caricate nel proprio piano e capaci di trasmettere solo sforzo normale;
 - *piastre*, caricate normalmente al proprio piano capaci di trasmettere taglio e momento flettente.

⁽¹⁾ Uno dei più noti e diffusi codici per gli elementi finiti, il NASTRAN (*Nasa structural analysis*), deriva dal codice originale sviluppato per la NASA.

⁽²⁾ Altri tipi di elementi finiti sono gli elementi tridimensionali (*brick*), adatti a modellare strutture solide in cui nessuna dimensione è trascurabile rispetto alle altre (per esempio, il terreno); l'elemento *trave su suolo elastico alla Winkler*, che modella alcuni tipi di fondazione; l'elemento molla (*spring*), utilizzato per modellare vincoli elastici.

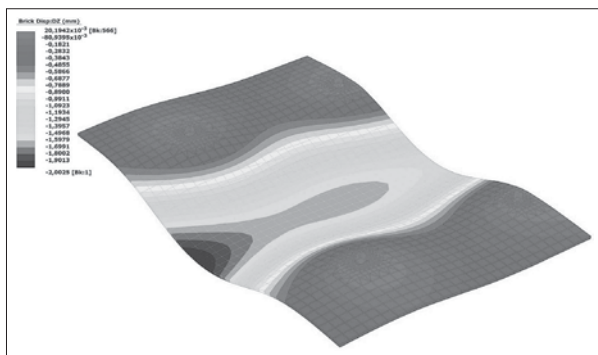


FIGURA 2 Restituzione grafica delle deformazioni di una piastra modellata con elementi shell.

- *Gusci o lastre-piastre*, che derivano dalla sovrapposizione di un elemento piastra e di un elemento lastra.

Ogni elemento finito è caratterizzato:

- dalle proprietà geometriche della sezione (*section properties*): area, momenti d'inerzia, moduli di resistenza (³);
- dalle proprietà dei materiali (*material properties*), distinte in:
 - proprietà meccaniche (moduli elastici di resistenza e resistenze caratteristiche);
 - proprietà fisiche (massa volumica e coefficiente di dilatazione termica);
- dai vincoli (*restraint*), da applicare ai nodi (vincoli esterni) oppure agli stessi elementi aste o shell (vincoli interni);
- dai carichi (*load*), applicati ai nodi oppure agli stessi elementi aste o shell.

Per ricavare sollecitazioni, spostamenti, deformazioni e tensioni il modello va sottoposto ad analisi.

Maggiore è il numero degli elementi finiti, maggiore è il numero di equazioni che compongono il sistema risolutivo, la cui gestione manuale diventa praticamente impossibile. Le soluzioni, approssimate, sono determinate per via informatica da un'**analisi agli elementi finiti** (FEA o *finite element analysis*), che costituisce l'applicazione pratica del FEM. La restituzione numerica dei risultati può essere affiancata da una restituzione grafica, più o meno sofisticata (►FIGURA 2).

■ Travilog Titanium (TT)

Travilog Titanium della Logical Soft di Desio, Milano, è un software professionale dedicato alla progettazione strutturale. La versione *smart*, disponibile nel CD allegato al testo, contiene i seguenti moduli.

(³) Di norma i programmi restituiscono automaticamente questi valori per le sezioni più comuni (rettangolare piena e cava, circolare, a L, a T, a doppia T ecc.).

- **3D**. Permette di calcolare strutture tridimensionali modelate come sistemi di aste o di elementi shell di qualsiasi sezione e materiale, soggetti a vincoli e carichi di ogni tipo. È il programma più complesso di TT, capace di integrare direttamente con altri moduli.
- **SEZIONI**. Verifica sezioni di qualsiasi forma, comunque sollecitate, di materiale omogeneo (acciaio e legno in particolare) e di calcestruzzo armato, anche rinforzate con piatti di acciaio o con tessuto in fibra di carbonio.
- **TRAVI**. Calcola singole travi ad asse orizzontale, a una o più campate, in materiale omogeneo o in cemento armato; di queste ultime è possibile, dopo il calcolo, progettare direttamente l'armatura. Le sezioni possono essere piene o cave, costituite da profilati normalizzati UNI o da qualsiasi figura (anche *multimateriale*) importata dal modulo *Sezioni*.
- **PLINTI**. Arma e verifica plinti di fondazione tozzi e snelli, su terreno e su pali, soggetti a carico centrato o eccentrico.
- **MURI**. Verifica e arma muri di cemento armato contro terra.
- **MURATURE**. Calcola e la verifica edifici in muratura portante, nuovi o esistenti, sotto l'azione di carichi verticali e orizzontali (vento e sisma); il programma non utilizza un modello di calcolo agli elementi finiti, ma *a setti*.

Il CD contiene anche il programma **COMPULOG**, destinato alla redazione dei documenti contabili di progetto.

■ TT e il testo

Se programmi come **COMPULOG** si rivelano utilissimi per abbreviare la redazione e la gestione della grande quantità di documenti contabili di progetto oggi richiesti dalle norme, è praticamente impossibile garantire la sicurezza strutturale senza l'aiuto di programmi come **TRAVILOG TITANIUM**.

La configurazione modulare di TT consente di decidere, di volta in volta, se calcolare la struttura nella sua globalità o a elementi separati (sezione, trave, pilastro, plinto ecc.). Questa struttura flessibile, utilissima nella pratica professionale, rende TT particolarmente valido anche sul piano didattico.

Alcuni moduli, come **SEZIONI**, **TRAVI** e **3D**, possono essere usati già nelle prime unità didattiche dedicate alla *struttura* per risolvere problemi semplici, in attesa di essere sfruttati in maniera più completa nei moduli successivi e soprattutto nei volumi secondo e terzo. Questi primi approcci, illustrati alla fine delle singole unità didattiche (*Laboratorio informatico*), pur sottoutilizzando le potenzialità di TT, costituiscono un esercizio indispensabile per acquistare familiarità con il software e interpretarne le richieste (input) e i risultati restituiti (output). Gradualmente l'uso dei programmi diventerà parte integrante del testo, essendo ormai impossibile uno svolgimento manuale di tutte le verifiche di sicurezza richieste dalle normative.

Norm 1 Normativa tecnica

La **normativa tecnica** nel campo delle costruzioni è costituita da un insieme di *strumenti legislativi* e di *norme* propriamente dette.

Strumenti legislativi

Comprendono le *Direttive europee* e le *Leggi nazionali*. Ogni legge è resa applicativa da successivi *Decreti Legislativi (DL)*, *Decreti Ministeriali (DM)* e *Decreti del Presidente della Repubblica (DPR)*, periodicamente aggiornati e in genere seguiti da *Circolari Ministeriali (CM)* con funzione esplicativa e integrativa.

Leggi, decreti e circolari hanno *funzione cogente* ed è quindi obbligatorio rispettare le loro prescrizioni.

Norme

Le norme propriamente dette, spesso richiamate negli stessi strumenti legislativi, sono emanate da organizzazioni, comitati e associazioni internazionali, europei e nazionali; non hanno valore cogente, ma di orientamento, di guida e di riferimento. Le norme possono avere carattere internazionale, europeo o nazionale.

L'*Organizzazione Internazionale per la normazione (ISO)* (1) ha come membri gli organismi nazionali di standardizzazione di 157 Paesi del mondo. Fondato nel 1947, ha sede a Ginevra e si occupa, in ambito mondiale, della definizione degli standard nei campi tecnici e tecnologici (a eccezione del settore elettronico ed elettrotecnico, di competenza CEI) (2). Emette norme in formato ISO.

Il *Comitato Europeo di Normazione (CEN)*, fondato nel 1961, ha sede a Bruxelles e promuove l'armonizzazione delle norme tecniche nazionali della Comunità Economica Europea in collaborazione con enti internazionali come l'ISO. Emette *euronorme* in formato *EN (ENV* se ancora

provvisorie) (3). Non è consentita l'esistenza di norme nazionali un contrasto con le norme EN.

L'*Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI)*, fondato nel 1921 e con sede a Milano, è un'associazione privata senza scopo di lucro che svolge attività normativa nei settori industriale, commerciale e del terziario (a eccezione del settore elettronico ed elettrotecnico, di competenza CEI). L'attività normativa dell'UNI copre un vastissimo campo di applicazioni, dai beni di consumo ai servizi, dalle tecnologie di informazione agli autoveicoli, dalla tecnologia navale agli ascensori. Nel settore delle costruzioni si occupa dei criteri di rappresentazione grafica, della normalizzazione delle sezioni, delle modalità di esecuzione delle prove di resistenza, dei requisiti di accettazione dei materiali, delle tecniche di montaggio e di collegamento, delle azioni sulle costruzioni, dei procedimenti di calcolo, degli impianti, delle pratiche di conservazione dei beni culturali.

L'UNI partecipa, in rappresentanza dell'Italia, all'attività normativa degli organismi di normazione internazionali (ISO) ed europei (CEN), con l'emissione di norme in formato *UNI EN, UNI ISO, UNI EN ISO*; provvede, inoltre, alla traduzione in lingua italiana delle norme *ISO, EN* e *ISO EN*.

Ogni norma è definita dal formato, da un numero di riferimento e dall'anno di pubblicazione. Per esempio, la sigla CNR UNI 10011/97 identifica una norma emessa nel 1997 dall'UNI in collaborazione con il CNR (*Centro Nazionale delle Ricerche*).

(1) La sigla ISO, acronimo di *International Standards for Organizations*, richiama anche – volutamente – il termine greco *isos*, che significa *uguale*.

(2) Il *Comitato Elettronico Italiano (CEI)*, fondato nel 1909, è stato uno dei primi enti normatori del mondo. Riconosciuto dallo Stato Italiano e dall'Unione Europea, è preposto all'unificazione del settore elettrotecnico, elettronico e delle telecomunicazioni. La Legge n. 186 del 1° marzo 1968 ne riconosce l'autorità stabilendo che *i materiali, le macchine, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici, realizzati secondo le Norme del CEI, si considerano a regola d'arte*.

(3) La lettera V è l'iniziale della parola tedesca *vorübergehend* = transitorio.

Norm2 Normativa strutturale

Quadro normativo europeo

Il principale riferimento per tutte le opere di ingegneria civile è la Direttiva Europea 89/106/CEE, che comprende i cosiddetti **Eurocodici** (EC). Gli eurocodici sono euronorme tradotte a cura dell'UNI (UNI EN) che definiscono i principi generali e le regole di applicazione cui fare riferimento nella progettazione e nell'esecuzione di ogni tipo di struttura.

EC 1 (1990)	<i>Basi del progetto e azioni sulle strutture</i>
EC 2 (1991)	<i>Progettazione delle strutture di calcestruzzo</i>
EC 3 (1992)	<i>Strutture di acciaio</i>
EC 4 (1993)	<i>Strutture composte acciaio-calcestruzzo</i>
EC 5 (1994)	<i>Strutture in legno</i>
EC 6 (1995)	<i>Strutture in muratura</i>
EC 7 (1996)	<i>Geotecnica</i>
EC 8 (1997)	<i>Strutture per la resistenza sismica</i>
EC 9 (1998)	<i>Strutture in lega di alluminio</i>

Quadro normativo italiano

Il sistema normativo nazionale, per quanto concerne la sicurezza delle costruzioni, fa capo a due sole leggi, perio-

dicamente integrate e aggiornate da decreti ministeriali e circolari applicative.

La quasi totalità degli strumenti legislativi sopraelencati, pur non essendo stati abrogati, sono superati dai corrispondenti capitoli delle più recenti **NTC 2008** e **CM 317**, evidenziate in grigio scuro. Le stesse norme impongono di fare riferimento, per il calcolo alle tensioni ammissibili, ai decreti evidenziati in grigio chiaro.

Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008)

Le NTC 2008, coerenti con gli indirizzi normativi comunitari, stabiliscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica, stabilità e durata; precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, i livelli di sicurezza da raggiungere, le caratteristiche dei materiali e dei prodotti.

Al contrario delle vecchie norme, di tipo *prescrizionale* (sono precisate le regole da applicare), le NTC adottano un approccio *prestazionale*, precisando gli obiettivi da raggiungere (gli stati limite) e lasciando al progettista una ragionevole libertà di procedimento.

Legge n. 1086 del 5 novembre 1971	<i>Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica</i>
Legge n. 64 del 2 febbraio 1974	<i>Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche</i>
DM del 3 dicembre 1987	<i>Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle strutture prefabbricate</i>
DM del 20 novembre 1987	<i>Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento</i>
DM dell'11 marzo 1988 (DM 88)	<i>Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione</i>
DM del 4 maggio 1990	<i>Progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali</i>
DM del 14 febbraio 1992 (DM 92)	<i>Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche</i>
DM del 9 gennaio 1996	<i>Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche</i>
DM del 16 gennaio 1996	<i>Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi</i>
DM del 16 gennaio 1996	<i>Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche</i>
Ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 OPCM n. 3431 del 3 marzo 2005	<i>Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica</i>
DM del 14 settembre 2005	<i>Norme tecniche per le Costruzioni</i>
DM 14 gennaio 2008 (NTC 2008)	<i>Norme tecniche per le Costruzioni</i>
CM n. 617 del 2 febbraio 2009 (CM 617)	<i>Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le Costruzioni</i>

Capitolo	Contenuto
2	Stabilisce i limiti di sicurezza della costruzione in relazione agli stati limite ultimi (SLU), agli stati limite di esercizio (SLE) e nei confronti di azioni eccezionali. Introduce i concetti di <i>vita nominale di progetto</i> , <i>classi d'uso</i> e <i>vita di riferimento</i> delle opere. Classifica le possibili azioni agenti sulle costruzioni, le diverse combinazioni delle stesse e le verifiche da eseguire.
3	Codifica i modelli per la descrizione delle azioni agenti sulle strutture (pesi e carichi permanenti, sovraccarichi variabili, azione sismica, azioni del vento, della neve, della temperatura, azioni eccezionali).
4	Tratta le costruzioni civili e industriali in funzione del materiale utilizzato (calcestruzzo, acciaio, legno, muratura, altri materiali).
5	Disciplina i criteri generali e le indicazioni tecniche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti stradali e ferroviari.
6	Descrive i criteri generali della progettazione geotecnica, introducendo nel progetto la <i>modellazione geologica</i> e la <i>modellazione geotecnica</i> del sito.
7	Fornisce indicazioni aggiuntive per la progettazione e la costruzione di edifici nuovi, ponti e opere geotecniche soggette anche all'azione sismica; uno specifico paragrafo riguarda esplicitamente i criteri generali di progettazione, modellazione e analisi (lineare e non lineare), anche in relazione all'ormai inevitabile impiego dei programmi automatici di calcolo.
8	Definisce i tipi di intervento che possono interessare le costruzioni esistenti: <i>di adeguamento</i> , per conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle norme stesse; <i>di miglioramento</i> , per aumentare la sicurezza strutturale senza necessariamente raggiungere i livelli previsti dalle norme; <i>riparazioni o interventi locali</i> , che interessano elementi isolati comportando comunque un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.
9	Riporta le prescrizioni generali relative al collaudo statico delle opere e le responsabilità del collaudatore.
10	Contiene le regole generali per la redazione dei progetti strutturali e delle relazioni di calcolo; uno specifico paragrafo prescrive i controlli che il progettista deve effettuare sull'affidabilità dei programmi di calcolo e sull'attendibilità dei risultati ottenuti.
11	Stabilisce le regole di qualificazione, certificazione e accettazione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale, coerenti con le disposizioni comunitarie e con le procedure utilizzate dal Servizio Tecnico Centrale e dal Consiglio Superiore.
12	Segnala alcuni dei più diffusi codici normativi tecnici, nazionali e internazionali che possono essere utilizzati per integrare le norme tecniche, quando non in contrasto con esse.

A ogni capitolo delle NTC (per esempio, 1.11) corrisponde un omonimo capitolo (C1.11), esplicativo e integrativo, nella Circolare 617.

Norm3 Normativa sugli impianti di riscaldamento

Legge n. 373 del 30 aprile 1976	<i>Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici</i>
Legge n. 10 del 9 gennaio 1991	<i>Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia</i>
DPR n. 412 del 1993	<i>Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10</i>
Direttiva europea 2002/91/CE	<i>Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)</i>
DL n. 192 del 19 agosto 2005	<i>Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</i>
DL n. 311 del 29 dicembre 2006	<i>Disposizioni correttive e integrative al DL 19 agosto 2005, n. 192, recante l'attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia</i>
DM del 26 giugno 2009	<i>Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici</i>
Direttiva europea 2010/31/CE	<i>Energy Performance of Buildings EPBD (sostituisce la EPBD 2002/91/CE)</i>

La Legge n. 373, oggi abrogata, parla per la prima volta di *risparmio energetico* e di *tutela dell'ambiente*. Prescriveva l'obbligo del calcolo delle dispersioni, da contenere entro un valore prestabilito mediante l'isolamento termico dell'involucro, e il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento in termini di potenza dei radiatori e della caldaia.

Dopo ben 15 anni la **Legge n. 10**, all'epoca tanto avanzata da porre il nostro paese all'avanguardia nel settore, recepisce il concetto europeo di *fabbisogno energetico normalizzato* (FEN), riferito al sistema edificio-impianto e considerato la base dell'analisi, della valutazione e della validazione delle scelte progettuali⁽⁴⁾. I contenuti essenziali della legge sono:

- obbligo di un progetto del sistema edificio-impianto, attento al contenimento del consumo energetico;

(4) Il DPR n. 412 del 1993 definisce i criteri per la progettazione, l'installazione e la manutenzione degli impianti termici, nonché le *condizioni al contorno* per effettuare il calcolo delle dispersioni: zone climatiche, classificazione degli edifici, orari di funzionamento degli impianti, parametri da confrontare con i limiti di legge (FEN, rendimento di produzione, rendimento globale).

- deposito presso gli uffici comunali della relazione tecnica di progetto, atta a dimostrare, con assunzione di responsabilità, il rispetto delle prescrizioni di legge;
- certificazione e collaudo delle opere;
- certificazione energetica dell'edificio;
- esercizio e manutenzione degli impianti;
- controlli e verifiche, da parte degli enti preposti, del rispetto della legge;
- sanzioni per i contraventori.

Le principali innovazioni della legge n. 10 consistono nel concetto di *sistema edificio-impianto*, che obbliga al progetto integrato (e non sequenziale!) della costruzione e dell'impianto, e la *certificazione energetica* che, assegnando agli edifici classe A, B, C, D, E, F o G, porta finalmente a premiare sul mercato immobiliare l'edilizia virtuosa e a penalizzare quella energivora. Le intenzioni legislative rimangono sulla carta, per mancanza di specifici decreti attuativi, fino all'approvazione del DM del 26 giugno 2009.

Con i decreti n. 192 e n. 311 viene recepita la Direttiva europea 2002/91/CE, relativa al *rendimento energetico in edilizia*. Sono mantenuti i concetti ispiratori della Legge n. 10 relativi ai consumi energetici (si parla qui di *Fabbisogno di Energia Primaria* o FEP), al sistema edificio-impianto e alla certificazione energetica degli edifici. Per la prima volta

vengono anche indicati i limiti di trasmittanza dell'involucro edilizio e si pone un'attenzione sostanziale alla minimizzazione dei ponti termici, al rendimento degli impianti, all'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di acqua calda e di energia elettrica.

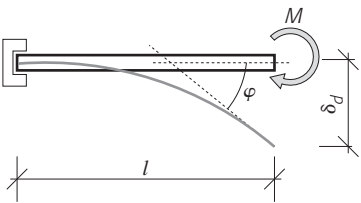
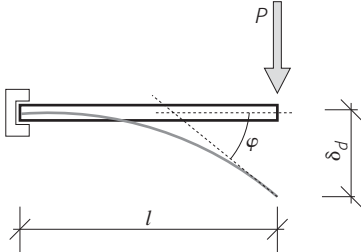
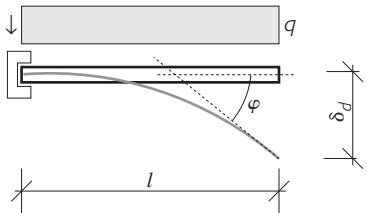
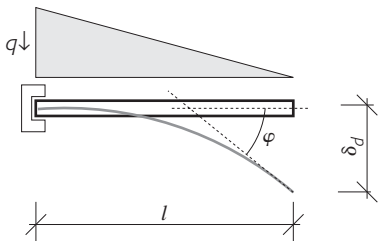
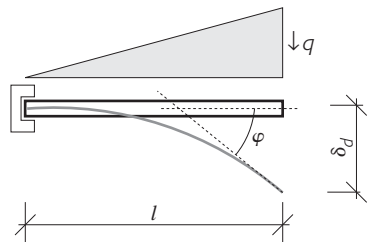
Anche se è prevista una rapida evoluzione della normativa energetica, la Legge n. 10, con le modifiche apportate dai DL n. 192 e n. 311, costituisce oggi la base della progettazione; la certificazione energetica diventa una realtà nel 2009, con la pubblicazione del decreto *Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*, entrato in vigore il 25 luglio dello stesso anno. Il DM 2009, tra l'altro, consente agli enti locali di emettere propri regolamenti, purché più restrittivi delle indicazioni nazionali.

Già in precedenza alcune regioni, come la Lombardia (2007) e l'Emilia Romagna (2009), avevano istituito una classificazione energetica autonoma degli edifici. La prima di tali classificazioni è stata quella della provincia autonoma di Bolzano (2005). Lo standard adottato (CasaClima) ha costituito un riferimento per altre amministrazioni locali, anche come esempio concreto di coinvolgimento di tutto il settore edilizio (progettisti, costruttori, artigiani, amministratori e utenti) nella realizzazione di edifici pubblici e privati, residenziali e industriali, a basso consumo ed elevato comfort.

3

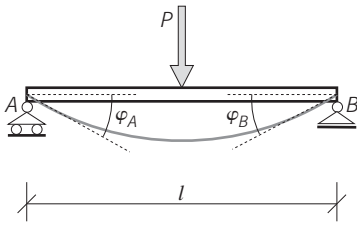
Caratteristiche di sollecitazione e deformazioni elastiche

CS1 Travi isostatiche

<p>1</p>  <p>$M = \text{costante} \quad V = 0 \quad \varphi = +\frac{Ml}{EI} \quad \delta_d = +\frac{Ml^2}{2EI}$</p>	<p>2</p>  <p>$M_{\max} = Pl \quad V = P \quad \varphi = +\frac{Pl^2}{2EI} \quad \delta_d = +\frac{Pl^3}{3EI}$</p>
<p>3</p>  <p>$M_{\max} = \frac{ql^2}{2}$ $V_{\max} = ql$ $\varphi = +\frac{ql^3}{6EI}$ $\delta_d = \frac{ql^4}{8EI}$</p>	
<p>4</p>  <p>$M_{\max} = \frac{ql^2}{3} \quad V_{\max} = \frac{ql}{2} \quad \varphi = +\frac{ql^3}{24EI} \quad \delta_d = \frac{ql^4}{30EI}$</p>	<p>5</p>  <p>$M_{\max} = \frac{2}{3}ql^2 \quad V_{\max} = \frac{ql}{2} \quad \varphi = +\frac{ql^3}{8EI} \quad \delta_d = \frac{11}{120} \cdot \frac{ql^4}{EI}$</p>

CS1 Travi isostatiche (seguito)

6



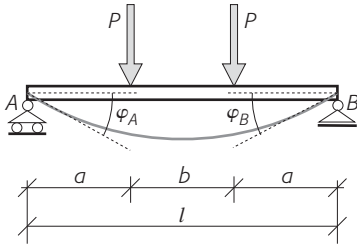
$$M_{max} = \frac{Pl}{4} \text{ in mezzeria}$$

$$V_{max} = \frac{P}{2}$$

$$\varphi_A = -\varphi_B = \frac{Pl^2}{16EI}$$

$$\delta_d = \delta_{1/2} = \frac{Pl^3}{48EI}$$

7



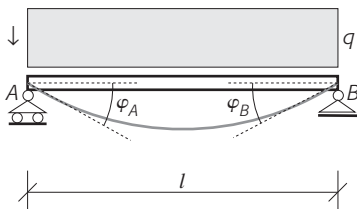
$$M_{max} = Pa \text{ in mezzeria}$$

$$V_{max} = P$$

$$\varphi_A = -\varphi_B = Pa \cdot \frac{l-a}{12EI}$$

$$\delta_d = \delta_{1/2} = \frac{Pa}{24EI} \cdot (3l^2 - 4a^2)$$

8



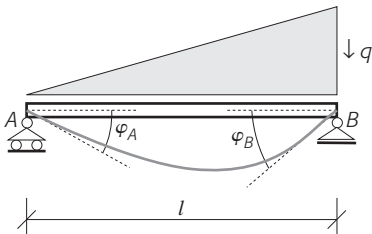
$$M_{max} = \frac{ql^2}{8} \text{ in mezzeria}$$

$$V_{max} = \frac{ql}{2}$$

$$\varphi_A = -\varphi_B = \frac{ql^3}{24EI}$$

$$\delta_d = \delta_{1/2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI}$$

9



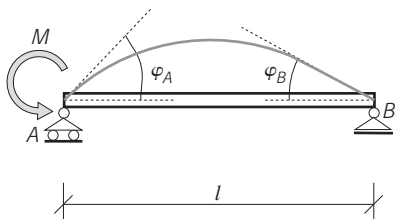
$$M_{max} = 0,064 ql^2$$

$$V_{max} = \frac{ql}{3}$$

$$\varphi_A = \frac{2}{360} \cdot \frac{ql^3}{EI} \quad \varphi_B = -\frac{8}{360} \cdot \frac{ql^3}{EI}$$

$$\delta_d = \delta_{1/2} = 0,0065 \frac{ql^4}{EI}$$

10



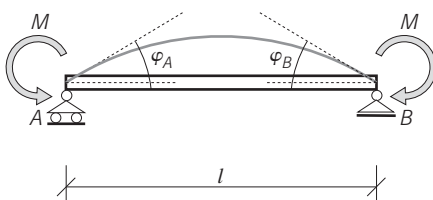
$$M_{max} = M_A = M$$

$$V_{max} = \frac{M}{l}$$

$$\varphi_A = \frac{Ml}{3EI} \quad \varphi_B = +\frac{Ml^3}{6EI}$$

$$\delta_d = \delta_{1/2} = -\frac{1}{16} \cdot \frac{Ml^2}{EI}$$

11



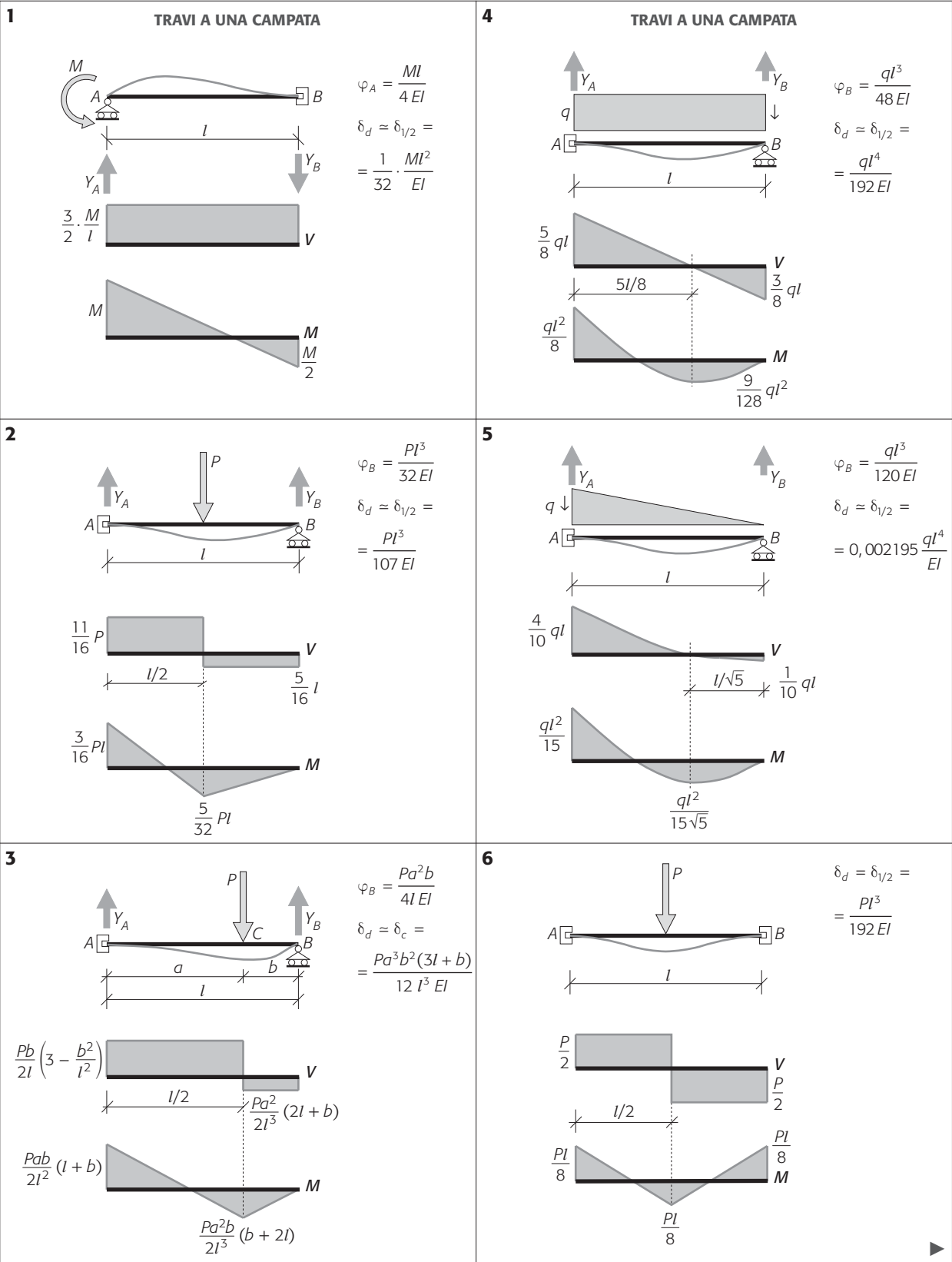
$$M_{max} = \text{costante}$$

$$V = 0$$

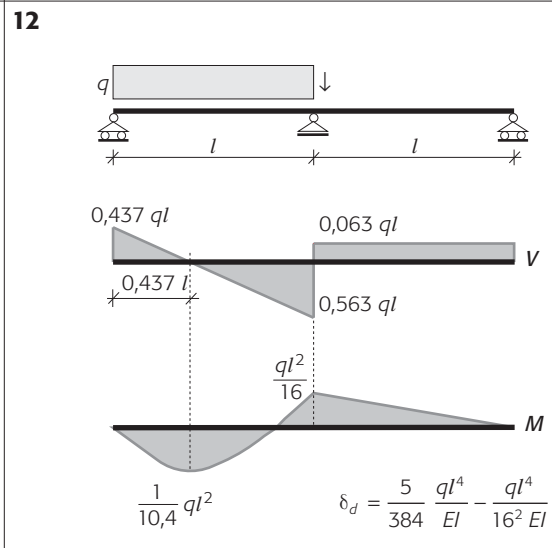
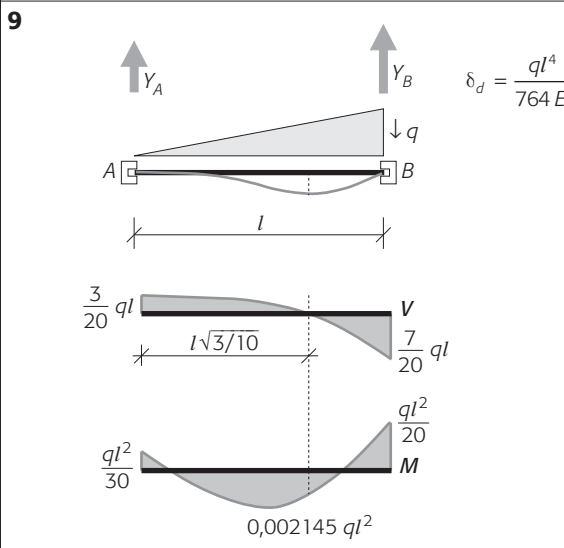
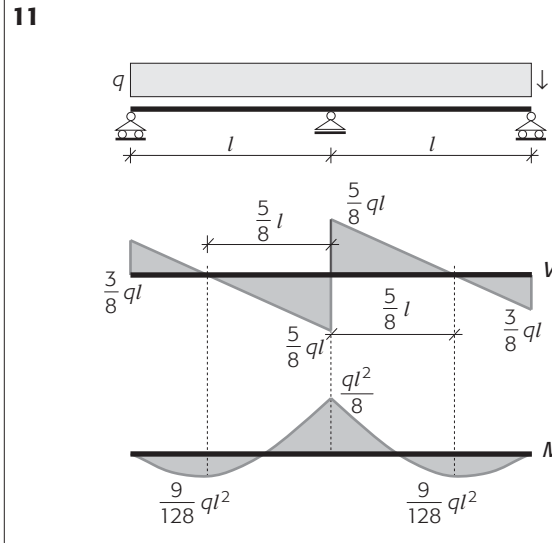
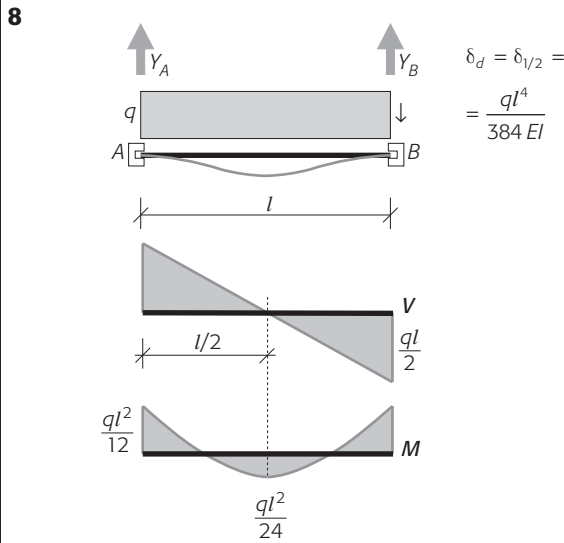
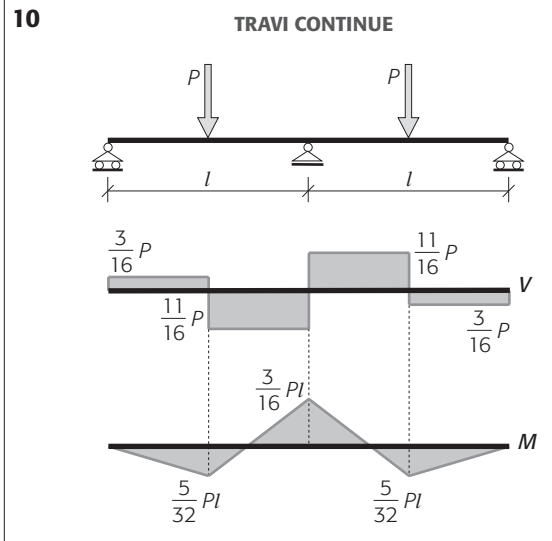
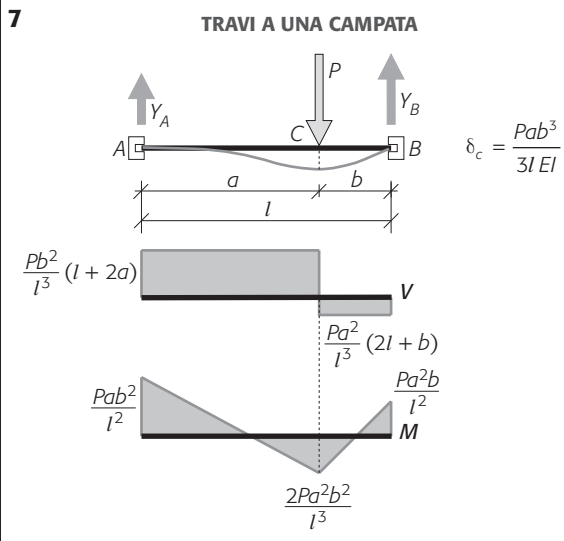
$$-\varphi_A = \varphi_B = \frac{Ml}{2EI}$$

$$\delta_d = \delta_{1/2} = -\frac{Ml^2}{8EI}$$

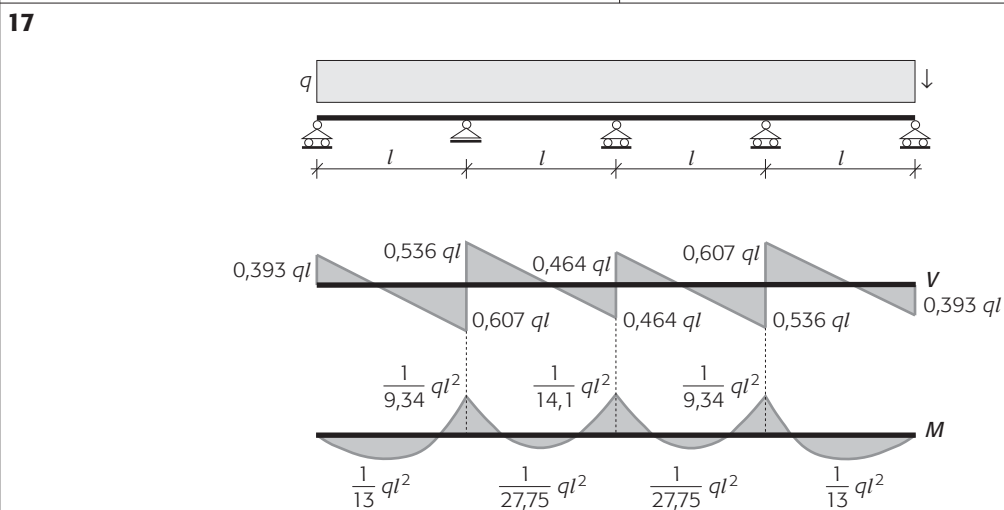
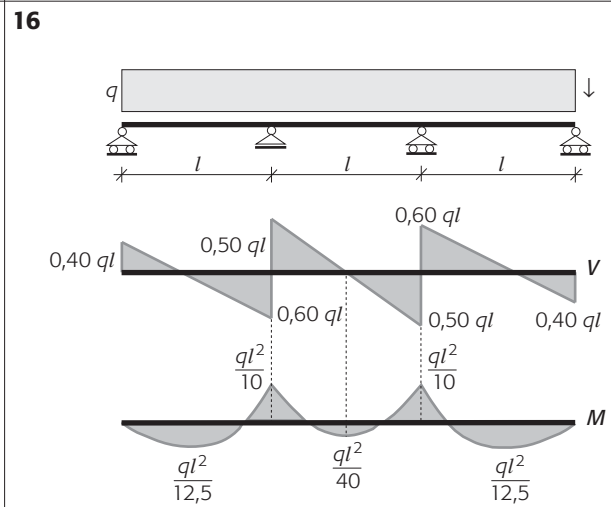
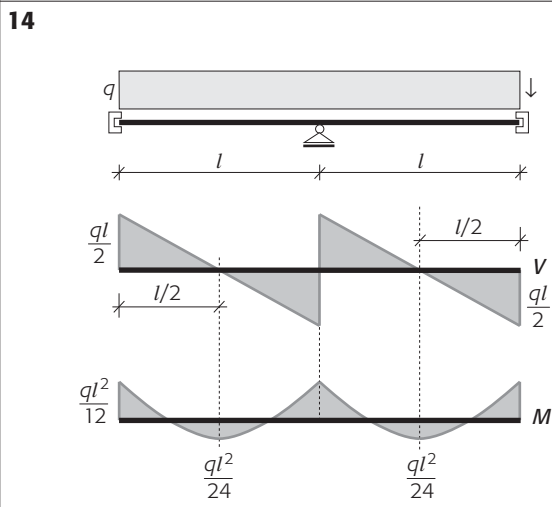
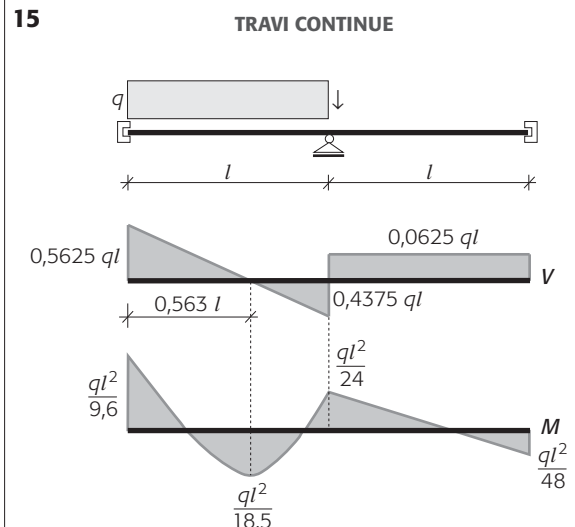
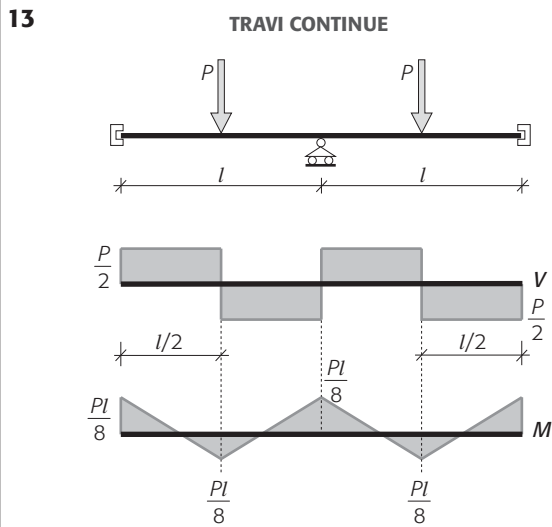
CS2 Travi iperstatiche



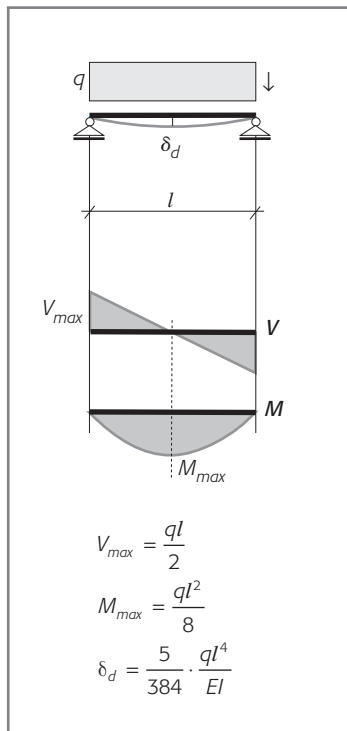
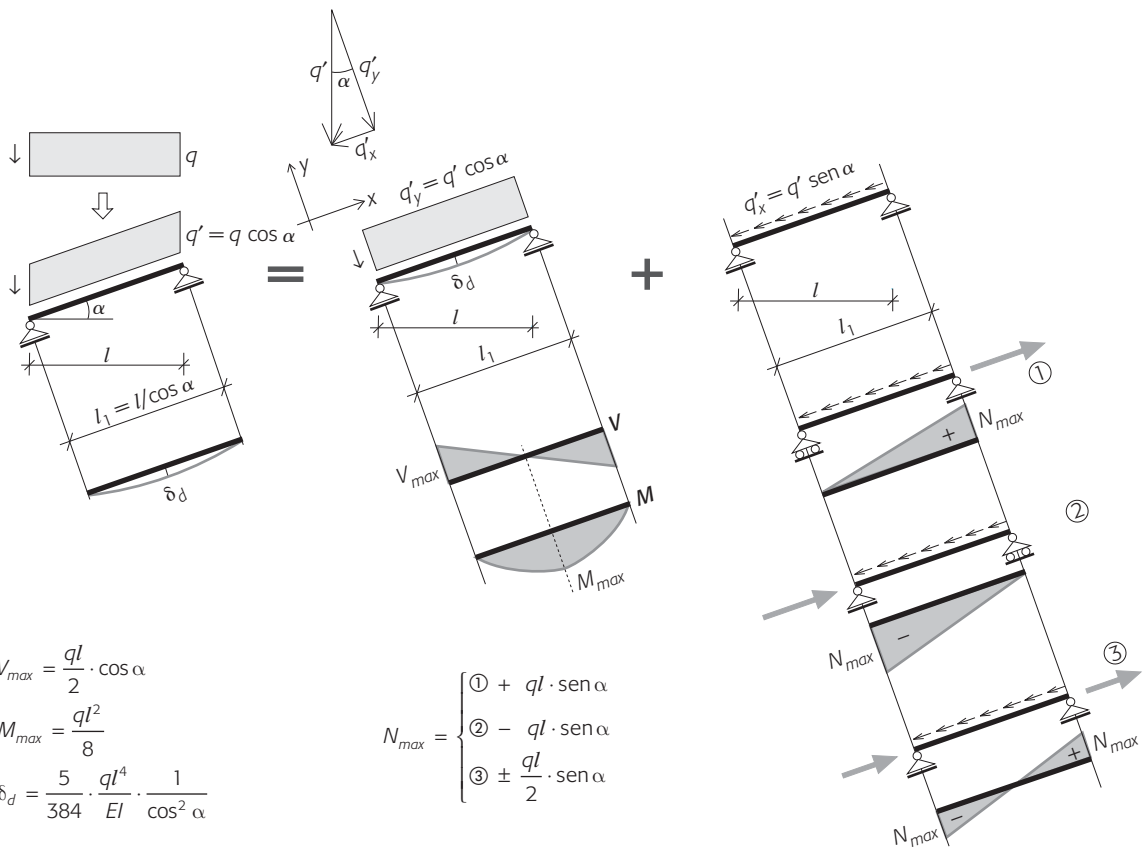
CS2 Travi iperstatiche (seguito)



CS2 Travi iperstatiche (seguito)



CS3 Confronto tra la trave inclinata e la sua proiezione ortogonale



Si noti che:

- per calcolare il taglio e il momento flettente, prodotti dalla componente di carico perpendicolare alla falda, non importa conoscere la natura dei vincoli;
- per calcolare lo sforzo normale, prodotto dalla componente di carico parallela alla falda, si devono invece distinguere tre casi:
 1. la trave è tesa con sforzo massimo in corrispondenza della cerniera superiore;
 2. la trave è compressa, con sforzo massimo in corrispondenza della cerniera inferiore;
 3. la trave è per metà tesa e per metà compressa.

Confrontando le sollecitazioni della trave inclinata con quelle della trave orizzontale, si può notare che:

- il valore della sollecitazione più importante (il momento flettente) è lo stesso;
- il valore del taglio è maggiore nella trave orizzontale che nella trave inclinata;
- lo sforzo normale è nullo nella trave orizzontale.

Per le ordinarie pendenze dei tetti, e anche delle scale, il valore del coseno è prossimo all'unità e il valore del seno è piccolo. Si commette quindi un errore modesto (e favorevole alla sicurezza) attribuendo al taglio il valore $ql/2$; si commette ancora un errore modesto trascurando gli effetti dello sforzo normale.

Per il calcolo delle sollecitazioni, la trave inclinata di ordinaria pendenza può essere ridotta alla trave orizzontale di luce l soggetta al carico verticale uniforme q .

È opportuno, invece, che la freccia massima (misurata in direzione perpendicolare all'asse) sia calcolata senza approssimazioni con la formula

$$\delta_d = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

4

Carichi

Car1 Pesì dell'unità di volume dei principali materiali strutturali (NTC 2008)

Materiali	Peso (kN/m ³)
Calcestruzzi cementizi e malte	
Calcestruzzo ordinario	24,0
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
Calcestruzzi «leggeri»: da determinarsi caso per caso	14,0 ÷ 20,0
Calcestruzzi «pesanti»: da determinarsi caso per caso	28,0 ÷ 50,0
Malta di calce	18,0
Malta di cemento	21,0
Calce in polvere	10,0
Cemento in polvere	14,0
Sabbia	17,0
Metalli e leghe	
Acciaio	78,5
Ghisa	72,5
Alluminio	27,0
Materiale lapideo	
Tufo vulcanico	17,0
Calcare compatto	26,0
Calcare tenero	22,0
Gesso	13,0
Granito	27,0
Laterizio (pieno)	18,0
Legnami	
Conifere e pioppo	4,0 ÷ 6,0
Latifoglie (escluso pioppo)	6,0 ÷ 8,0
Sostanze varie	
Acqua dolce (chiara)	9,81
Acqua di mare (chiara)	10,1
Carta	10,0
Vetro	25,0

Per materiali non compresi nella tabella si potrà far riferimento a specifiche indagini sperimentali o a normative di comprovata validità assumendo i valori nominali come valori caratteristici.

Car2 Pesì indicativi per unità di superficie delle più comuni sovrastrutture

Materiali	Peso (kN/m ²)
Intonaci	
Spessore 1 cm (interno)	0,20
Spessore 1,5 cm (esterno)	0,30
Muri	
Tamponamenti (11 kN/m ³)	Da determinarsi
Divisori (8 cm)	0,60
Strato isolante	0,07
Pavimentazioni	
Sottofondo (14+20 kN/m ³)	Da determinarsi
Malta di allettamento (21 kN/m ³)	Da determinarsi
Gomma, linoleum	0,10
Legno	0,25
Ceramica, gres, graniglia (spessore 2 cm)	0,40
Marmo (spessore 3 cm)	0,80
Solai e tetti	
Tavelle e tavelloni	
• Spessore 4 cm	0,40
• Spessore 6 cm	0,50
Lamiere in acciaio (ondulate o nervate)	0,12
Lastre traslucide di resina (ondulate o nervate)	0,10
Manto impermeabilizzante	0,10
Manto isolante	0,07
Coppi	0,80
Tegole maritate (coppi ed embrici)	0,60
Vetri	
Normale (3 mm)	0,075
Forte (4 mm)	0,10
Spesso (5+6 mm)	0,125 ÷ 0,15
Retinato (8 mm)	0,20

Car3 Pesì di materiali in deposito

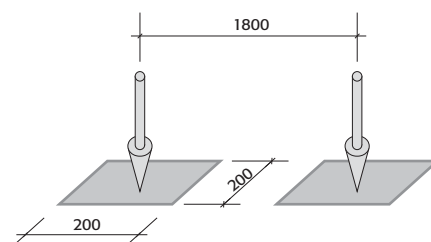
Materiali	Peso dell'unità di volume (kN/m ³)	Materiali	Peso dell'unità di volume (kN/m ³)
Laterizi stivati		Rocce	
Mattoni pieni comuni	17,00	Ardesia	27,00
Mattoni semipieni	13,00	Arenaria	23,00
Mattoni forati	8,00	Basalto	29,00
Mattoni refrattari	20,00	Calcere compatto	26,00
Legnami		Calcere tenero	22,00
Abete, acero, castagno, ciliegio, duginale, larice, mogano, olmo, pino, pioppo, pino rigido, salici	6,00	Diorite	29,00
Carpini, faggio, frassino, noce, querce, robinia, teak	8,00	Dolomia	26,00
Bosso, ebano	12,00	Gneiss	27,00
Metalli		Granito	27,00
Acciaio	78,50	Marmo saccharoide	27,00
Alluminio	27,00	Pomice	8,00
Bronzo	88,00	Porfido	26,00
Ghisa	72,50	Sienite	28,00
Leghe di alluminio	28,00	Travertino	24,00
Magnesio	18,00	Tufo vulcanico	17,00
Nichel	88,00	Argilla compatta	21,00
Ottone	86,00	Sostanze varie	
Piombo	114,00	Benzina	7,40
Rame	80,00	Bitume	13,00
Stagno	73,00	Calce in sacchi	10,00
Zinco	72,00	Carbone di legna	3,20
Prodotti agricoli		Carbone fossile in pezzi	9,00
Erba fresca sciolta	4,00	Carta	10,00
Farina in sacchi	5,00	Cemento in sacchi	15,00
Fieno sciolto	0,70	Dinamite	15,00
Fieno pressato	3,00	Fibre tessili	13,50
Frumento	7,60	Ghiaccio	9,00
Letame fresco	3,00	Lana di vetro	1,00
Letame maturo	6,00	Legname in ciocchi	4,00
Mangimi in pani	10,00	Petrolio	8,00
Paglia sciolta	0,60	Sughero	3,00
Paglia pressata	1,50	Torba asciutta	2,50
Tabacco legato o in balle	3,50	Torba umida	6,00
		Vetro	25,00
		Acqua dolce	10,00
		Acqua di mare	10,30

Car4 Pesì di materiali insilabili

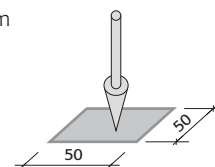
Materiali	Peso dell'unità di volume (kN/m ³)	Materiali	Peso dell'unità di volume (kN/m ³)
Materiali sciolti da costruzione		Combustibili solidi	
Sabbia	17,00	Carbon fossile allo stato naturale mediamente umido	10,00
Ghiaia e pietrisco	15,00	Coke	5,00
Sabbia e ghiaia bagnata	20,00	Lignite	7,00
Sabbia e ghiaia asciutta	19,00	Mattonelle di lignite alla rinfusa	8,00
Calce in polvere	10,00		
Cemento in polvere	14,00	Prodotti agricoli	
Cenere in coke	7,00	Barbabietole	5,50
Ceneri volanti	10,00	Crusca e farina	5,00
Gesso	13,00	Frumenti, legumi, patate, semi di lino, zucchero	7,50
Pomice	7,00	Riso	8,00
Scorie d'altoforno, diametro medio 30-70 mm	15,00	Semola di grano	5,50
Scorie d'altoforno, minute	11,00		
Scorie leggere d'altoforno	7,00		

Car5 Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici (NTC 2008)

Categoria	Ambienti	q_k (kN/m ²)	Q_k (kN)	H_k (kN/m)	
A	<i>Ambienti a uso residenziale</i> Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (a esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00	Sovraccarichi q_k Sono da prendere in considerazione per tutte le verifiche; si considerano ripartiti arealmente sulla proiezione orizzontale dell'elemento considerato.
B	<i>Uffici</i> Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00	Sovraccarichi Q_k Sono da prendere in considerazione per verifiche locali di elementi orizzontali, da eseguire prevalentemente su elementi secondari, come tavolati e gradini. Sono tutti applicati su un'area di impronta convenzionale, riportata nelle figure seguenti (quote in mm).
C	<i>Ambienti suscettibili di affollamento</i> Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00	
D	<i>Ambienti a uso commerciale</i> Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00	
E	<i>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti a uso industriale</i> Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti a uso industriale da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$	6,00	1,00 ⁽¹⁾	quote in mm
F-G	<i>Rimesse e parcheggi</i> Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50	$2 \times 10,00$	1,00 ⁽²⁾	
H	<i>Coperture e sottotetti</i> Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri)	0,50	1,20	1,00	Sovraccarichi H_k Sono da prendere in considerazione nelle verifiche locali di elementi verticali come pareti, parapetti e corrimani. Vanno applicati: <ul style="list-style-type: none"> sulle pareti: a 1,20 m dal piano di calpestio; in corrispondenza dei corrimani; alla quota superiore dei parapetti.



RIMESSE E PARCHEGGI



ALTRE CATEGORIE

(1) Non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

(2) Per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

Car6 Parti essenziali della normativa relativa al *carico neve* (NTC 2008, capitolo 3.4, Azioni della neve)

In mancanza di adeguate indagini statistiche, è obbligatorio assumere un **carico neve** sulle coperture *non minore* di:

$$q_s = \mu q_{sk} C_E C_t$$

Valore caratteristico q_{sk} del carico neve al suolo (tabella Car6a).

Dipende dalle condizioni locali climatiche e di esposizione. La normativa ha diviso l'Italia in 4 zone, per ognuna delle quali q_{sk} è funzione dell'altitudine a_s , cioè della quota sul livello del mare della località in cui sorge l'edificio. La tabella Car6a può essere utilizzata per altitudini inferiori a 1500 m. Per altitudini superiori si farà riferimento alle particolari condizioni locali, utilizzando comunque valori non inferiori a quelli previsti per 1500 m.

Il valore di q_{sk} è riferito a un periodo di ritorno di 50 anni.

Coefficiente di esposizione C_E (tabella Car6b)

Dipende dalle caratteristiche specifiche, cioè dalla *topografia* dell'area in cui sorge la costruzione. I valori della tabella Car6b sono intesi come *consigliati*.

Coefficiente termico C_t

Può essere utilizzato per ridurre il carico neve se è previsto un suo più rapido scioglimento a causa della perdita di calore della costruzione. In assenza di studi specifici e documentati si deve porre $C_t = 1$.

Coefficiente di forma μ_1 (tabella Car6c)

Dipende dall'angolo α , espresso in gradi sessagesimali, formato dalle falde di copertura con l'orizzontale.

Condizioni di carico neve (grafico Car6d)

- *Coperture a una falda*. Si ha un'unica condizione di carico (con e senza vento).
- *Coperture a due falde*. Nel caso di neve senza vento si deve considerare la condizione 1; nel caso di neve con vento si deve considerare peggiore tra le condizioni 2 e 3.

Tabella Car6a Valore caratteristico del carico neve al suolo (NTC 2008).**Zona I - Alpina**

Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza:

(3.3.8)

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{ per } a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ per } a_s > 200 \text{ m}$$

Zona I - Mediterranea

Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese:

(3.3.9)

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{ per } a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ per } a_s > 200 \text{ m}$$

Zona II

Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona:

(3.3.10)

$$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2 \text{ per } a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ per } a_s > 200 \text{ m}$$

Zona III

Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuovo, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo:

(3.3.11)

$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \text{ per } a_s \leq 200 \text{ m}$$

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



Car7 Parti essenziali della normativa relativa all'azione del vento (NTC 2008, Circolare 617)

Le NTC 2008 definiscono **velocità di riferimento** v_b il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo, su un terreno di categoria di esposizione II (definita nella tabella Car7c), mediata su 10 minuti e riferita a un periodo di ritorno di 50 anni. In mancanza di specifiche indagini statistiche v_b è data dalle espressioni:

$$\begin{aligned} v_b &= v_{b,0} && \text{per } a_s \leq a_0 \\ v_b &= v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) && \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m} \end{aligned}$$

dove:

- $v_{b,0}$, a_0 , k_a sono parametri legati alla regione in cui sorge la costruzione, forniti dalla tabella 7a;
- a_s è l'altitudine sul livello del mare (m) del sito ove sorge la costruzione.

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 costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti, costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

Per costruzioni di ordinaria tipologia, semplici e di limitata estensione, il carico vento p , considerato spirante nella direzione di uno degli assi principali d'inerzia della pianta dell'edificio, è modellato come un'azione orizzontale. Il vento produce quindi un insieme di pressioni e depressioni ortogonali alle pareti, che si possono valutare punto per punto (in N/m^2), con l'espressione:

$$p = q_b c_d c_e c_p$$

La **pressione cinetica di riferimento** q_b , misurata in N/m^2 , è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

dove:

- ρ è la densità dell'aria, assunta convenzionalmente costante e pari a $1,25 \text{ kg/m}^3$;
- v_b è la velocità di riferimento del vento, misurata in m/s .

Il **coefficiente dinamico** c_d tiene conto degli effetti riduttivi dovuti alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza e i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Il **coefficiente di esposizione** $c_e(z)$ dipende dalla quota z dal suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del luogo ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche e per quote z non maggiori di 200 m, $c_e(z)$ è dato dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} c_e(z) &= k_r^2 c_t \ln \frac{z}{z_0} \left[7 + c_t \ln \frac{z}{z_0} \right] && \text{per } z \geq z_{min} \\ c_e(z) &= c_e(z_{min}) && \text{per } z < z_{min} \end{aligned}$$

dove:

- k_r , z_0 , z_{min} sono coefficienti deducibili dalla tabella Car7b dopo aver ricavato la *categoria di esposizione* (grafici Car7c) e la *classe di rugosità* del terreno (tab. Car7d);
- c_t è il *coefficiente di topografia*, posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

Il **coefficiente di forma** o *coefficiente aerodinamico* c_p , in assenza di valutazioni più precise, suffragate da opportuna documentazione o prove sperimentali in galleria del vento, può assumere i valori riportati nella tabella Car7e, con l'avvertenza di considerare positive le pressioni dirette verso l'interno della costruzione.

Car7 Parti essenziali della normativa relativa all'azione del vento (NTC 2008, Circolare 617) (seguito)**Tabella Car7a** Valori di $v_{b,0}$, a_0 , k_a (per il calcolo della velocità di riferimento v_b).

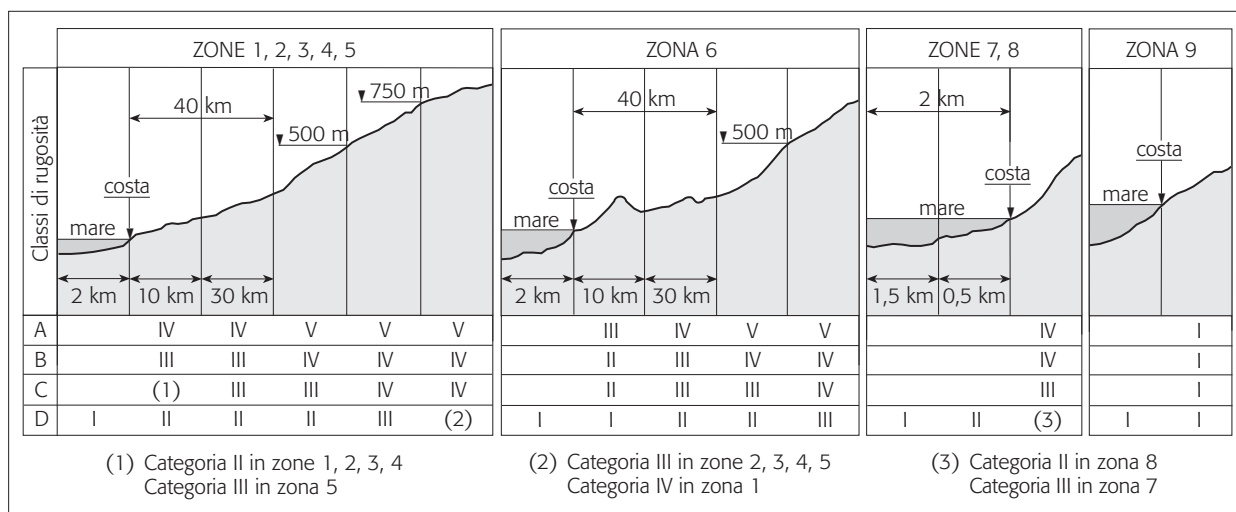
Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ (m/s)	a_0 (m)	k_a (1/s)
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Per altitudini superiori a 1500 m sul livello del mare si potrà fare riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione. I valori della velocità di riferimento possono essere ricavati da dati supportati da opportuna documentazione o da indagini statistiche adeguatamente comprovate. Fatte salve tali valutazioni, comunque raccomandate in prossimità di vette e crinali, i valori utilizzati non dovranno essere minori di quelli previsti per 1500 m di altitudine.

Tabella Car7b Valori di k_r , z_0 , z_{min} (per il calcolo del coefficiente di esposizione c_e).

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 (m)	z_{min} (m)
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Nelle fasce entro i 40 km dalla costa delle zone 1, 2, 3, 4, 5, 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

**Grafico Car7c** Individuazione della categoria di esposizione.

Car7 Parti essenziali della normativa relativa all'azione del vento (NTC 2008, Circolare 617) (seguito)**Tabella Car7d** Individuazione della classe di rugosità del terreno.

Classi di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni, ...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe di rugosità A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione.

Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Tabella Car7e Coefficienti di pressione c_p per edifici a pianta rettangolare (Circolare 617)

Coefficiente di pressione esterna c_{pe}		
Elementi sopravento	$\alpha \geq 60^\circ$	0,8
	$20^\circ < \alpha < 60^\circ$	+ 0,03 $\alpha - 1$
	$0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	- 0,4
Elementi sottovento		- 0,4
Elementi paralleli al vento		- 0,4
Coefficiente di pressione interna c_{pi} (da scegliere con il segno che dà luogo alla combinazione più sfavorevole con c_{pe})		
Costruzioni che hanno, o possono avere in condizioni eccezionali, una parete con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale		$\pm 0,2$
Costruzioni che hanno (o possono anche avere in condizioni eccezionali) una parete con aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale	Parete aperta sopravento	+ 0,8
	Parete aperta sottovento o parallela al vento	- 0,5
Costruzioni che presentano su due pareti opposte, normali alla direzione del vento, aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale	Per gli elementi normali alla direzione del vento	$c_{pe} + c_{pi} = \pm 1,2$
	Per i rimanenti elementi	$\pm 0,2$

Al punto C3.3 della Circolare 617 sono riportati anche i coefficienti di forma per tettoie e pensiline isolate, coperture multiple, travi isolate e travi multiple, torri e pali a traliccio, corpi cilindrici e corpi sferici (serbatoi)

Car8 Combinazione dei carichi

Formule di combinazione per il calcolo delle azioni di progetto.

SLU

$$F_d = \gamma_G G + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

SLE rara (da utilizzare anche nel calcolo alle tensioni ammissibili)

$$F_d = G + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2} + \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

SLE frequente

$$F_d = G + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

SLE quasi permanente

$$F_d = G + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

dove:

- G è il valore nominale dei carichi permanenti;
- Q_{ki} è il valore caratteristico degli n carichi variabili presenti;
- Q_{k1} è il valore caratteristico del carico variabile assunto di volta in volta come dominante;
- γ_G e γ_Q sono i coefficienti parziali da applicare a tutti i carichi; agli SLU assumono i valori riportati nella tabella Car8a (agli SLE hanno valore 1);
- ψ_{0i} , ψ_{1i} e ψ_{2i} sono i coefficienti di combinazione dei carichi variabili (tabella Car8b).

Tabella Car8a Coefficienti parziali γ_G e γ_Q per edifici civili e industriali correnti (NTC 2008)

Carichi permanenti strutturali	favorevoli	γ_G	1,0
	sfavorevoli		1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0
	sfavorevoli		1,5

Tabella Car8b Coefficienti di combinazione ψ per edifici civili e industriali correnti (NTC 2008)

Categoria/Azione variabile	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria A. Ambienti a uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B. Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C. Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D. Ambienti a uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E. Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti a uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F. Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G. Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H. Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

5

Legno

Lgn1 Classi di resistenza e profili caratteristici del legno strutturale massiccio (UNI-EN 338)

		Pioppo e conifere											Latifoglie								
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Proprietà di resistenza (N / mm ²)																					
Flessione	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Trazione parallela alle fibre	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Trazione perpendicolare alle fibre	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compressione parallela alle fibre	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Compressione perpendicolare alle fibre	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Taglio	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Proprietà di rigidezza (kN / mm ²)																					
Modulo elastico parallelo medio	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	10	10	11	14	17	20
Modulo elastico parallelo caratteristico	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,5	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Modulo elastico perpendicolare medio	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Modulo elastico tangenziale medio	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,68	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Masse volumiche (kg / m ³)																					
Massa volumica caratteristica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	560	590	50	700	900
Massa volumica media	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	580	640	640	670	700	780	840	1080

Lgn2 Classi di resistenza e profili caratteristici del legno lamellare (UNI-EN 1194)

Classi di resistenza		Legno lamellare incollato				Legno lamellare combinato			
		GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h	GL 24c	GL 28c	GL 32c	GL 36c
Resistenza a flessione	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36	24	28	32	36
Resistenza a trazione	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26	14	16,5	19,5	22,5
	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6	0,35	0,4	0,45	0,5
Resistenza a compressione	$f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31	21	24	26,5	29
	$f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6	2,4	2,7	3,0	3,3
Resistenza a taglio	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3	2,2	2,7	3,2	3,8
Modulo di elasticità	$E_{0,g,mean}$	11 600	12 600	13 700	14 700	11 600	12 600	13 700	14 700
	$E_{0,g}$	9400	10200	11 100	11 900	9400	10200	11 100	11 900
	$E_{90,g,mean}$	390	420	460	490	320	390	420	460
Modulo di taglio	$G_{g,mean}$	720	780	850	910	590	720	780	850
Massa volumica	$\rho_{g,k}$	380	410	430	450	350	380	410	430

Lgn3 Tensioni ammissibili per LM (conifere) e LL (DIN 1052)

Tipo di sollecitazione	Simbolo	Tensione ammissibile (N/mm ²)					
		Categorie tedesche	Categorie LM			Categorie LL	
			S 13	S 10	S 7	BS 14	BS 11
		Categorie italiane	1	2	3	1	2
Corrispondenza con il profilo aziendale		C30	C24	C16	GL28	GL24	
Trazione parallela alle fibre	$\bar{\sigma}_{t,0}$	10,50	8,50	0	10,50	8,50	
Compressione	parallela alle fibre	$\bar{\sigma}_{c,0}$	11,00	8,50	6,00	11,00	8,50
	perpendicolare alle fibre	$\bar{\sigma}_{c,90}$	2,00	2,00	2,00	2,50	2,50
Flessione	$\bar{\sigma}_m$	13,00	10,00	7,00	14,00	11,00	
Taglio	$\bar{\tau}_v$	0,90	0,90	0,90	1,20	1,20	
Torsione	$\bar{\tau}_T$	1,00	1,00	0	1,60	1,60	

Lgn4 Valori di k_{mod} per LM e LL (NTC 2008)

Classe di servizio	Classe di durata del carico				
	Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,0
2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,0
3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Lgn5 Classi di durata del carico (NTC 2008)

Classe di durata del carico	Tipo di carico
Permanente (più di 10 anni)	Pesi propri; carichi non rimovibili durante il normale esercizio della struttura; carichi variabili relativi a magazzini e depositi
Lunga durata (6 mesi-10 anni)	Carichi permanenti suscettibili di cambiamento durante il normale esercizio della struttura; carichi variabili relativi a magazzini e depositi
Media durata (1 settimana-6 mesi)	Carichi variabili in generale
Breve durata	Neve
Istantaneo	Vento; azioni eccezionali in genere

Naturalmente il progettista, a favore della sicurezza, può assegnare le azioni di calcolo a classi di durata più lunga di quelle stabilite dalla tabella. Per esempio, in aree dove si registrano elevati carichi neve per periodi prolungati, EC5 suggerisce di considerare di lunga durata almeno una parte degli stessi carichi.

Se la combinazione di carico prevede carichi di diversa durata, si assume il valore di k_{mod} relativo al carico di durata inferiore.

Lgn6 Classi di servizio delle strutture lignee in funzione dell'umidità ambientale (NTC)

Classe di servizio	Umidità ambientale
1 Strutture al chiuso in zone asciutte	Umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente alla temperatura di 20 °C e umidità relativa dell'aria non superiore al 65% se non per poche settimane all'anno
2 Strutture al chiuso con forti concentrazioni di umidità e condensa. Strutture esposte a precipitazioni atmosferiche	Umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente alla temperatura di 20 °C e umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno
3	Umidità più elevata di quella della classe di servizio 2

Lgn7 Freccie istantanee (DIN 1052) e freccie massime differite

	Freccie massime istantanee (carichi di breve durata) dovute ai soli carichi variabili
Travi	$l/300$
Travetti	
• Solai praticabili	$l/300$
• Solai non praticabili	$l/200$
Tavolati	$l/200$ < 10 mm
Sbalzi	$l/150$
Pilastrì soggetti a carico orizzontale (vento)	$l/200$
	Freccie massime differite (carichi di lunga durata) dovute ai carichi totali
Travi e travetti	$l/200$
Sbalzi	$l/100$

Lgn8 Frecce massime per travi di legno (EC5)

	Valore istantaneo δ'_{max} (dovuto ai soli carichi variabili)	Valore totale δ''_{max} (dovuto alle azioni permanenti e variabili)
Travi e travetti	$l / 300$ ($l / 150$ per gli sbalzi)	$l / 200$ ($l / 100$ per gli sbalzi)

Valori di k_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno (NTC 2008)

	Classe di servizio		
	1	2	3
Legno massiccio e legno lamellare incollato	0,60	0,80	2,00
Prodotti strutturali a base di legno	v. NTC 2008, tabella 4.4.V		

Lgn9 Coefficienti ω per legno lamellare e per legno massiccio (DIN 1052)

λ	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
LL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,03	1,13	1,28	1,51	1,92	2,43	3,00	3,63	4,32	5,07	5,88	6,75	7,68	8,67	9,72	10,83
LM	1,00	1,04	1,08	1,15	1,26	1,42	1,62	1,88	2,20	2,58	3,00	3,63	4,32	5,07	5,88	6,75	7,68	8,67	9,72	10,83

Lgn10 Travi lamellari (abete rosso): dimensioni commerciali standard

Larghezza	Altezza (mm)	Lunghezza (mm)
60	120 / 140 / 160 / 200	12000
80	100 / 120 / 140 / 160 / 180 / 200	12000
100	100 / 120 / 140 / 160 / 180 / 200 / 220 / 240	12000 / 13500
120	120 / 140 / 160 / 180 / 200 / 220 / 240 / 260 / 280	12000 / 13500
140	140 / 160 / 180 / 200 / 240 / 260 / 280 / 320	12000 / 13500
160	160 / 200 / 220 / 240 / 260 / 280 / 300 / 320 / 360 / 400	12000 / 13500 / 16000 / 18000
180	180 / 240 / 280 / 320 / 360	12000 / 13500 / 16000 / 18000
200	200 / 240 / 280 / 320 / 360 / 400	12000 / 13500 / 16000 / 18000
240	240	12000 / 13500 / 16000 / 18000

Fonte: Systemholz.

Lgn11 Dimensionamento di massima delle travi lamellari

Travi in legno lamellare su due appoggi sotto carico distribuito uniforme

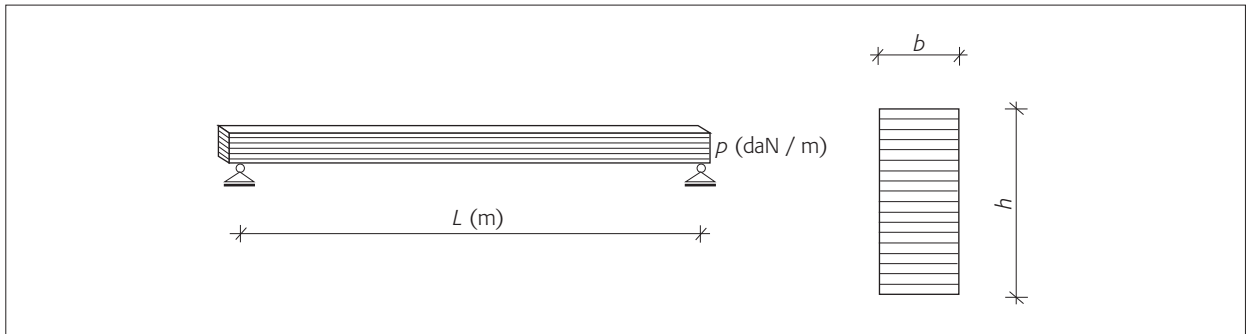
**Dimensionamento di massima**

Tabella delle sezioni b/h (cm)

Dimensionamento secondo DIN 1052

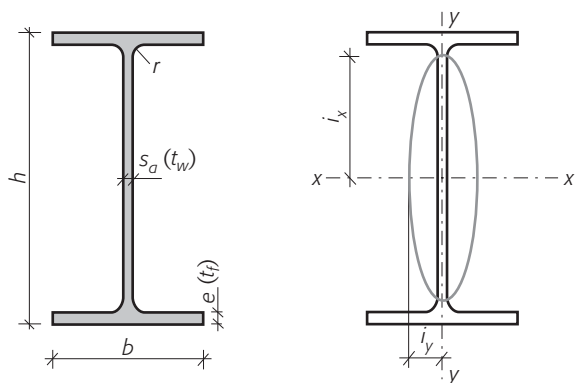
Freccia L/200-L/300

p	L	Dimensionamento secondo DIN 1052											
		3 b/h	3,5 b/h	4 b/h	4,5 b/h	5 b/h	5,5 b/h	6 b/h	7 b/h	8 b/h	9 b/h	10 b/h	12 b/h
100	8,0/12,9	8,0/12,9	10,0/16,3	10,0/16,3	10,0/19,6	10,0/19,6	12,0/19,6	12,0/23,0	14,0/26,3	14,0/29,7	16,0/29,7	16,0/36,4	
150	8,0/12,9	8,0/16,3	10,0/16,3	10,0/19,6	10,0/19,6	12,0/19,6	12,0/23,0	12,0/26,3	14,0/29,7	14,0/33,0	16,0/33,0	16,0/43,1	
200	8,0/16,3	10,0/16,3	10,0/19,6	10,0/19,6	10,0/23,0	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	16,0/39,7	16,0/46,4	
250	8,0/16,3	10,0/16,3	10,0/19,6	12,0/19,6	10,0/23,0	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/33,0	14,0/33,0	14,0/39,7	16,0/39,7	16,0/50,1	
300	8,0/16,3	10,0/19,6	10,0/19,6	12,0/23,0	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	12,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/43,1	16,0/50,1	
350	10,0/16,3	10,0/19,6	10,0/23,0	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/26,3	12,0/29,7	14,0/33,0	14,0/39,7	16,0/39,7	16,0/46,4	16,0/53,4	
400	10,0/16,3	10,0/19,6	10,0/23,0	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	12,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/43,1	16,0/46,4	16,0/56,8	
450	10,0/19,6	10,0/19,6	10,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	12,0/29,7	12,0/33,0	14,0/36,4	16,0/39,7	16,0/46,4	16,0/50,1	16,0/60,1	
500	10,0/19,6	10,0/23,0	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	12,0/33,0	14,0/33,0	14,0/39,7	16,0/39,7	16,0/46,4	16,0/50,1	16,0/60,1	
550	10,0/19,6	10,0/23,0	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	12,0/33,0	14,0/33,0	14,0/39,7	16,0/43,1	16,0/46,4	16,0/53,4	16,0/63,5	
600	10,0/19,6	10,0/23,0	12,0/26,3	12,0/26,3	14,0/29,7	12,0/33,0	14,0/33,0	14,0/39,7	16,0/43,1	16,0/50,1	16,0/53,4	16,0/66,8	
650	12,0/19,6	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/46,4	16,0/50,1	16,0/56,8	16,0/66,8	
700	12,0/19,6	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	16,0/39,7	16,0/46,4	16,0/50,1	16,0/56,8	16,0/70,2	
750	12,0/19,6	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	16,0/39,7	16,0/46,4	16,0/53,4	16,0/60,1	16,0/70,2	
800	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/43,1	16,0/50,1	16,0/53,4	16,0/60,1	16,0/70,2	
850	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/43,1	16,0/50,1	16,0/56,8	16,0/60,1	20,0/70,2	
900	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/43,1	16,0/50,1	16,0/56,8	16,0/63,5	20,0/70,2	
950	12,0/23,0	12,0/26,3	12,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/39,7	16,0/46,4	16,0/50,1	16,0/56,8	16,0/63,5	20,0/70,2	
1000	12,0/23,0	12,0/26,3	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/39,7	16,0/46,4	16,0/53,5	16,0/60,1	20,0/63,5	20,0/70,2	
1100	12,0/26,3	12,0/29,7	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	14,0/43,1	16,0/43,1	16,0/50,1	16,0/56,8	16,0/60,1	20,0/63,5	20,0/73,5	
1200	12,0/26,3	12,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	14,0/43,1	16,0/43,1	16,0/50,1	16,0/56,8	16,0/63,5	20,0/63,5	20,0/76,9	
1300	12,0/26,3	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/43,1	16,0/46,4	16,0/53,4	16,0/60,1	16,0/66,8	20,0/66,8	20,0/80,2	
1400	12,0/29,7	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/39,7	16,0/39,7	16,0/43,1	16,0/46,4	16,0/53,4	16,0/60,1	20,0/66,8	20,0/70,2	20,0/83,6	
1500	12,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/39,7	16,0/46,4	16,0/50,1	16,0/56,8	16,0/63,5	20,0/66,8	20,0/73,5	20,0/86,9	
1600	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/43,1	16,0/46,4	16,0/50,1	16,0/60,1	16,0/66,8	20,0/66,8	20,0/73,5	20,0/90,3	
1700	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/36,4	16,0/39,7	16,0/43,1	16,0/46,4	16,0/53,4	16,0/60,1	16,0/70,2	20,0/70,2	20,0/76,9	20,0/90,3	
1800	14,0/29,7	14,0/33,0	14,0/39,7	16,0/39,7	16,0/43,1	16,0/50,1	16,0/53,4	16,0/63,5	16,0/70,2	20,0/70,2	20,0/80,2	20,0/93,6	
1900	14,0/29,7	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/43,1	16,0/46,4	16,0/50,1	16,0/53,4	16,0/63,5	16,0/73,5	20,0/73,5	20,0/80,2	20,0/97,0	
2000	14,0/29,7	14,0/36,4	14,0/39,7	16,0/43,1	16,0/46,4	16,0/50,1	16,0/56,8	16,0/66,8	16,0/73,5	20,0/73,5	20,0/83,6	20,0/100,3	

6

Acciaio

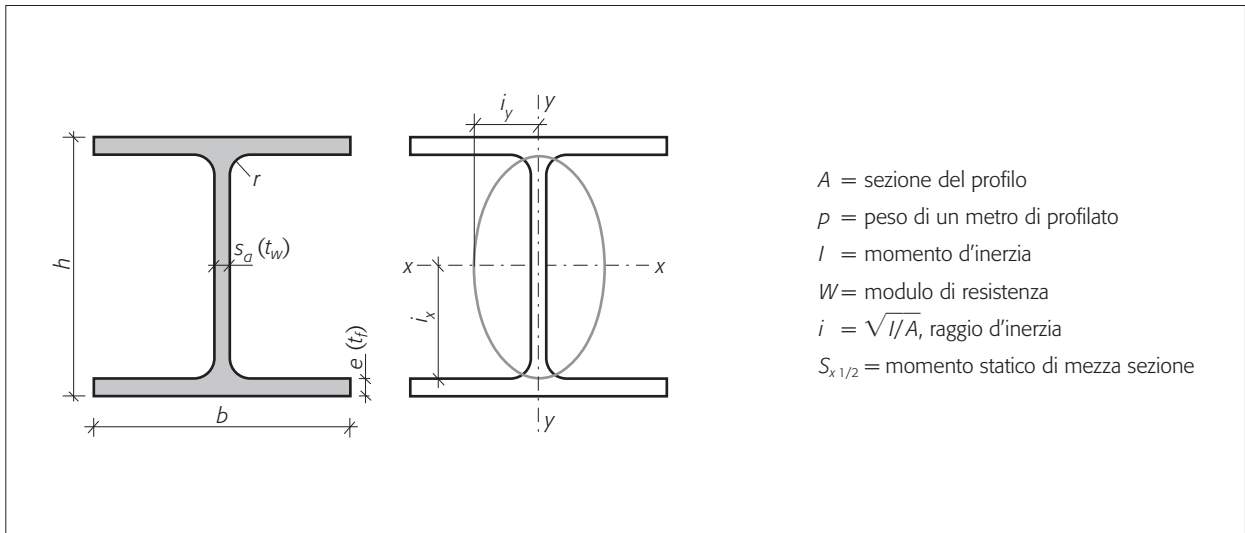
AccI Profilati IPE



A = sezione del profilo
 p = peso di un metro di profilato
 I = momento d'inerzia
 W = modulo di resistenza
 $i = \sqrt{I/A}$, raggio d'inerzia
 $S_{x1/2}$ = momento statico di mezza sezione

Designazione del profilo	Dimensioni					Valori statici relativi agli assi xx-yy									
	h (mm)	b (mm)	s_a (mm)	e (mm)	r (mm)	A (cm ²)	p (kg/m)	I_x (cm ⁴)	W_x (cm ³)	i_x (cm)	I_y (cm ⁴)	W_y (cm ³)	i_y (cm)	$S_{x1/2}$ (cm ³)	
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	7,64	6,00	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	11,6	
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	10,3	8,10	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	19,7	
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	13,2	10,4	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	30,4	
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	16,4	12,9	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	44,2	
IPE 160	160	82	5	7,4	9	20,1	15,8	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	61,9	
IPE 180	180	91	5,3	8	9	23,9	18,8	1317	146	7,42	101	22,2	2,05	83,2	
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	28,5	22,4	1943	194	8,26	142	28,5	2,24	110	
IPE 220	220	110	5,9	9,2	12	33,4	26,2	2772	252	9,11	205	37,3	2,48	143	
IPE 240	240	120	6,2	9,8	15	39,1	30,7	3892	324	9,97	284	47,3	2,69	183	
IPE 270	270	135	6,6	10,2	15	45,9	36,1	5790	429	11,2	420	62,2	3,02	242	
IPE 300	300	150	7,1	10,7	15	53,8	42,2	8356	557	12,5	604	80,5	3,35	314	
IPE 330	330	160	7,5	11,5	18	62,6	49,1	11770	713	13,7	788	98,5	3,55	402	
IPE 360	360	170	8	12,7	18	72,7	57,1	16270	904	15,0	1043	123	3,79	510	
IPE 400	400	180	8,6	13,5	21	84,5	66,3	23130	1160	16,5	1318	146	3,95	654	
IPE 450	450	190	9,4	14,6	21	98,8	77,6	33740	1500	18,5	1676	176	4,12	851	
IPE 500	500	200	10,2	16	21	116	90,7	48200	1930	20,4	2142	214	4,31	1100	
IPE 550	550	210	11,1	17,2	24	134	106	67120	2440	22,3	2668	254	4,45	1390	
IPE 600	600	220	12	19	24	156	122	92080	3070	24,3	3387	308	4,66	1760	

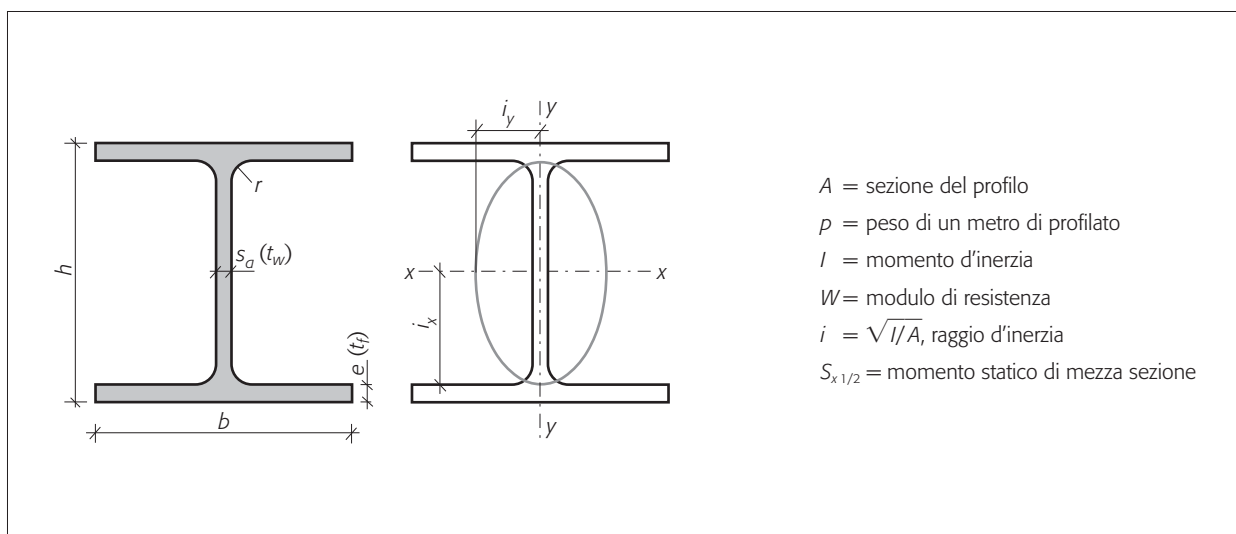
Acc2 Profilati HE



Designazione del profilo*	Dimensioni					Valori statici relativi agli assi xx - yy								
	h (mm)	b (mm)	s_a (mm)	e (mm)	r (mm)	A (cm ²)	p (kg/m)	I_x (cm ⁴)	W_x (cm ³)	i_x (cm)	I_y (cm ⁴)	W_y (cm ³)	i_y (cm)	$S_{x1/2}$ (cm ³)
HE 100 A	96	100	5	8	12	21,2	16,7	349	73	4,06	134	27	2,51	41,5
B	100	100	6	10	12	26,0	20,4	450	90	4,16	167	33	2,53	52,1
M	120	106	12	20	12	53,2	41,8	1143	190	4,63	399	75	2,74	118
HE 120 A	114	120	5	8	12	25,3	19,9	606	106	4,89	231	38	3,02	59,7
B	120	120	6,5	11	12	34,0	26,7	864	144	5,04	318	53	3,06	82,6
M	140	126	12,5	21	12	66,4	52,1	2018	288	5,51	703	112	3,25	175
HE 140 A	133	140	5,5	8,5	12	31,4	24,7	1033	155	5,73	389	56	3,52	86,7
B	140	140	7	12	12	43,0	33,7	1509	216	5,93	550	79	3,58	123
M	160	146	13	22	12	80,6	63,2	3291	411	6,39	1144	157	3,77	247
HE 160 A	152	160	6	9	15	38,8	30,4	1673	220	6,57	616	77	3,98	123
B	160	160	8	13	15	54,3	42,6	2492	311	6,78	889	111	4,05	177
M	180	166	14	23	15	97,1	76,2	5098	566	7,25	1759	212	4,26	377
HE 180 A	171	180	6	9,5	15	45,3	35,5	2510	294	7,45	925	103	4,52	162
B	180	180	8,5	14	15	65,3	51,2	3831	426	7,66	1363	151	4,57	241
M	200	186	14,5	24	15	113	88,9	7483	748	8,13	2580	277	4,77	442
HE 200 A	190	200	6,5	10	18	53,8	42,3	3692	389	8,28	1336	134	4,98	215
B	200	200	9	15	18	78,1	61,3	5696	570	8,54	2003	200	5,07	321
M	220	206	15	25	18	131	103	10642	967	9,00	3651	354	5,27	567
HE 220 A	210	220	7	11	18	64,3	50,5	5410	515	9,17	1955	178	5,51	284
B	220	220	9,5	16	18	91,0	71,5	8091	736	9,43	2843	258	5,59	414
M	240	226	15,5	26	18	149	117	14605	1220	9,89	5012	444	5,79	710
HE 240 A	230	240	7,5	12	21	76,8	60,3	7763	675	10,1	2769	231	6,00	372
B	240	240	10	17	21	106	83,2	11259	938	10,3	3923	327	6,08	527
M	270	248	18	32	21	200	157	24289	1800	11,0	8153	657	6,39	1058
HE 260 A	250	260	7,5	12,5	24	86,8	68,2	10455	836	11,0	3668	282	6,50	460
B	260	260	10	17,5	24	118	93,0	14919	1150	11,2	5135	395	6,58	641
M	290	268	18	32,5	24	220	172	31307	2160	11,9	10449	780	6,90	1262
HE 280 A	270	280	8	13	24	97,3	76,4	13673	1010	11,9	4763	340	7,00	556
B	280	280	10,5	18	24	131	103	19270	1380	12,1	6595	471	7,09	767
M	310	288	18,5	33	24	240	189	39547	2550	12,8	13163	914	7,40	1483

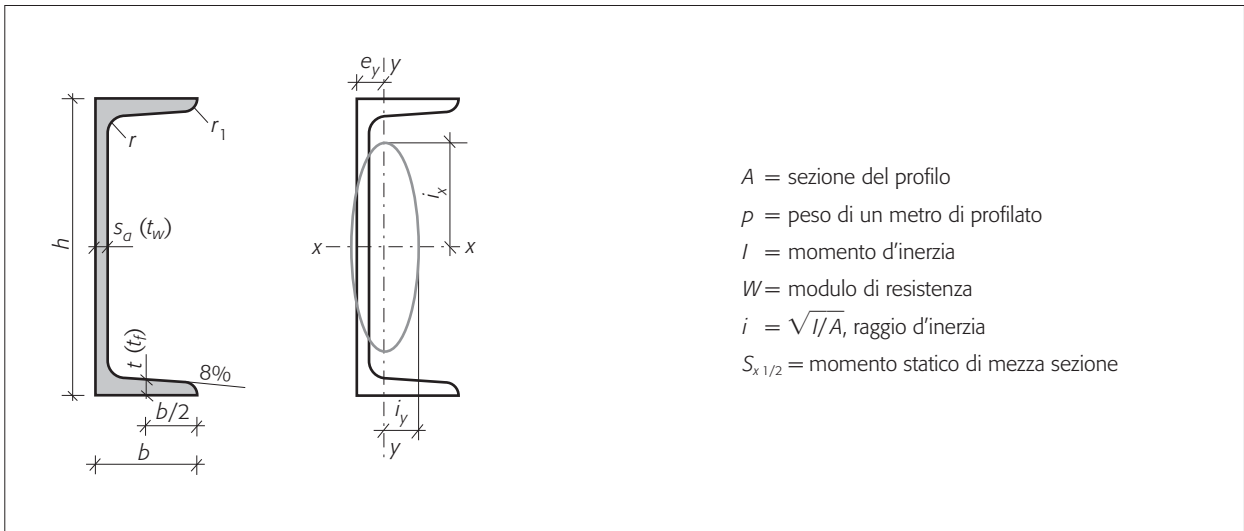
* A, serie leggera; B, serie normale; M, serie rinforzata. ►

Acc2 Profilati HE (seguito)

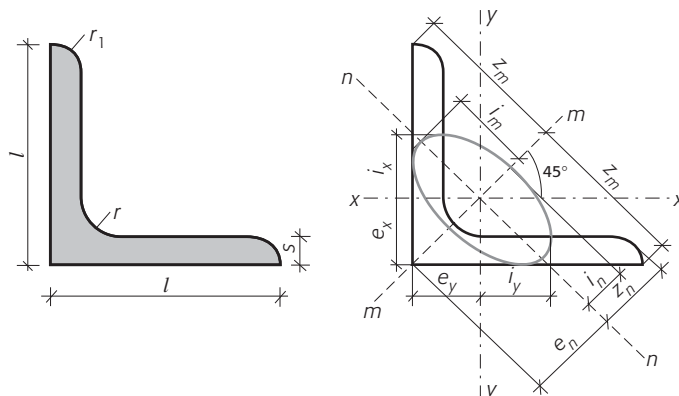


Designazione del profilo*	Dimensioni					Valori statici relativi agli assi xx-yy								
	h (mm)	b (mm)	s _a (mm)	e (mm)	r (mm)	A (cm ²)	p (kg/m)	I _x (cm ⁴)	W _x (cm ³)	i _x (cm)	I _y (cm ⁴)	W _y (cm ³)	i _y (cm)	S _{x1/2} (cm ³)
HE 300 A	290	300	8,5	14	27	112	88,3	18263	1260	12,7	6310	421	7,49	692
B	300	300	11	19	27	149	117	25166	1680	13,0	8563	571	7,58	934
M	340	310	21	39	27	303	238	59201	3480	14,0	19403	1250	8,00	2039
HE 320 A	310	300	9	15,5	27	124	97,6	22928	1480	13,6	6985	466	7,49	814
B	320	300	11,5	20,5	27	161	127	30823	1930	13,8	9239	616	7,57	1075
M	359	309	21	40	27	312	245	68135	3800	14,8	19709	1280	7,95	2217
HE 340 A	330	300	9,5	16,5	27	133	105	27693	1680	14,4	7436	496	7,46	925
B	340	300	12	21,5	27	171	134	36656	2160	14,6	9690	646	7,53	1204
M	377	309	21	40	27	316	248	76372	4050	15,6	19711	1280	7,90	2359
HE 360 A	350	300	10	17,5	27	143	112	33090	1890	15,2	7887	526	7,43	1050
B	340	300	12,5	22,5	27	181	142	43193	2400	15,5	10141	676	7,49	1341
M	395	308	21	40	27	319	250	84867	4300	16,3	19522	1270	7,83	2495
HE 400 A	390	300	11	19	27	159	125	45069	2310	16,8	8564	571	7,34	1281
B	400	300	13,5	24	27	198	155	57680	2880	17,1	10819	721	7,40	1616
M	432	307	21	40	27	326	256	104119	4820	17,9	19335	1260	7,70	2785
HE 450 A	440	300	11,5	21	27	178	140	63722	2900	18,9	9465	631	7,29	1608
B	450	300	14	26	27	218	171	79887	3550	19,1	11721	781	7,33	1991
M	478	307	21	40	27	335	263	131484	5500	19,8	19339	1260	7,59	3165
HE 500 A	490	300	12	23	27	197	155	86975	3550	21,0	10367	691	7,24	1974
B	500	300	14,5	28	27	239	187	107176	4290	21,2	12624	842	7,27	2407
M	524	306	21	40	27	344	270	161929	6180	21,7	19155	1250	7,46	3547
HE 550 A	540	300	12,5	24	27	212	166	111932	4150	23,0	10819	721	7,15	2311
B	550	300	15	29	27	254	199	136691	4970	23,2	13077	872	7,17	2795
M	572	306	21	40	27	354	278	197984	6920	23,6	19158	1250	7,35	3966
HE 600 A	590	300	13	25	27	226	178	141203	4790	25,0	11271	751	7,05	2675
B	600	300	15,5	30	27	270	212	171041	5700	25,2	13530	902	7,08	3213
M	620	305	21	40	27	364	285	237447	7660	25,6	18975	1240	7,22	4386

* A, serie leggera; B, serie normale; M, serie rinforzata.

Acc3 Profilati UPN serie normale

Designazione del profilo	Dimensioni					Valori statici relativi agli assi $xx-yy$										
	h (mm)	b (mm)	s_a (mm)	$t=r$ (mm)	r_1 (mm)	A (cm ²)	ρ (kg/m)	e_y (cm)	I_x (cm ⁴)	W_x (cm ³)	i_x (cm)	I_y (cm ⁴)	W_y (cm ³)	i_y (cm)	$S_{x1/2}$ (cm ³)	
30	30	33	5	7	3,5	5,44	4,27	1,31	6,39	4,26	1,08	5,10	2,60	0,968		
40	40	35	5	7	3,5	6,21	4,88	1,33	14,1	7,07	1,51	6,68	3,08	1,04		
50	50	38	5	7	3,5	7,12	5,59	1,37	26,5	10,6	1,93	9,10	3,74	1,13		
65	65	42	5,5	7,5	4	9,03	7,09	1,42	57,5	17,7	2,52	14,0	5,05	1,25		
80	80	45	6	8	4	11,0	8,65	1,45	106	26,5	3,10	19,4	6,35	1,33	15,9	
100	100	50	6	8,5	4,5	13,5	10,6	1,55	205	41,1	3,91	29,1	8,45	1,47	24,5	
120	120	55	7	9	4,5	17,0	13,3	1,61	364	60,7	4,63	43,1	11,1	1,59	36,3	
140	140	60	7	10	5	20,4	16,0	1,76	605	86,4	5,45	62,5	14,7	1,75	51,4	
160	160	65	7,5	10,5	5,5	24,0	18,9	1,84	925	116	6,21	85,1	18,2	1,88	68,8	
180	180	70	8	11	5,5	28,0	22,0	1,93	1354	150	6,96	114	22,4	2,01	89,6	
200	200	75	8,5	11,5	5	32,2	25,3	2,01	1911	191	7,71	148	26,9	2,14	114	
220	220	80	9	12,5	6,5	37,4	29,4	2,14	2691	245	8,48	196	33,5	2,29	146	
240	240	85	9,5	13	6,5	42,3	33,2	2,24	3599	300	9,22	247	39,5	2,42	179	

Acc4 Angolari a lati uguali con spigoli tondi

Designazione del profilo	Dimensioni				Posizione del baricentro					
	l (mm)	s (mm)	r (mm)	r_1 (mm)	A (cm ²)	p (kg/m)	$e_x = e_y$ (cm)	e_n (cm)	z_m (cm)	z_n (cm)
15 × 3	15	3	3,5	2	0,819	0,640	0,472	0,668	1,06	0,522
20 × 3	20	3	3,5	2	1,12	0,880	0,596	0,843	1,41	0,700
20 × 4	20	4	3,5	2	1,45	1,14	0,635	0,899	1,41	0,716
25 × 3	25	3	3,5	2	1,42	1,12	0,721	1,02	1,77	0,877
25 × 5	25	5	3,5	2	2,26	1,77	0,798	1,13	1,77	0,910
30 × 3	30	3	5	2,5	1,74	1,36	0,835	1,18	2,12	1,05
30 × 4	30	4	5	2,5	2,27	1,78	0,878	1,24	2,12	1,06
30 × 5	30	5	5	2,5	2,78	2,18	0,918	1,30	2,12	1,07
30 × 6	30	6	5	2,5	3,27	2,56	0,956	1,35	2,12	1,09
35 × 3	35	3	5	2,5	2,04	1,60	0,960	1,36	2,47	1,23
35 × 4	35	4	5	2,5	2,67	2,10	1,00	1,41	2,47	1,24
35 × 5	35	5	5	2,5	3,28	2,57	1,04	1,47	2,47	1,25
35 × 6	35	6	5	2,5	3,87	3,04	1,08	1,53	2,47	1,27
*40 × 3	40	3	6	3	2,35	1,84	1,07	1,52	2,83	1,40
40 × 4	40	4	6	3	3,08	2,42	1,12	1,58	2,83	1,40
40 × 5	40	5	6	3	3,79	2,97	1,16	1,64	2,83	1,41
40 × 6	40	6	6	3	4,48	3,52	1,20	1,70	2,83	1,43
*45 × 3	45	3	7	3,5	2,66	2,09	1,18	1,67	3,18	1,56
45 × 4	45	4	7	3,5	3,49	2,74	1,23	1,75	3,18	1,57
45 × 5	45	5	7	3,5	4,30	3,38	1,28	1,81	3,18	1,58
45 × 6	45	6	7	3,5	5,09	4,00	1,32	1,87	3,18	1,59
45 × 7	45	7	7	3,5	5,86	4,60	1,36	1,92	3,18	1,61
*50 × 3	50	3	7	3,5	2,96	2,33	1,31	1,85	3,54	1,75
50 × 4	50	4	7	3,5	3,89	3,06	1,36	1,92	3,54	1,75
50 × 5	50	5	7	3,5	4,80	3,77	1,40	1,99	3,54	1,76
50 × 6	50	6	7	3,5	5,69	4,47	1,45	2,04	3,54	1,77
50 × 7	50	7	7	3,5	6,56	5,15	1,49	2,10	3,54	1,77
50 × 9	50	9	7	3,5	8,24	6,47	1,56	2,21	3,54	1,82
*55 × 4	55	4	8	4	4,26	3,35	1,52	2,09	3,89	1,92
*55 × 5	55	5	8	4	5,32	4,18	1,52	2,15	3,89	1,93
55 × 6	55	6	8	4	6,31	4,95	1,56	2,21	3,89	1,94
55 × 8	55	8	8	4	8,23	6,46	1,64	2,32	3,89	1,96

* Serie alleggerita non unificata.

A = sezione del profilo

ρ = peso di un metro di profilato

I = momento d'inerzia

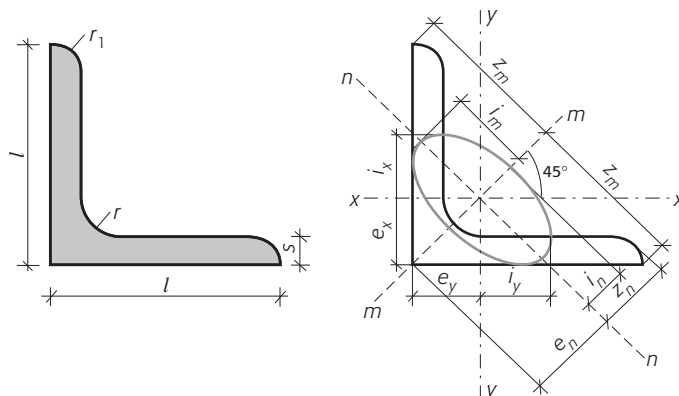
W = modulo di resistenza

$i = \sqrt{I/A}$, raggio d'inerzia

Valori statici relativi agli assi

$xx-yy$			mm			nn		
$I_x = I_y$ (cm ⁴)	$W_x = W_y$ (cm ³)	$i_x = i_y$ (cm)	I_m (cm ⁴)	W_m (cm ³)	i_m (cm)	I_n (cm ⁴)	W_n (cm ³)	i_n (cm)
0,150	0,150	0,430	0,240	0,220	0,540	0,060	0,100	0,280
0,390	0,280	0,590	0,610	0,430	0,740	0,160	0,190	0,380
0,490	0,360	0,580	0,760	0,540	0,730	0,210	0,230	0,380
0,800	0,450	0,750	1,26	0,710	0,940	0,330	0,320	0,480
1,20	0,710	0,730	1,89	1,07	0,910	0,520	0,460	0,480
1,40	0,650	0,900	2,22	1,05	1,13	0,580	0,500	0,580
1,80	0,850	0,890	2,85	1,34	1,12	0,750	0,610	0,580
2,16	1,04	0,880	3,41	1,61	1,11	0,920	0,710	0,570
2,49	1,22	0,870	3,91	1,84	1,09	1,08	0,800	0,570
2,39	0,900	1,06	3,63	1,46	1,34	0,950	0,700	0,680
2,95	1,18	1,05	4,68	1,89	1,32	1,23	0,860	0,680
3,56	1,45	1,04	5,64	2,28	1,31	1,49	1,01	0,670
4,13	1,71	1,03	6,50	2,63	1,30	1,75	1,15	0,670
3,45	1,18	1,21	5,45	1,92	1,52	1,44	0,950	0,780
4,47	1,55	1,21	7,09	2,51	1,52	1,86	1,17	0,780
5,53	1,91	1,20	8,59	3,04	1,51	2,26	1,38	0,770
6,31	2,26	1,19	9,98	3,53	1,49	2,65	1,56	0,770
4,93	1,49	1,36	7,78	2,45	1,71	2,07	1,23	0,889
6,43	1,97	1,36	10,2	3,21	1,71	2,68	1,53	0,880
7,84	2,43	1,35	12,4	3,90	1,70	3,26	1,80	0,870
9,16	2,88	1,34	14,5	4,56	1,69	3,83	2,05	0,870
10,4	3,31	1,33	16,4	5,16	1,67	4,38	2,28	0,860
6,86	1,86	1,52	10,8	3,07	1,91	2,88	1,55	0,990
8,97	2,46	1,52	14,2	4,03	1,91	3,72	1,94	0,980
11,0	3,05	1,51	17,4	4,92	1,90	4,55	2,29	0,970
12,8	3,61	1,50	20,4	5,76	1,89	5,34	2,61	0,970
14,6	4,16	1,49	23,1	6,54	1,88	6,11	2,91	0,960
17,9	4,20	1,47	28,1	7,95	1,85	7,63	3,46	0,960
12,0	2,99	1,67	18,8	4,83	2,10	4,97	2,38	1,08
14,9	3,74	1,67	23,5	6,23	2,10	6,13	2,86	1,08
17,3	4,39	1,66	27,4	7,04	2,08	7,18	3,25	1,07
22,0	5,72	1,64	34,8	8,96	2,06	9,24	3,98	1,06



Acc4 Angolari a lati uguali con spigoli tondi (seguito)

Designazione del profilo	Dimensioni				Posizione del baricentro					
	l (mm)	s (mm)	r (mm)	r_1 (mm)	A (cm ²)	p (kg/m)	$e_x = e_y$ (cm)	e_n (cm)	z_m (cm)	z_n (cm)
*60 × 4	60	4	8	4	4,71	3,70	1,60	2,26	4,24	2,10
60 × 5	60	5	8	4	5,82	4,57	1,65	2,34	4,24	2,11
60 × 6	60	6	8	4	6,91	5,42	1,69	2,39	4,24	2,11
60 × 8	60	8	8	4	9,03	7,09	1,77	2,50	4,24	2,14
60 × 10	60	10	8	4	11,1	8,69	1,85	2,61	4,24	2,17
*65 × 6	65	6	9	4,5	7,53	5,91	1,81	2,55	4,59	2,28
65 × 7	65	7	9	4,5	8,70	6,83	1,85	2,61	4,59	2,29
65 × 9	65	9	9	4,5	11,0	8,62	1,93	2,73	4,59	2,32
*70 × 5	70	5	9	4,5	6,84	5,37	1,88	2,66	4,95	2,46
70 × 6	70	6	9	4,5	8,13	6,38	1,93	2,74	4,95	2,46
70 × 7	70	7	9	4,5	9,40	7,38	1,97	2,79	4,95	2,47
70 × 9	70	9	9	4,5	11,9	9,34	2,05	2,90	4,95	2,50
70 × 11	70	11	9	4,5	14,3	11,2	2,13	3,01	4,95	2,53
*75 × 5	75	5	10	5	7,36	5,78	1,99	2,81	5,30	2,62
75 × 6	75	6	10	5	8,75	6,87	2,00	2,83	5,30	2,63
75 × 7	75	7	10	5	10,1	7,94	2,05	2,95	5,30	2,64
75 × 8	75	8	10	5	11,5	9,03	2,13	3,01	5,30	2,65
75 × 10	75	10	10	5	14,1	11,1	2,21	3,13	5,30	2,68
75 × 12	75	12	10	5	16,7	13,1	2,29	3,24	5,30	2,71
*80 × 6	80	6	10	5	9,35	7,34	2,17	3,07	5,66	2,81
*80 × 7	80	7	10	5	10,8	8,49	2,22	3,14	5,66	2,82
80 × 8	80	8	10	5	12,3	9,66	2,26	3,19	5,66	2,83
80 × 10	80	10	10	5	15,1	11,9	2,34	3,30	5,66	2,85
80 × 12	80	12	10	5	17,9	14,1	2,41	3,41	5,66	2,89
*90 × 6	90	6	11	5,5	10,6	8,00	2,41	3,40	6,36	3,15
*90 × 7	90	7	11	5,5	12,2	9,61	2,46	3,48	6,36	3,16
90 × 8	90	8	11	5,5	13,9	10,9	2,50	3,53	6,36	3,17
90 × 9	90	9	11	5,5	15,5	12,2	2,54	3,59	6,36	3,18
90 × 11	90	11	11	5,5	18,7	14,7	2,62	3,70	6,36	3,21
90 × 13	90	13	11	5,5	21,8	17,1	2,70	3,81	6,36	3,24
90 × 15	90	15	11	5,5	24,9	19,5	2,77	3,92	6,36	3,28

* Serie alleggerita non unificata.

A = sezione del profilo

ρ = peso di un metro di profilato

I = momento d'inerzia

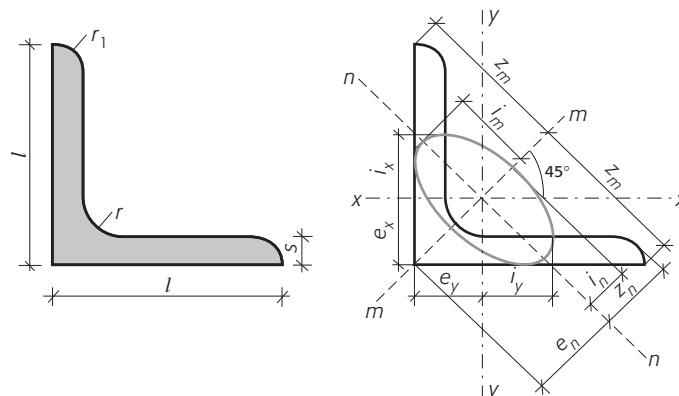
W = modulo di resistenza

$i = \sqrt{I/A}$, raggio d'inerzia

Valori statici relativi agli assi

$xx-yy$			mm			nn		
$I_x = I_y$ (cm ⁴)	$W_x = W_y$ (cm ³)	$i_x = i_y$ (cm)	I_m (cm ⁴)	W_m (cm ³)	i_m (cm)	I_n (cm ⁴)	W_n (cm ³)	i_n (cm)
15,8	3,58	1,83	25,0	5,90	2,30	6,57	2,91	1,18
19,5	4,48	1,83	30,7	7,35	2,32	8,09	3,46	1,18
22,8	5,29	1,82	36,2	8,52	2,29	9,46	3,96	1,17
29,2	6,89	1,80	46,1	10,9	2,26	12,2	4,86	1,16
34,9	8,41	1,78	55,1	13,0	2,23	14,8	5,67	1,16
29,1	6,14	1,97	40,8	10,2	2,50	12,2	4,78	1,28
33,4	7,18	1,96	53,0	11,5	2,47	13,9	5,31	1,26
41,4	9,05	1,94	65,4	14,2	2,44	17,3	6,35	1,26
31,2	6,10	2,14	49,5	10,0	2,69	13,0	4,87	1,38
37,1	7,32	2,14	59,1	12,0	2,68	15,3	5,58	1,37
42,3	8,42	2,12	67,1	13,6	2,67	17,5	6,28	1,36
52,5	10,6	2,10	83,1	16,8	2,64	21,8	7,52	1,36
61,8	12,7	2,08	97,6	19,7	2,61	26,1	8,65	1,35
38,6	7,01	2,30	61,9	11,7	2,90	16,1	5,73	1,48
46,2	8,41	2,30	73,6	13,9	2,90	19,2	6,77	1,48
52,7	9,67	2,28	83,4	15,7	2,88	21,7	7,35	1,47
58,9	11,0	2,26	93,3	17,6	2,85	24,4	8,10	1,46
71,2	13,5	2,25	113	21,2	2,83	29,7	9,49	1,45
82,6	15,8	2,23	130	24,6	2,80	34,9	10,8	1,45
55,8	9,57	2,44	88,5	15,6	3,08	23,1	7,54	1,58
64,5	11,2	2,44	103	18,2	3,10	26,6	8,48	1,57
72,2	12,6	2,42	115	20,3	3,06	29,9	9,37	1,56
87,5	15,5	2,41	139	24,5	3,03	36,4	11,0	1,55
102	18,2	2,39	161	28,4	3,00	42,7	12,5	1,55
80,3	12,2	2,76	127	20,0	3,47	33,8	9,79	1,77
92,4	14,1	2,75	146	22,9	3,46	38,2	11,0	1,77
104	16,1	2,74	166	26,0	3,45	43,1	12,2	1,76
116	17,9	2,73	184	28,9	3,44	47,9	13,3	1,76
138	21,6	2,71	218	34,3	3,41	57,2	15,4	1,75
158	25,1	2,69	250	39,3	3,38	66,2	17,4	1,74
177	28,5	2,67	279	43,9	3,35	75,1	19,2	1,74



Acc4 Angolari a lati uguali con spigoli tondi (seguito)

Designazione del profilo	Dimensioni				Posizione del baricentro						
	l (mm)	s (mm)	r (mm)	r_1 (mm)	A (cm ²)	p (kg/m)	$e_x = e_y$ (cm)	e_n (cm)	z_m (cm)	z_n (cm)	
*100 × 6	100	6	12	6	11,8	9,29	2,66	3,76	7,07	3,49	
*100 × 7	100	7	12	6	13,7	10,8	2,69	3,81	7,07	3,51	
100 × 8	100	8	12	6	15,5	12,2	2,74	3,87	7,07	3,52	
*100 × 9	100	9	12	6	17,3	13,6	2,78	3,93	7,07	3,53	
100 × 10	100	10	12	6	19,2	15,1	2,82	3,99	7,07	3,54	
100 × 12	100	12	12	6	22,7	17,8	2,90	4,11	7,07	3,57	
100 × 14	100	14	12	6	26,2	20,6	2,98	4,22	7,07	3,60	
100 × 16	100	16	12	6	29,6	23,2	3,06	4,32	7,07	3,68	
<hr/>											
*110 × 6	110	6	12	6	13,0	10,2	2,91	4,14	7,78	3,85	
*110 × 7	110	7	12	6	15,1	11,9	2,95	4,16	7,78	3,86	
*110 × 8	110	8	12	6	17,1	13,4	2,99	4,22	7,78	3,87	
*110 × 9	110	9	12	6	19,1	15,0	3,03	4,28	7,78	3,88	
110 × 10	110	10	12	6	21,2	16,6	3,07	4,34	7,78	3,89	
110 × 12	110	12	12	6	25,1	19,7	3,15	4,46	7,78	3,92	
110 × 14	110	14	12	6	29,0	22,8	3,23	4,57	7,78	3,95	
<hr/>											
*120 × 8	120	8	13	6,5	18,7	14,7	3,23	4,56	8,49	4,22	
*120 × 9	120	9	13	6,5	21,0	16,5	3,28	4,64	8,49	4,23	
120 × 10	120	10	13	6,5	23,2	18,2	3,31	4,69	8,49	4,24	
120 × 11	120	11	13	6,5	25,4	19,9	3,36	4,75	8,49	4,25	
120 × 13	120	13	13	6,5	29,7	23,3	3,44	4,86	8,49	4,28	
120 × 15	120	15	13	6,5	33,9	26,6	3,51	4,97	8,49	4,31	
120 × 18	120	18	13	6,5	40,1	31,5	3,63	5,13	8,49	4,36	
<hr/>											
130 × 12	130	12	14	7	30,0	23,6	3,64	5,15	9,19	4,60	
130 × 14	130	14	14	7	34,7	27,2	3,72	5,26	9,19	4,63	
130 × 16	130	16	14	7	39,3	30,9	3,80	5,37	9,19	4,66	
<hr/>											
140 × 13	140	13	15	7,5	35,0	27,5	3,92	5,55	9,90	4,96	
140 × 15	140	15	15	7,5	40,0	31,4	4,00	5,66	9,90	4,99	
140 × 17	140	17	15	7,5	45,0	35,3	4,08	5,77	9,90	5,02	
<hr/>											
150 × 14	150	14	16	8	40,3	31,6	4,21	5,95	10,6	5,32	
150 × 16	150	16	16	8	45,7	35,9	4,29	6,06	10,6	5,34	
150 × 18	150	18	16	8	51,0	40,1	4,37	6,17	10,6	5,37	

* Serie alleggerita non unificata.

A = sezione del profilo

ρ = peso di un metro di profilato

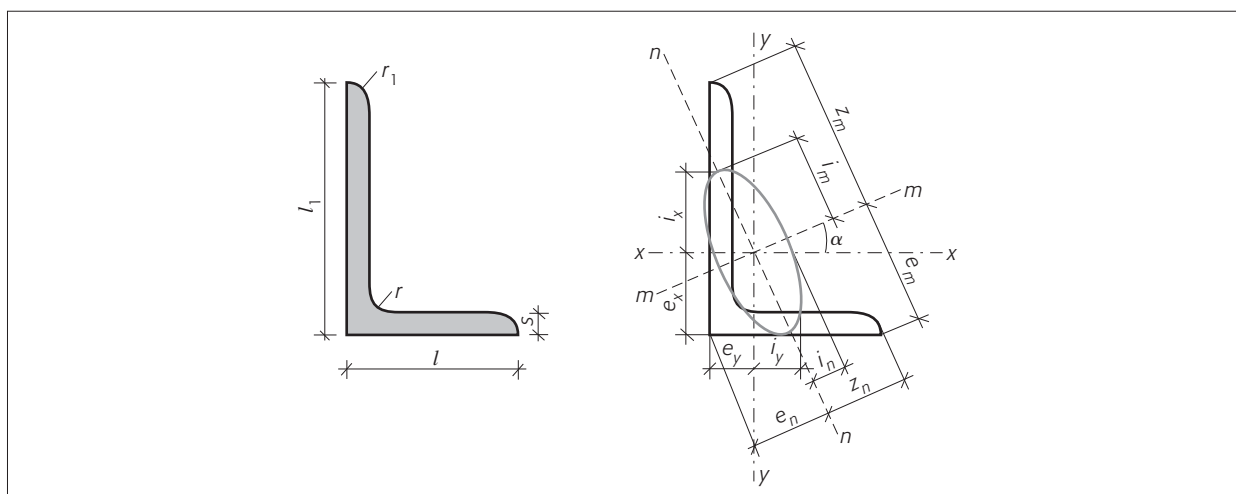
I = momento d'inerzia

W = modulo di resistenza

$i = \sqrt{I/A}$, raggio d'inerzia

Valori statici relativi agli assi

$xx-yy$			mm			nn		
$I_x = I_y$ (cm ⁴)	$W_x = W_y$ (cm ³)	$i_x = i_y$ (cm)	I_m (cm ⁴)	W_m (cm ³)	i_m (cm)	I_n (cm ⁴)	W_n (cm ³)	i_n (cm)
112	15,3	3,08	179	25,3	3,88	45,9	12,2	1,96
128	17,5	3,06	203	28,7	3,86	53,1	14,0	1,97
145	19,9	3,06	230	32,5	3,85	59,9	15,5	1,96
162	22,5	3,05	256	36,2	3,85	66,6	17,0	1,96
177	24,6	3,04	280	39,6	3,83	73,0	18,3	1,95
207	29,1	3,02	328	46,3	3,80	85,7	20,9	1,94
235	33,5	3,00	372	52,6	3,77	98,2	23,3	1,94
262	37,7	2,97	413	58,4	3,74	110	25,6	1,93
151	18,7	3,40	230	29,6	4,20	72,1	17,6	2,35
176	21,5	3,42	284	36,4	4,28	70,9	17,4	2,18
197	24,6	3,40	314	40,4	4,28	81,3	19,2	2,18
219	27,4	3,38	347	44,6	4,26	90,0	21,0	2,17
239	30,1	3,36	379	48,7	4,23	98,3	22,6	2,16
280	35,7	3,34	444	57,1	4,20	116	25,9	2,15
319	41,0	3,32	505	64,9	4,17	132	29,0	2,14
255	29,1	3,69	405	47,8	4,65	105	23,1	2,37
287	32,9	3,68	461	54,4	4,64	118	25,5	2,37
313	36,0	3,67	497	58,6	4,63	129	27,5	2,36
341	39,4	3,66	541	63,7	4,62	140	29,6	2,35
394	46,0	3,64	625	73,7	4,59	163	33,5	2,34
445	52,4	3,62	705	83,1	4,56	185	37,1	2,33
517	61,7	3,59	817	96,2	4,51	217	42,3	2,33
472	50,4	3,97	750	81,6	5,00	195	37,8	2,55
540	58,2	3,95	857	93,2	4,97	223	42,4	2,54
605	65,7	3,93	959	104	4,94	251	46,7	2,53
639	63,4	4,27	1014	102	5,39	263	47,4	2,74
723	72,4	4,25	1148	116	5,36	299	52,7	2,73
805	81,1	4,23	1276	129	5,33	334	57,8	2,72
845	78,3	4,58	1343	127	5,77	348	58,5	2,94
950	88,7	4,56	1507	142	5,74	392	64,7	2,93
1050	98,7	4,54	1665	157	5,71	435	70,5	2,92

Acc5 Angolari a lati disuguali con spigoli tondi


Designazione del profilo	Dimensioni					Posizione del baricentro								tg α
	l (mm)	l_1 (mm)	s (mm)	r (mm)	r_1 (mm)	A (cm ²)	p (kg/m)	e_x (cm)	e_y (cm)	e_n (cm)	z_n (cm)	e_m (cm)	z_m (cm)	
20 × 30 × 4	20	30	4	3,5	2	1,85	1,45	1,03	0,541	0,901	1,04	1,52	2,02	0,423
20 × 30 × 5	20	30	5	3,5	2	2,27	1,78	1,07	0,579	0,944	1,03	1,53	2,00	0,412
20 × 35 × 4	20	35	4	3,5	2	2,06	1,62	1,25	0,508	0,862	1,11	1,64	2,30	0,318
20 × 35 × 5	20	35	5	3,5	2	2,52	1,98	1,29	0,546	0,902	1,11	1,66	2,27	0,309
20 × 40 × 4	20	40	4	3,5	2	2,25	1,77	1,47	0,481	0,825	1,17	1,80	2,57	0,252
20 × 40 × 5	20	40	5	3,5	2	2,77	2,17	1,51	0,519	0,863	1,16	1,82	2,54	0,245
25 × 40 × 4	25	40	4	3,5	2	2,46	1,93	1,37	0,623	1,07	1,35	1,94	2,68	0,382
25 × 40 × 5	25	40	5	3,5	2	3,02	2,37	1,40	0,661	1,11	1,35	1,96	2,66	0,375
30 × 45 × 4	30	45	4	4,5	2	2,87	2,25	1,48	0,740	1,27	1,58	2,26	3,07	0,436
30 × 45 × 5	30	45	5	4,5	2	3,53	2,77	1,52	0,779	1,32	1,58	2,27	3,05	0,430
30 × 45 × 6	30	45	6	4,5	2	4,17	3,27	1,56	0,817	1,36	1,57	2,29	3,03	0,423
30 × 50 × 5	30	50	5	4,5	2	3,78	2,96	1,73	0,744	1,28	1,66	2,38	3,33	0,353
30 × 50 × 6	30	50	6	4,5	2	4,47	3,51	1,77	0,782	1,32	1,66	2,40	3,31	0,348
30 × 60 × 5	30	60	5	6	3	4,29	3,37	2,15	0,681	1,20	1,77	2,66	3,90	0,256
30 × 60 × 6	30	60	6	6	3	5,08	3,99	2,20	0,721	1,24	1,76	2,69	3,86	0,252
30 × 60 × 7	30	60	7	6	3	5,85	4,59	2,24	0,760	1,27	1,74	2,71	3,83	0,248
40 × 60 × 5	40	60	5	6	3	4,79	3,76	1,96	0,972	1,67	2,10	3,00	4,09	0,437
40 × 60 × 6	40	60	6	6	3	5,68	4,46	2,00	1,01	1,72	2,09	3,02	4,07	0,433
40 × 60 × 7	40	60	7	6	3	6,55	5,14	2,04	1,05	1,76	2,09	3,03	4,05	0,429
40 × 80 × 6	40	80	6	7	3,5	6,89	5,41	2,85	0,884	1,57	2,37	3,54	5,20	0,255
40 × 80 × 8	40	80	8	7	3,5	9,01	7,07	2,94	0,963	1,66	2,34	3,58	5,14	0,253
50 × 75 × 6	50	75	6	7	3,5	7,18	5,63	2,44	1,21	2,08	2,64	3,75	5,12	0,437
50 × 75 × 7	50	75	7	7	3,5	8,30	6,51	2,48	1,25	2,13	2,63	3,77	5,10	0,435
50 × 75 × 9	50	75	9	7	3,5	10,5	8,23	2,57	1,33	2,23	2,62	3,80	5,06	0,431
50 × 100 × 8	50	100	8	9	4,5	11,5	8,99	3,59	1,12	1,98	2,96	4,43	6,49	0,258
50 × 100 × 10	50	100	10	9	4,5	14,1	11,1	3,67	1,20	2,07	2,93	4,49	6,43	0,252

A = sezione del profilo

ρ = peso di un metro di profilato

I = momento d'inerzia

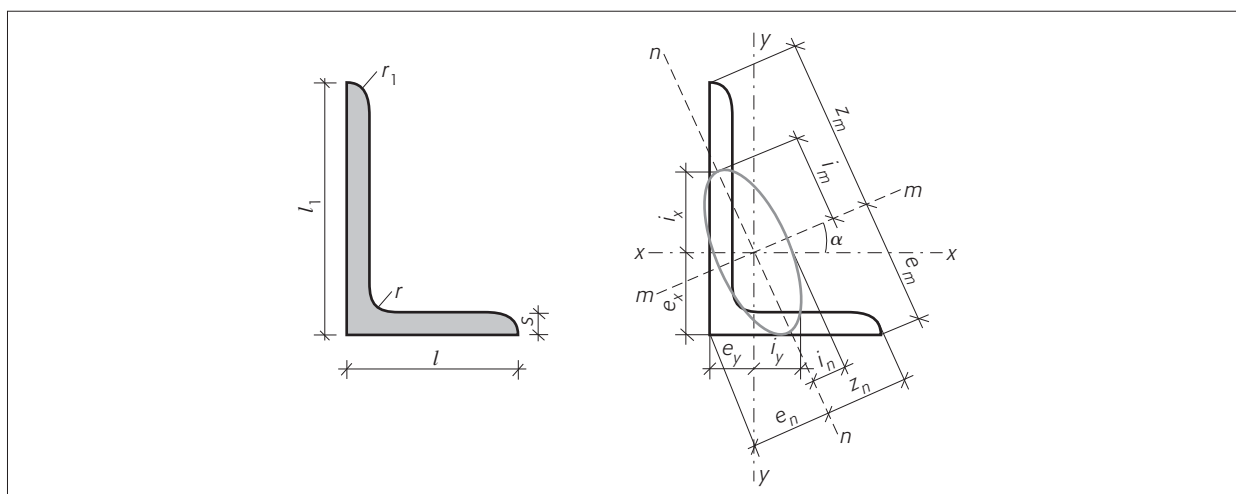
W = modulo di resistenza

$i = \sqrt{I/A}$, raggio d'inerzia

Valori statici relativi agli assi

<i>xx</i>			<i>yy</i>			<i>mm</i>			<i>nn</i>		
I_x (cm ⁴)	W_x (cm ³)	i_x (cm)	I_y (cm ⁴)	W_y (cm ³)	i_y (cm)	I_m (cm ⁴)	W_m (cm ³)	i_m (cm)	I_n (cm ⁴)	W_n (cm ³)	i_n (cm)
1,59	0,807	0,926	0,553	0,379	0,547	1,81	0,896	0,989	0,329	0,318	0,422
1,90	0,984	0,916	0,656	0,461	0,539	2,15	1,07	0,975	0,402	0,388	0,422
2,46	1,09	1,10	0,576	0,386	0,530	2,67	1,16	1,14	0,365	0,327	0,422
2,95	1,33	1,08	0,685	0,471	0,523	3,19	1,40	1,13	0,445	0,403	0,421
3,59	1,42	1,26	0,596	0,392	0,515	3,79	1,47	1,30	0,393	0,336	0,418
4,32	1,73	1,25	0,710	0,480	0,507	4,54	1,79	1,28	0,480	0,415	0,417
3,88	1,47	1,26	1,17	0,622	0,690	4,35	1,62	1,33	0,704	0,521	0,536
4,68	1,80	1,25	1,39	0,756	0,680	5,22	1,96	1,32	0,852	0,633	0,532
5,78	1,91	1,42	2,05	0,908	0,846	6,64	2,16	1,52	1,19	0,754	0,645
6,99	2,35	1,41	2,47	1,11	0,836	8,01	2,63	1,51	1,45	0,918	0,641
8,12	2,76	1,40	2,85	1,30	0,827	9,27	3,06	1,49	1,70	1,08	0,638
9,41	2,88	1,58	2,54	1,12	0,820	10,4	3,12	1,66	1,56	0,937	0,642
11,0	3,39	1,57	2,93	1,32	0,792	12,1	3,65	1,64	1,82	1,10	0,639
15,6	4,04	1,90	2,60	1,12	0,779	16,5	4,22	1,96	1,70	0,957	0,629
18,2	4,78	1,89	3,02	1,32	0,771	19,2	4,98	1,95	1,99	1,13	0,626
20,7	5,50	1,88	3,41	1,52	0,763	21,8	5,69	1,93	2,29	1,31	0,625
17,2	4,25	1,89	6,11	2,02	1,13	19,7	4,82	2,03	3,54	1,69	0,860
20,1	5,03	1,88	7,12	2,38	1,12	23,1	5,68	2,02	4,16	1,98	0,855
23,0	5,79	1,87	8,07	2,74	1,11	26,3	6,48	2,00	4,75	2,27	0,852
44,9	8,73	2,55	7,59	2,44	1,05	47,7	9,18	2,63	4,80	2,03	0,838
57,6	11,4	2,53	9,61	3,16	1,03	60,9	11,8	2,60	6,34	2,70	0,836
40,5	8,01	2,37	14,4	3,81	1,42	46,6	9,10	2,55	8,36	3,17	1,08
46,4	9,24	2,36	16,5	4,39	1,41	53,3	10,4	2,53	9,57	3,64	1,07
57,4	11,6	2,34	20,2	5,50	1,39	65,7	13,0	2,51	11,9	4,55	1,07
116	18,1	3,18	19,5	5,03	1,31	123	18,9	3,28	12,7	4,28	1,05
141	22,2	3,16	23,4	6,17	1,29	149	23,1	3,25	15,4	5,27	1,05



Acc5 Angolari a lati disuguali con spigoli tondi (seguito)


Designazione del profilo	Dimensioni					Posizione del baricentro								tg α
	l (mm)	l_1 (mm)	s (mm)	r (mm)	r_1 (mm)	A (cm ²)	p (kg/m)	e_x (cm)	e_y (cm)	e_n (cm)	z_n (cm)	e_m (cm)	z_m (cm)	
60 × 80 × 7	60	80	7	7	3,5	9,36	7,35	2,52	1,53	2,55	2,94	4,36	5,54	0,547
60 × 80 × 8	60	80	8	7	3,5	10,6	8,32	2,56	1,57	2,60	2,93	4,37	5,53	0,545
60 × 80 × 10	60	80	10	7	3,5	13,1	10,3	2,63	1,64	2,70	2,93	4,39	5,50	0,540
60 × 120 × 8	60	120	8	10	5	13,9	10,9	4,24	1,29	2,31	3,59	5,29	7,83	0,260
60 × 120 × 10	60	120	10	10	5	17,1	13,4	4,33	1,37	2,40	3,55	5,35	7,77	0,257
65 × 100 × 7	65	100	7	10	5	11,2	8,77	3,23	1,51	2,64	3,48	4,90	6,84	0,419
65 × 100 × 9	65	100	9	10	5	14,2	11,1	3,32	1,59	2,74	3,46	4,94	6,79	0,415
65 × 100 × 11	65	100	11	10	5	17,1	13,4	3,40	1,67	2,83	3,45	4,97	6,74	0,410
65 × 130 × 8	65	130	8	11	5,5	15,1	11,9	4,56	1,37	2,47	3,90	5,71	8,51	0,263
65 × 130 × 10	65	130	10	11	5,5	18,6	14,6	4,65	1,45	2,57	3,86	5,76	8,45	0,259
65 × 130 × 12	65	130	12	11	5,5	22,1	17,3	4,74	1,53	2,65	3,83	5,82	8,39	0,255
75 × 110 × 8	75	110	8	10	5	14,3	11,2	3,51	1,79	3,09	3,91	5,56	7,55	0,455
75 × 110 × 10	75	110	10	10	5	17,6	13,8	3,60	1,87	3,19	3,90	5,60	7,51	0,452
80 × 120 × 8	80	120	8	11	5,5	15,5	12,2	3,83	1,87	3,25	4,23	5,98	8,24	0,441
80 × 120 × 10	80	120	10	11	5,5	19,1	15,0	3,92	1,95	3,35	4,21	6,02	8,19	0,438
80 × 120 × 12	80	120	12	11	5,5	22,7	17,8	4,00	2,03	3,45	4,20	6,05	8,15	0,433
80 × 120 × 14	80	120	14	11	5,5	26,2	20,5	4,08	2,10	3,54	4,19	6,07	8,11	0,429
*90 × 200 × 9	90	200	9	13	6,5	25,5	20,0	7,15	1,72	3,23	5,62	8,56	13,0	0,223
*90 × 200 × 10	90	200	10	13	6,5	28,2	22,1	7,20	1,76	3,27	5,60	8,59	12,9	0,222
*90 × 200 × 11	90	200	11	13	6,5	30,9	24,3	7,24	1,80	3,32	5,58	8,62	12,9	0,221
90 × 200 × 12	90	200	12	13	6,5	33,6	26,4	7,28	1,84	3,36	5,56	8,65	12,8	0,220
90 × 200 × 15	90	200	15	13	6,5	41,4	32,5	7,41	1,96	3,49	5,51	8,73	12,7	0,217
*100 × 150 × 10	100	150	10	13	6,5	24,2	19,0	4,81	2,39	4,08	5,28	7,49	10,3	0,442
100 × 150 × 12	100	150	12	13	6,5	28,7	22,6	4,89	2,42	4,17	5,27	7,52	10,2	0,439
100 × 150 × 14	100	150	14	13	6,5	33,2	26,1	4,97	2,50	4,27	5,26	7,55	10,2	0,435

A = sezione del profilo

ρ = peso di un metro di profilato

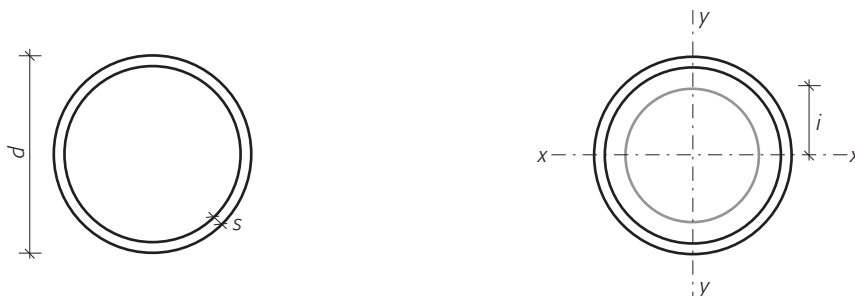
I = momento d'inerzia

W = modulo di resistenza

$i = \sqrt{I/A}$, raggio d'inerzia

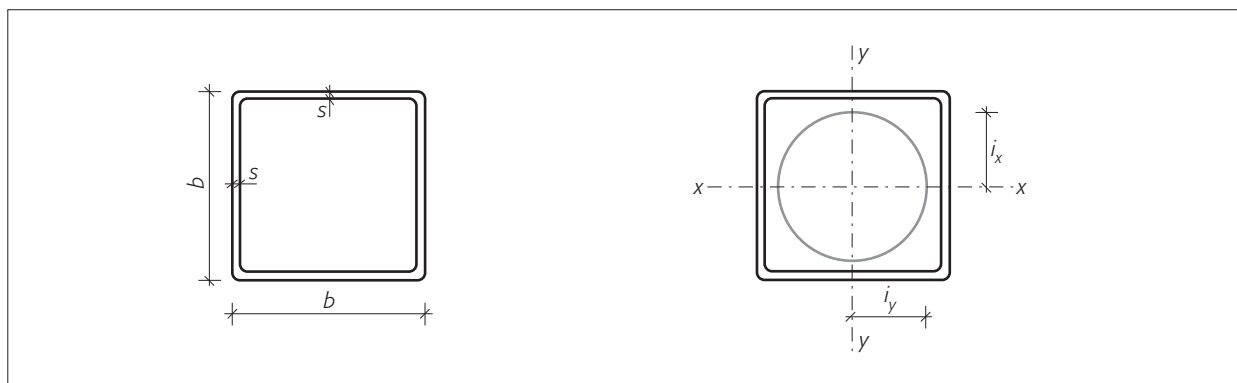
Valori statici relativi agli assi

xx			yy			mm			nn		
I_x (cm^4)	W_x (cm^3)	i_x (cm)	I_y (cm^4)	W_y (cm^3)	i_y (cm)	I_m (cm^4)	W_m (cm^3)	i_m (cm)	I_n (cm^4)	W_n (cm^3)	i_n (cm)
59,2	10,8	2,51	28,5	6,38	1,75	72,3	13,0	2,78	15,4	5,27	1,28
66,5	12,2	2,50	31,9	7,20	1,73	81,1	14,7	2,76	17,3	5,92	1,28
80,2	14,9	2,48	38,3	8,86	1,71	97,4	17,7	2,73	21,1	7,18	1,27
205	26,4	3,84	34,9	7,40	1,59	217	27,7	3,96	22,5	6,29	1,28
250	32,5	3,82	42,1	8,09	1,57	264	34,0	3,93	27,4	7,72	1,27
113	16,6	3,17	37,6	7,54	1,84	128	18,7	3,39	22,0	6,32	1,40
141	21,0	3,15	46,7	9,52	1,82	160	23,5	3,36	27,5	7,94	1,39
167	25,3	3,13	55,1	11,4	1,80	189	28,1	3,34	32,8	9,50	1,39
263	31,1	4,17	44,8	8,72	1,72	278	32,7	4,30	28,9	7,41	1,38
321	38,4	4,15	54,2	10,7	1,71	340	40,2	4,27	35,2	9,12	1,37
375	45,4	4,12	63,0	12,7	1,69	397	47,3	4,24	41,3	10,8	1,37
174	23,2	3,49	65,8	11,5	2,15	202	26,7	3,76	37,5	9,60	1,62
212	28,6	3,47	79,7	14,2	2,13	246	32,7	3,73	45,7	11,7	1,61
226	27,6	3,82	80,8	13,2	2,29	260	31,5	4,10	46,6	11,0	1,73
276	34,1	3,80	98,1	16,2	2,27	317	38,7	4,07	56,9	13,5	1,72
323	40,4	3,77	114	19,1	2,25	370	45,5	4,04	66,7	15,9	1,71
368	46,4	3,75	130	22,0	2,23	421	51,9	4,01	76,2	18,2	1,71
1085	83,4	6,48	146	19,7	2,39	1128	86,2	6,65	102	18,2	1,96
1187	92,1	6,47	159	21,7	2,38	1240	95,4	6,63	112	19,0	1,94
1290	101	6,45	173	23,0	2,37	1343	104	6,59	117	20,9	1,92
1391	109	6,44	182	25,5	2,33	1452	113	6,58	121	21,7	1,90
1696	135	6,40	220	31,2	2,30	1776	140	6,55	140	25,4	1,84
552	54,1	4,78	198	25,9	2,85	640	64,1	5,13	125	23,7	2,17
650	64,2	4,76	232	30,6	2,84	747	73,0	5,10	134	25,4	2,16
744	74,1	4,73	264	35,2	2,82	854	83,8	5,07	153	29,2	2,15

Acc6 Tubi senza saldatura a sezione circolare (produzione corrente)

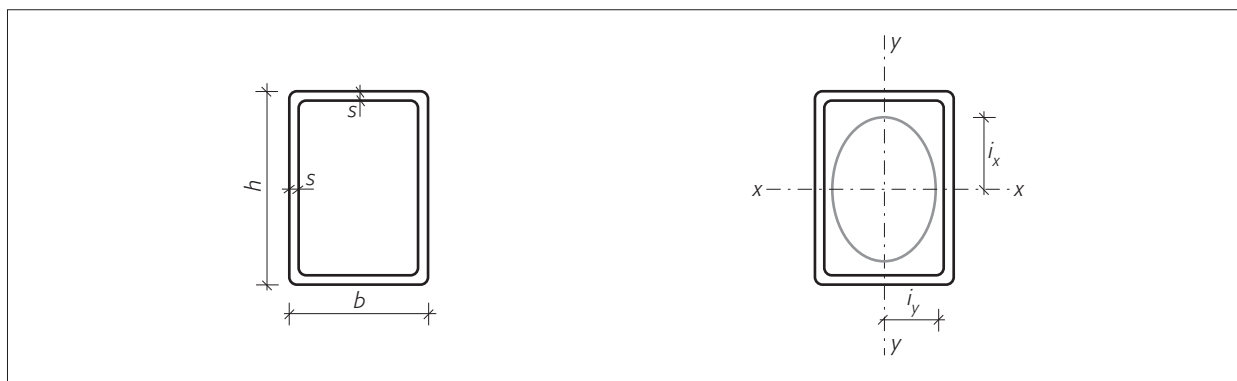
Diametro esterno d (mm)	Spessore s (mm)	Peso P (kg/m)	Sezione metallica A (cm ²)	Momento d'inerzia I (cm ⁴)	Modulo di resistenza W (cm ³)	Raggio d'inerzia i (cm)
17,2*	2	0,754	0,955	0,281	0,326	0,542
21,3*	2,3	1,09	1,37	0,629	0,590	0,677
26,9*	2,3	1,41	1,78	1,36	1,01	0,874
33,7*	2,9	2,22	2,81	3,36	1,99	1,09
38 *	2,9	2,53	3,20	4,95	2,61	1,25
42,4*	2,9	2,84	3,60	7,06	3,33	1,39
48,3*	2,9	3,27	4,14	10,7	4,43	1,61
54 *	2,9	3,68	4,66	15,2	5,65	1,81
60,3*	2,9	4,14	5,23	21,6	7,16	2,03
63,5*	2,9	4,36	5,52	25,4	8,00	2,14
70 *	2,9	4,83	6,11	34,5	9,85	2,37
76,1*	3,2	5,80	7,33	48,8	12,8	2,58
82,5*	3,2	6,31	7,97	62,8	15,2	2,81
88,9*	3,2	6,81	8,62	79,2	17,8	3,03
101,6*	3,6	8,76	11,1	133	26,2	3,47
108 *	3,6	9,33	11,8	161	29,8	3,69
114,3*	3,6	9,90	12,5	192	33,6	3,92
127	4	12,2	15,5	293	46,1	4,35
133	4	12,8	16,2	338	50,8	4,56
139,7	4	13,5	17,1	393	56,2	4,80
152,4	4	14,7	18,6	514	67,4	5,25
159	4	15,4	19,5	585	73,6	5,48
168,3	4	16,3	20,6	697	82,8	5,81
193,7	4,5	20,9	26,7	1198	124	6,69
219,1	5	26,4	33,6	1928	176	7,57
244,5	5,4	31,8	40,6	2900	237	8,46
273	5,6	36,8	47,0	4206	308	9,46
298,5	5,9	42,5	54,2	5806	389	10,3
323,9	5,9	46,2	58,9	7453	460	11,2
355,6	6,3	54,5	69,1	10547	593	12,4
468	6,3	56,4	71,6	11710	636	12,8
406,4	6,3	62,4	79,2	15849	780	14,1
419	7,1	72,3	91,9	19490	930	14,6
457,2	7,1	79,0	100	25430	1112	15,9

* $S < 4$ mm; valgono le norme CNR-UNI per profilati formati a freddo.

Acc7 Profilati cavi quadrati formati a caldo

Lato esterno b (mm)	Spessore parete s (mm)	Sezione (cm ²)	Peso (kg/m)	Valori statici relativi agli assi xx-yy		
				$I_x = I_y$ (cm ⁴)	$W_x = W_y$ (cm ³)	$i_x = i_y$ (cm)
40*	2,9	4,30	3,38	9,93	4,97	1,52
50*	2,9	5,46	4,29	20,30	8,11	1,93
60*	3,6	8,12	6,38	43,20	14,40	2,31
70	4,0	10,60	8,29	76,90	22,0	2,70
80	4,0	12,20	9,55	117,00	29,30	3,11
90	4,0	13,80	10,80	170,00	37,80	3,51
100	4,0	15,40	12,10	236,00	47,30	3,92
110	4,5	19,00	14,90	353,00	64,20	4,31
120	5,0	23,00	18,10	508,00	84,70	4,70
130	5,0	25,00	19,60	652,00	100,00	5,11
140	5,4	29,10	22,80	879,00	126,00	5,50
150	5,4	31,20	24,50	1090,00	145,00	5,91
160	7,1	43,40	34,10	1696,00	212,00	6,25

* $S < 4$ mm; valgono le norme CNR-UNI per profilati formati a freddo.

Acc8 Profilati cavi rettangolari formati a caldo

Lati esterni $h \times b$ (mm)	Spessore parete s (mm)	Sezione (cm ²)	Peso (kg/m)	Valori statici relativi agli assi xx - yy					
				I_x (cm ⁴)	I_y (cm ⁴)	W_x (cm ³)	W_y (cm ³)	i_x (cm)	i_y (cm)
60 × 42*	2,9	5,58	4,38	27,6	15,6	9,19	7,44	2,22	1,67
70 × 49*	3,6	8,05	6,32	53,8	30,4	15,40	12,40	2,58	1,94
80 × 56	4,0	10,20	8,04	89,6	50,7	22,40	18,10	2,96	2,23
90 × 63	4,0	11,60	9,11	130,0	73,8	28,90	23,40	3,35	2,52
100 × 70	4,5	14,50	11,40	200,0	114,0	40,10	32,50	3,72	2,80
120 × 84	4,5	17,60	13,80	355,0	202,0	59,10	48,20	4,50	3,40
140 × 98	5,0	22,80	17,90	630,0	360,0	90,00	73,40	5,26	3,97
160 × 112	5,4	28,20	22,10	1022,0	585,0	128,00	104,00	6,02	4,55
180 × 126	5,9	34,70	27,30	1595,0	913,0	177,00	145,00	6,78	5,13
200 × 140	7,1	46,30	36,30	2609,0	1491,0	261,00	213,00	7,51	5,68
220 × 154	7,1	51,10	40,10	3510,0	2010,0	319,00	261,00	8,29	6,27
240 × 168	7,1	55,90	43,90	4598,0	2638,0	383,00	314,00	9,07	6,87
260 × 182	8,0	68,20	53,50	6562,0	3761,0	505,00	413,00	9,81	7,43
280 × 196	8,0	73,60	57,80	8255,0	4739,0	590,00	484,00	10,60	8,02
300 × 210	10,0	98,00	76,90	12493,0	7148,0	833,00	681,00	11,30	8,54
320 × 224	10,0	105,00	82,30	15267,0	8748,0	954,00	781,00	12,10	9,14
340 × 238	10,0	112,00	87,60	18424,0	10570,0	1084,00	888,00	12,80	9,73
360 × 252	10,0	118,00	92,20	21990,0	12629,0	1222,00	1002,00	13,60	10,30
380 × 266	10,0	125,00	98,30	25988,0	14939,0	1368,00	1123,00	14,40	10,90
400 × 280	10,0	132,00	104,00	30444,0	17516,0	1522,00	1251,00	15,20	11,50

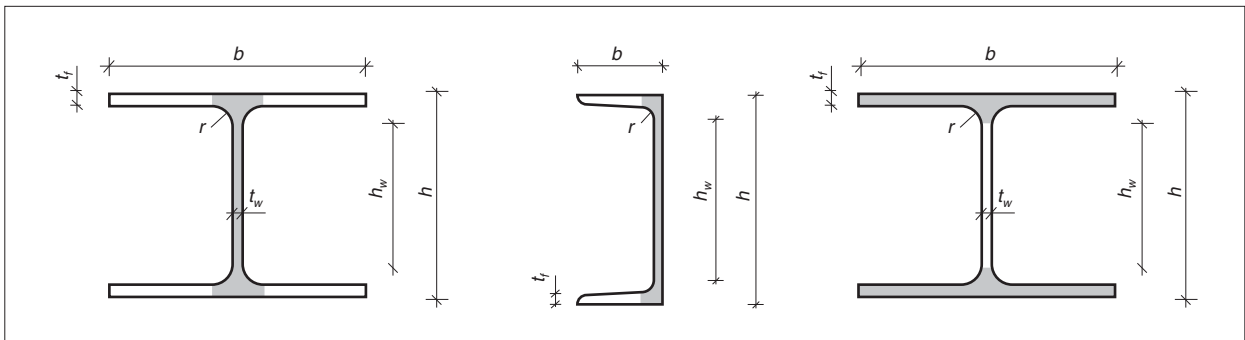
* $S < 4$ mm; valgono le norme CNR-UNI per profilati formati a freddo.

Acc9 Tipi più diffusi di acciaio laminato a caldo; le tensioni sono misurate in N/mm² o MPa (valori riferiti a elementi di spessore ≤ 40 mm)

Tipo di acciaio	Tensione caratteristica di snervamento f_y	Tensione caratteristica di rottura f_t	Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_M$	
			MSL (NTC 2008) Tensione di calcolo allo SLU di resistenza f_{yd} ($\gamma_M = 1,05-1,25$)	MTA (DM 92) Tensione ammissibile $\bar{\sigma}_a$ ($\gamma_M \cong 1,5$)
S235 (S235H) Fe360	235	360	235/1,05-1,25	160
S275 (S275H) Fe430	275	430	275/1,05-1,25	190
S355 (S355H) Fe510	355	510	355/1,05-1,25	240

• Modulo elastico longitudinale: $E = 210\,000$ N/mm² (NTC 2008), $E = 206\,000$ N/mm² (DM 92)
 • Coefficiente di dilatazione termica fino a 100 °C: $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ °C⁻¹
 • Densità: $\rho = 7850$ kg/m³

Acc10 Area resistente a taglio dei profilati metallici (NTC 2008)



Profilati IPE e HE		Profilati UPN caricati nel piano dell'anima	Profilati a T caricati nel piano dell'anima	Profili rettangolari cavi profilati a caldo di spessore uniforme		Sezioni circolari cave e tubi di spessore uniforme
Caricati nel piano dell'anima	Caricati nel piano delle ali			Per carico parallelo all'altezza	Per carico parallelo alla base	
$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$	$A_v = A - \Sigma (h_w t_w)$	$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + r) t_f$	$A_v = 0,9 (A - b t_f)$	$A_v = \frac{Ah}{b+h}$	$A_v = \frac{Ab}{b+h}$	$A_v = \frac{2A}{\pi}$

dove:

A è l'area lorda della sezione del profilo

b è la larghezza delle ali per i profilati e la larghezza per le sezioni cave

h_w è l'altezza dell'anima

h è l'altezza delle sezioni cave,

r è il raggio di raccordo tra anima ed ala

t_f è lo spessore delle ali ($\rightarrow e$)

t_w è lo spessore dell'anima ($\rightarrow s_a$)

Acc11 Frecce limite (DM 92, CRN-UNI 10011)

Elementi strutturali	Freccia massima δ_{max}
Solai (travetti e lamiere grecate)	$l/200$ determinata dal carico totale
Travi	$l/400$ determinata dal solo carico variabile
Travi caricate direttamente da pilastri o da muri portanti (in assenza di particolari provvedimenti cautelativi, anche da muri divisorii)	$l/500$ determinata dal carico totale

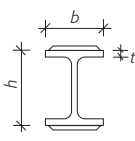

Per le travi a mensola ci si deve riferire a una luce pari al doppio della lunghezza dello sbalzo.

Acc12 Deformazioni massime nelle travi di acciaio (NTC 2008)

Elementi che fanno parte	Spostamenti verticali massimi	
	δ_{max}/l (δ_{max} è lo spostamento elastico complessivo)	δ_2/l (δ_2 è lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili)
Di coperture in generale	1/200	1/250
Di coperture praticabili	1/250	1/300
Di solai in generale	1/250	1/300
Di solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile, o tramezzi non flessibili	1/250	1/350
Di solai che supportano colonne	1/400	1/500
Elementi la cui deformazione può compromettere l'aspetto dell'edificio	1/250	

Per le basi a mensola si deve fare riferimento a una luce pari al doppio della lunghezza dello sbalzo.

Acc15 Coefficienti di riduzione χ per la verifica di stabilità delle aste compresse S235 (Eurocodice 3, NTC 2008)

Profili cavi quadri, rettangoli o tondi saldati o laminati $t \leq 40$ mm	Tab. a	Laminati rinforzati con piattini saldati $t_1 \leq 40$ mm $t_2 \leq 40$ mm		x-x Tab. b	Sezioni a U, L, T e sezioni piene	Tab. c
Laminati $\frac{h}{b} \geq 1,2$ $t \leq 40$	(piano yz) x-x Tab. b	Sezione chiusa, a cassone, saldata		y-y Tab. c		
	(piano xz) y-y Tab. c			Tab. b		

$\bar{\lambda}$	a	b	c	d
0,2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,3	0,9775	0,9641	0,9491	0,9235
0,4	0,9528	0,9261	0,8973	0,8504
0,5	0,9243	0,8842	0,8430	0,7793
0,6	0,8900	0,8371	0,7854	0,7100
0,7	0,8477	0,7837	0,7247	0,6431
0,8	0,7957	0,7245	0,6622	0,5797
0,9	0,7339	0,6612	0,5998	0,5208
1,0	0,6656	0,5970	0,5399	0,4671
1,1	0,5960	0,5352	0,4842	0,4189
1,2	0,5300	0,4781	0,4338	0,3762
1,3	0,4703	0,4269	0,3888	0,3385
1,4	0,4179	0,3817	0,3492	0,3055
1,5	0,3724	0,3422	0,3145	0,2766
1,6	0,3332	0,3079	0,2842	0,2512
1,7	0,2994	0,2781	0,2577	0,2289
1,8	0,2702	0,2521	0,2345	0,2093
1,9	0,2449	0,2294	0,2141	0,1920
2,0	0,2229	0,2095	0,1962	0,1766
2,1	0,2036	0,1920	0,1803	0,1630
2,2	0,1867	0,1765	0,1662	0,1508
2,3	0,1717	0,1628	0,1537	0,1399
2,4	0,1585	0,1506	0,1425	0,1302
2,5	0,1467	0,1397	0,1325	0,1214
2,6	0,1362	0,1299	0,1234	0,1134
2,7	0,1267	0,1211	0,1153	0,1062
2,8	0,1182	0,1132	0,1079	0,0997
2,9	0,1105	0,1060	0,1012	0,0937
3,0	0,1036	0,0994	0,0951	0,0882

Acc16 Coefficienti ω , per travi simmetriche a doppio T (CNR-UNI 10011)

$\frac{hL}{be}$	S235 (ex Fe 360)	S275 (ex Fe 430)	S355 (ex Fe 510)	$\frac{hL}{be}$	S235 (ex Fe 360)	S275 (ex Fe 430)	S355 (ex Fe 510)
300	1,00	1,00	1,00	1700	3,30	3,85	4,95
400	1,00	1,00	1,17	1800	3,52	4,11	5,28
500	1,00	1,11	1,46	1900	3,70	4,32	5,55
600	1,17	1,37	1,75	2000	3,90	4,55	5,85
700	1,36	1,59	2,04	2200	4,28	4,99	6,42
800	1,56	1,82	2,34	2400	4,68	5,46	7,02
900	1,76	2,05	2,64	2600	5,08	5,93	7,62
1000	1,95	2,28	2,92	2800	5,44	6,35	8,16
1100	2,14	2,50	3,21	3000	5,88	6,86	8,82
1200	2,34	2,73	3,51	3200	6,24	7,28	9,36
1300	2,54	2,96	3,81	3400	6,60	7,70	9,90
1400	2,72	3,17	4,08	3600	7,04	8,21	10,56
1500	2,94	3,43	4,41	3800	7,40	8,63	11,10
1600	3,12	3,64	4,68	4000	7,80	9,10	11,70

I coefficienti sono da moltiplicare per 1,4 se il carico è applicato all'ala compressa della trave.

Acc17 Calcolo del momento equivalente nei casi di variazione non lineare del momento flettente effettivo

Il valore del momento equivalente M_{eq} dipende dal diagramma del momento flettente; più precisamente, dal valore del momento medio M_{med} definito dal rapporto tra l'area del diagramma dei momenti in un tratto di trave e la lunghezza del tratto considerato. Nella tabella sono riportati i risultati relativi ad alcuni schemi statici particolarmente frequenti.

Schema statico	Carico	N. dei ritegni intermedi	Momento equivalente
Trave appoggiata $M_{eq} = 1,3 M_{med}$ con la limitazione: $0,75 M_{max} \leq M_{eq} \leq M_{max}$	Uniformemente distribuito	—	$0,108 p l^2$
		1	
	Concentrato in mezzeria Due carichi uguali posti a distanza $l/3$	≥ 2	$0,125 p l^2$
		—	$0,188 p l$
Trave a mensola $M_{eq} = 0,5 M_{med}$ con la limitazione: $0,5 M_{max} \leq M_{eq} \leq M_{max}$	Uniformemente distribuito	—	$0,250 p l^2$
		—	$0,289 p l$

Acc18 Tensioni critiche euleriane misurate in kg/cm² (CNR-UNI 10011)

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	207261	171290	143931	122640	105745	92116	80961	71716	63969	57413
20	51815	46998	42822	39179	35982	33161	30660	28430	26436	24644
30	23029	21567	20240	19032	17929	16919	15992	15139	14353	13626
40	12953	12329	11749	11209	10705	10235	9794	9282	8995	8632
50	8290	7968	7665	7378	7107	6851	6609	6379	6161	5954
60	5757	5570	5391	5222	5060	4905	4758	4617	4482	4353
70	4229	4111	3998	3889	3784	3684	3588	3495	3406	3320
80	3238	3158	3082	3008	2937	2868	2802	2738	2676	2616
90	2558	2502	2448	2396	2345	2296	2248	2202	2158	2114
100	2072	2031	1992	1953	1916	1879	1844	1810	1776	1744
110	1712	1682	1652	1623	1594	1567	1540	1514	1488	1463
120	1439	1415	1392	1369	1347	1326	1305	1285	1265	1245
130	1226	1207	1189	1171	1154	1137	1120	1104	1088	1072
140	1057	1042	1027	1013	999	985	972	959	946	933
150	921	909	897	885	873	862	851	840	830	819
160	809	799	789	780	770	761	752	743	734	725
170	717	708	700	692	684	676	669	661	654	646
180	639	632	625	618	612	605	599	592	586	580
190	574	568	562	556	550	545	539	534	523	523
200	518	513	507	502	498	493	488	483	479	474

7

Muratura

Mur1 Resistenza caratteristica a compressione f_k (N/mm²) per murature in elementi artificiali pieni e semipieni e murature in pietra squadrata (NTC 2008)

Resistenza caratteristica a compressione dell'elemento f_{bk} (N/mm ²)	Tipo di malta			
	M 15	M 10	M 5	M 2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	–

Per murature in pietra squadrata si assume convenzionalmente:

$$f_{bk} = 0,75 f_{bm}$$

dove f_{bm} rappresenta la resistenza media a compressione degli elementi in pietra.

Mur2 Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali (valori in N/mm²) (NTC 2008)

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento	Classe di malta	f_{vk0}
Laterizio pieno e semipieno	$f_{bk} > 15$	M10 ≤ M ≤ M20	0,30
	$7,5 < f_{bk} ≤ 15$	M5 ≤ M ≤ M10	0,20
	$f_{bk} ≤ 7,5$	M2,5 ≤ M ≤ M5	0,10
Calcestruzzo, silicato di calcio, cemento autoclavato, pietra naturale squadrata	$f_{bk} > 15$	M10 ≤ M ≤ M20	0,20
	$7,5 < f_{bk} ≤ 15$	M5 ≤ M ≤ M10	0,15
	$f_{bk} ≤ 7,5$	M2,5 ≤ M < M5	0,10

Mur3 Spessori minimi dei muri (NTC 2008)

Muratura	Spessore minimo (mm)	
	pieni	150
Muratura in elementi resistenti artificiali	semipieni	200
	forati	240
Muratura in pietra squadrata		240
Muratura in pietra listata		400
Muratura in pietra non squadrata		500

Mur4 Coefficiente Φ di riduzione della resistenza del muro

Snellezza h_0/t	Coefficiente di eccentricità $m = 6 e/t$																				
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
0	1,00	0,95	0,90	0,84	0,79	0,74	0,71	0,68	0,65	0,62	0,59	0,56	0,53	0,50	0,47	0,44	0,42	0,40	0,37	0,35	0,33
1	0,99	0,94	0,89	0,84	0,79	0,73	0,70	0,67	0,64	0,61	0,58	0,55	0,52	0,49	0,46	0,43	0,41	0,39	0,36	0,34	0,32
2	0,99	0,94	0,88	0,83	0,78	0,73	0,70	0,67	0,64	0,60	0,57	0,54	0,51	0,48	0,45	0,42	0,40	0,37	0,35	0,33	0,31
3	0,98	0,93	0,88	0,83	0,77	0,72	0,69	0,66	0,63	0,60	0,57	0,53	0,50	0,47	0,44	0,41	0,39	0,36	0,34	0,32	0,29
4	0,98	0,92	0,87	0,82	0,77	0,72	0,68	0,65	0,62	0,59	0,56	0,53	0,49	0,46	0,43	0,40	0,38	0,35	0,33	0,31	0,28
5	0,97	0,92	0,87	0,81	0,76	0,71	0,68	0,65	0,61	0,58	0,55	0,52	0,49	0,45	0,42	0,39	0,37	0,34	0,32	0,29	0,27
6	0,95	0,90	0,84	0,79	0,74	0,69	0,66	0,63	0,59	0,56	0,53	0,50	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34	0,32	0,29	0,27	0,25
7	0,93	0,87	0,82	0,77	0,72	0,67	0,64	0,61	0,57	0,54	0,51	0,48	0,44	0,41	0,38	0,34	0,32	0,29	0,27	0,25	0,22
8	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,62	0,59	0,55	0,52	0,49	0,46	0,42	0,39	0,35	0,32	0,29	0,27	0,25	0,22	0,20
9	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68	0,63	0,60	0,57	0,53	0,50	0,47	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,27	0,25	0,22	0,20	0,17
10	0,86	0,81	0,76	0,71	0,66	0,61	0,58	0,55	0,51	0,48	0,45	0,41	0,38	0,34	0,31	0,27	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15
11	0,83	0,78	0,73	0,68	0,63	0,58	0,55	0,52	0,49	0,46	0,42	0,39	0,35	0,32	0,28	0,25	-	-	-	-	-
12	0,79	0,75	0,70	0,65	0,60	0,56	0,53	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,30	0,26	0,23	-	-	-	-	-
13	0,76	0,71	0,67	0,62	0,58	0,53	0,50	0,47	0,44	0,40	0,37	0,34	0,31	0,27	0,24	0,21	-	-	-	-	-
14	0,72	0,68	0,64	0,59	0,55	0,51	0,47	0,44	0,41	0,38	0,35	0,31	0,28	0,25	0,22	0,19	-	-	-	-	-
15	0,69	0,65	0,61	0,56	0,52	0,48	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32	0,29	0,25	0,23	0,20	0,17	-	-	-	-	-
16	0,66	0,62	0,58	0,54	0,50	0,46	0,43	0,39	0,36	0,33	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	0,63	0,59	0,55	0,51	0,47	0,43	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	0,59	0,56	0,52	0,48	0,45	0,41	0,38	0,35	0,32	0,29	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Valori elaborati in base al NTC 2008.

8

Cemento armato

CA1 Sezioni delle barre di armatura e peso a metro lineare

Peso di 1 m di tondino in kg per diametri da 4 a 30 mm e sezione in cm ² per numero di tondini da 1 a 10											
Diametro in mm	Peso in kg/m	Numero dei tondi e corrispondente sezione in cm ²									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	0,098	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,26
5	0,153	0,20	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96
6	0,221	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
7	0,300	0,38	0,77	1,16	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	3,85
8	0,392	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
9	0,496	0,64	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45	5,09	5,73	6,36
10	0,613	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
11	0,741	0,95	1,90	2,85	3,80	4,75	5,70	6,65	7,60	8,55	9,50
12	0,882	1,13	2,26	3,39	4,52	5,66	6,79	7,91	9,05	10,18	11,31
13	1,035	1,33	2,65	3,98	5,31	6,64	7,96	9,29	10,62	11,95	13,27
14	1,201	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39
16	1,568	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
18	1,985	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	25,45
20	2,450	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
22	2,965	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01
24	3,529	4,52	9,05	13,57	18,10	22,62	27,14	31,67	36,19	40,72	45,24
26	4,141	5,30	10,62	15,93	21,24	26,55	31,86	37,17	42,47	47,78	53,09
28	4,803	6,16	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	61,58
30	5,514	7,07	14,14	21,21	28,27	35,34	42,41	49,48	56,55	63,62	70,69

Per l'armatura degli elementi gettati in opera si usano esclusivamente barre di diametro pari, più facilmente reperibili.

CA2 Sezione competente a un metro lineare di rete elettrosaldata

Ø (mm)	Sezione (cm ²)	Misura maglie (cm)													
		5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	
5	0,196	3,92	2,60	1,96	1,56	1,29	1,12	0,98	0,86	0,78	0,70	0,65	0,59	0,54	
6	0,283	5,66	3,76	2,83	2,26	1,86	1,61	1,41	1,25	1,13	1,02	0,93	0,85	0,79	
7	0,385	7,70	5,12	3,85	3,08	2,54	2,19	1,92	1,69	1,54	1,39	1,27	1,16	1,07	
8	0,502	10,05	6,68	5,02	4,02	3,31	2,86	2,51	2,21	2,01	1,81	1,66	1,51	1,40	
9	0,635	12,70	8,45	6,35	5,08	4,19	3,62	3,18	2,79	2,54	2,29	2,10	1,91	1,77	
10	0,785	16,70	10,5	7,85	6,28	5,18	4,47	3,93	3,45	3,14	2,82	2,59	2,35	2,19	
11	0,950	19,00	12,6	9,50	7,60	6,27	5,41	4,75	4,18	3,80	3,42	3,13	2,85	2,66	
12	1,130	22,60	15,02	11,30	9,04	7,45	6,45	5,65	4,97	4,52	4,06	3,72	3,39	3,16	

Esempio: Rete Ø 5 – 10 × 15

Sezione longitudinale 1 Ø 5/10 = 1,96 cm²

Sezione trasversale 1 Ø 5/15 = 1,29 cm²

Fonte: Sider Taro, Ozzano Taro, Parma.

CA3 Tensioni ammissibili del calcestruzzo prescritte dal DM 92 in funzione della resistenza caratteristica cubica R_{ck} (N/mm²).

Solllecitazione		Tensione caratteristica R_{ck}			
		C16/20	C20/25	C25/30	C28/35
Tensione normale ammissibile	$\bar{\sigma}_c = 6 + \frac{R_{ck} - 15}{4}$	7,25	8,50	9,75	11
Tensione tangenziale ammissibile	$\bar{\tau}_{c0} = 0,4 + \frac{R_{ck} - 15}{75}$	0,47	0,53	0,60	0,67
	$\bar{\tau}_{c1} = 1,4 + \frac{R_{ck} - 15}{75}$	1,47	1,69	1,83	1,97
Tensioni di aderenza	$\bar{\tau}_b$	In zona compressa	3 $\bar{\tau}_{c0}$		
		In zona tesa	1,5 $\bar{\tau}_{c0}$		
Modulo elastico	$E_c = 5700 \sqrt{R_{ck}}$	25 455	28 460	31 180	33 675

CA4 Coefficienti per il calcolo delle sezioni rettangolari inflesse ($c/d = 0,07 \rightarrow$ Travi in altezza)

σ_c (N/mm ²)	k	$\beta = A'_s/A_s = 0$		$\beta = A'_s/A_s = 0,2$		$\beta = A'_s/A_s = 0,4$		$\beta = A'_s/A_s = 0,6$		$\beta = A'_s/A_s = 0,8$		$\beta = A'_s/A_s = 1$	
		r	η	r	η	r	η	r	η	r	η	r	η
3,00 3,50	0,150 0,171	2,163 1,884	0,950 0,943	2,143 1,861	0,950 0,943	2,123 1,838	0,949 0,942	2,102 1,815	0,949 0,942	2,082 1,791	0,948 0,942	2,061 1,767	0,948 0,941
4,00 4,50	0,190 0,209	1,674 1,511	0,937 0,930	1,649 1,484	0,936 0,930	1,624 1,457	0,936 0,930	1,598 1,429	0,936 0,930	1,572 1,400	0,936 0,930	1,545 1,371	0,936 0,930
5,00 5,50	0,227 0,244	1,380 1,273	0,924 0,919	1,351 1,243	0,924 0,919	1,322 1,212	0,925 0,920	1,292 1,180	0,925 0,920	1,262 1,148	0,925 0,921	1,231 1,114	0,925 0,921
6,00 6,50	0,261 0,277	1,183 1,107	0,913 0,908	1,151 1,074	0,914 0,909	1,119 1,040	0,915 0,910	1,086 1,006	0,916 0,912	1,052 0,970	0,917 0,913	1,016 0,932	0,917 0,914
7,00 7,50	0,292 0,306	1,042 0,985	0,903 0,898	1,008 0,950	0,904 0,900	0,972 0,913	0,906 0,902	0,936 0,875	0,908 0,905	0,899 0,836	0,910 0,907	0,859 0,795	0,911 0,909
8,00 8,50	0,320 0,333	0,935 0,891	0,893 0,889	0,899 0,854	0,896 0,892	0,861 0,815	0,899 0,895	0,822 0,774	0,901 0,899	0,781 0,732	0,904 0,902	0,738 0,687	0,907 0,905
9,00 9,50	0,346 0,358	0,852 0,817	0,885 0,881	0,813 0,777	0,888 0,885	0,773 0,736	0,892 0,889	0,731 0,693	0,896 0,894	0,687 0,647	0,900 0,898	0,641 0,598	0,904 0,903
10,00 10,50	0,370 0,382	0,785 0,756	0,877 0,873	0,744 0,715	0,882 0,879	0,702 0,671	0,887 0,884	0,657 0,625	0,892 0,890	0,610 0,576	0,897 0,896	0,560 0,524	0,902 0,902
11,00 11,50	0,393 0,404	0,730 0,706	0,869 0,865	0,687 0,662	0,876 0,873	0,643 0,617	0,882 0,880	0,596 0,568	0,888 0,887	0,545 0,516	0,895 0,894	0,490 0,459	0,901 0,902
12,00	0,414	0,684	0,862	0,639	0,870	0,593	0,878	0,543	0,886	0,489	0,894	0,430	0,902

$n = 15$ $\sigma_s = 255 \text{ N/mm}^2$ $x = kd$ $d = r \sqrt{\frac{M}{b}}$ $A_s = \frac{M}{\eta d \bar{\sigma}_s} = \frac{M}{0,9 d \bar{\sigma}_s}$ $A'_s = \beta A_s$

CA5 Coefficienti per il calcolo delle sezioni rettangolari inflesse ($c/d = 0,14 \rightarrow$ Solette e travi in spessore)

σ_c (N/mm ²)	k	$\beta = A'_s/A_s = 0$		$\beta = A'_s/A_s = 0,2$		$\beta = A'_s/A_s = 0,4$		$\beta = A'_s/A_s = 0,6$		$\beta = A'_s/A_s = 0,8$		$\beta = A'_s/A_s = 1$	
		r	η	r	η	r	η	r	η	r	η	r	η
3,00 3,50	0,150 0,171	2,163 1,884	0,950 0,943	2,161 1,877	0,950 0,942	2,158 1,871	0,950 0,942	2,156 1,865	0,949 0,941	2,154 1,858	0,949 0,941	2,151 1,852	0,949 0,940
4,00 4,50	0,190 0,209	1,674 1,511	0,937 0,930	1,665 1,499	0,936 0,929	1,655 1,486	0,935 0,928	1,645 1,474	0,934 0,927	1,635 1,461	0,933 0,925	1,625 1,448	0,932 0,924
5,00 5,50	0,227 0,244	1,380 1,273	0,924 0,919	1,365 1,256	0,923 0,917	1,351 1,239	0,921 0,915	1,336 1,222	0,920 0,914	1,320 1,204	0,918 0,912	1,305 1,187	0,917 0,910
6,00 6,50	0,261 0,277	1,183 1,107	0,913 0,908	1,165 1,087	0,911 0,906	1,146 1,066	0,910 0,904	1,127 1,046	0,908 0,902	1,107 1,024	0,906 0,901	1,087 1,002	0,904 0,899
7,00 7,50	0,292 0,306	1,042 0,985	0,903 0,898	1,020 0,962	0,901 0,896	0,998 0,938	0,899 0,894	0,975 0,914	0,897 0,893	0,952 0,889	0,895 0,891	0,928 0,863	0,894 0,889
8,00 8,50	0,320 0,333	0,935 0,891	0,893 0,889	0,911 0,866	0,892 0,887	0,886 0,839	0,890 0,886	0,860 0,812	0,888 0,884	0,834 0,784	0,886 0,882	0,806 0,754	0,885 0,881
9,00 9,50	0,346 0,358	0,852 0,817	0,885 0,881	0,825 0,789	0,883 0,879	0,798 0,760	0,882 0,878	0,769 0,730	0,880 0,876	0,739 0,699	0,878 0,875	0,708 0,666	0,877 0,874
10,00 10,50	0,370 0,382	0,785 0,756	0,877 0,873	0,756 0,726	0,875 0,872	0,726 0,695	0,874 0,871	0,695 0,663	0,873 0,870	0,662 0,628	0,872 0,869	0,627 0,592	0,870 0,868
11,00 11,50	0,393 0,404	0,730 0,706	0,869 0,865	0,699 0,674	0,868 0,865	0,667 0,641	0,868 0,865	0,633 0,605	0,867 0,864	0,597 0,568	0,866 0,864	0,559 0,528	0,865 0,863
12,00	0,414	0,684	0,862	0,651	0,862	0,617	0,862	0,580	0,861	0,541	0,861	0,499	0,861

$n = 15$ $\sigma_s = 255 \text{ N/mm}^2$ $x = kd$ $d = r \sqrt{\frac{M}{b}}$ $A_s = \frac{M}{\eta d \bar{\sigma}_s} = \frac{M}{0,9 d \bar{\sigma}_s}$ $A'_s = \beta A_s$

9

Terreno

Terr1 Valori indicativi di γ_t , φ , c

Tipo di terreno	γ_t (kN/m ³)	φ (°)	c (kN/m ²)
Sabbia smossa			
• Asciutta	14÷18	28÷34	–
• Bagnata	16÷21		–
Sabbia compatta			
• Asciutta	17÷20	33÷40	–
• Bagnata	19÷23		
Ghiaia smossa			
• Asciutta	18÷19	31÷35	–
• Bagnata	19÷21		
Ghiaia compatta			
• Asciutta	19÷21	34÷40	–
• Bagnata	20÷23		
Argilla			
• Sabbiosa	19÷22	16÷28	6÷2
• Plastica (grassa)	18÷21	12÷25	25÷8
• Dura (magra)	20÷22	10÷20	100÷20
Limo	18÷22	20÷25	20÷5

Fonte: Pozzati, Teoria e tecnica delle strutture, vol. 1, UTET, Torino.

Terr2 Valori del coefficiente di spinta attiva k_a calcolati da Krey per $\varphi = 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$ in funzione di $\varepsilon, \beta, \delta$

$\varphi = 25^\circ$												
$\varepsilon \rightarrow$	$\delta = 0$				$\delta = \frac{\varphi}{3}$				$\delta = \frac{2\varphi}{3}$			
	0	10°	20°	25°	0	10°	20°	25°	0	10°	20°	25°
$\beta = 70^\circ$	0,569	0,662	0,833	1,196	0,546	0,647	0,840	1,277	0,540	0,651	0,870	1,401
80°	0,478	0,550	0,684	0,977	0,451	0,527	0,674	1,013	0,440	0,520	0,682	1,077
90°	0,406	0,462	0,572	0,821	0,377	0,435	0,551	0,830	0,361	0,421	0,546	0,857
100°	0,344	0,389	0,482	0,703	0,314	0,359	0,454	0,692	0,295	0,341	0,439	0,697
110°	0,287	0,323	0,401	0,603	0,256	0,291	0,368	0,578	0,237	0,271	0,349	0,567
120°	0,229	0,256	0,320	0,507	0,200	0,225	0,287	0,472	0,181	0,206	0,265	0,451

$\varphi = 30^\circ$												
$\varepsilon \rightarrow$	$\delta = 0$				$\delta = \frac{\varphi}{3}$				$\delta = \frac{2\varphi}{3}$			
	0	10°	20°	30°	0	10°	20°	30°	0	10°	20°	30°
$\beta = 70^\circ$	0,498	0,572	0,687	1,169	0,478	0,558	0,687	1,268	0,479	0,568	0,714	1,434
80°	0,407	0,461	0,548	0,925	0,384	0,440	0,534	0,969	0,377	0,438	0,540	1,051
90°	0,333	0,374	0,441	0,750	0,308	0,350	0,420	0,76	0,297	0,340	0,414	0,798
100°	0,270	0,301	0,353	0,614	0,245	0,275	0,328	0,605	0,232	0,262	0,316	0,614
110°	0,212	0,234	0,274	0,498	0,188	0,209	0,248	0,475	0,174	0,195	0,233	0,468
120°	0,155	0,169	0,198	0,385	0,134	0,147	0,173	0,355	0,121	0,134	0,159	0,338

$\varphi = 35^\circ$												
$\varepsilon \rightarrow$	$\delta = 0$				$\delta = \frac{\varphi}{3}$				$\delta = \frac{2\varphi}{3}$			
	0	10°	20°	30°	0	10°	20°	30°	0	10°	20°	30°
$\beta = 70^\circ$	0,434	0,492	0,576	0,740	0,419	0,482	0,574	0,764	0,427	0,498	0,604	0,831
80°	0,343	0,384	0,444	0,566	0,325	0,367	0,431	0,566	0,323	0,370	0,440	0,593
90°	0,271	0,300	0,344	0,436	0,251	0,280	0,325	0,423	0,244	0,275	0,323	0,429
100°	0,209	0,229	0,261	0,331	0,189	0,209	0,240	0,311	0,180	0,200	0,232	0,306
110°	0,153	0,166	0,188	0,239	0,135	0,147	0,168	0,218	0,126	0,138	0,158	0,208
120°	0,100	0,107	0,120	0,153	0,086	0,092	0,104	0,135	0,078	0,084	0,095	0,125

Terr3 Valori del coefficiente di spinta passiva k_p , calcolati da Krey per $\varphi = 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$ in funzione di $\varepsilon, \beta, \delta$

$\varphi = 25^\circ$												
$\varepsilon \rightarrow$	$\delta = 0$				$\delta = \frac{\varphi}{3}$				$\delta = \frac{\varphi}{2}$			
	0	10°	20°	25°	0	10°	20°	25°	0	10°	20°	25°
$\beta = 70^\circ$	1,99	2,53	3,17	3,55	2,33	3,15	4,22	4,91	2,54	3,53	4,94	5,83
80°	2,16	2,77	3,55	4,05	2,62	3,60	5,01	6,00	2,90	4,14	6,04	7,45
90°	2,46	3,24	4,32	5,07	3,12	4,46	6,64	8,37	3,55	5,33	8,48	11,20
100°	3,00	4,10	5,87	7,27	4,03	6,16	10,38	14,52	4,75	7,78	14,66	22,52
110°	3,95	5,80	9,45	13,11	5,78	10,02	22,01	–	7,20	13,99	–	–

$\varphi = 30^\circ$												
$\varepsilon \rightarrow$	$\delta = 0$				$\delta = \frac{\varphi}{3}$				$\delta = \frac{\varphi}{2}$			
	0	10°	20°	30°	0	10°	20°	30°	0	10°	20°	30°
$\beta = 70^\circ$	2,27	2,95	3,81	4,99	2,82	3,94	5,54	8,09	3,16	4,61	6,81	10,66
80°	2,54	3,34	4,45	6,15	3,29	4,74	7,05	11,41	3,80	5,77	9,20	16,61
90°	3,00	4,08	5,74	8,74	4,14	6,31	10,40	20,64	4,98	8,14	15,00	–
100°	3,81	5,48	8,50	15,74	5,74	9,71	19,64	–	7,31	13,84	–	–
110°	5,34	8,47	15,97	–	9,19	19,09	–	–	12,91	–	–	–

$\varphi = 35^\circ$												
$\varepsilon \rightarrow$	$\delta = 0$				$\delta = \frac{\varphi}{3}$				$\delta = \frac{\varphi}{2}$			
	0	10°	20°	30°	0	10°	20°	30°	0	10°	20°	30°
$\beta = 70^\circ$	2,61	3,47	4,62	6,32	3,45	5,03	7,51	11,95	4,04	6,22	9,96	17,71
80°	3,00	4,08	5,67	8,34	4,23	6,45	10,46	19,59	5,16	8,47	15,33	–
90°	3,69	5,23	7,82	13,23	5,68	9,42	17,95	–	7,36	13,63	–	–
100°	4,93	7,53	12,94	29,79	8,64	16,85	–	–	12,33	29,60	–	–
110°	7,41	13,01	–	–	16,09	–	–	–	27,84	–	–	–

Terr4 Coefficienti k per il dimensionamento dello spessore di testa ($b = kh$) di muri massicci a paramento interno verticale ($\gamma_t = 16 \text{ kN/m}^3$; $\gamma_m = 24 \text{ kN/m}^3$; coefficiente di sicurezza al ribaltamento: 1,50)

$\frac{h_1}{h}$	$k = \frac{b}{h}$														
	$\varphi = 25^\circ$			$\varphi = 30^\circ$			$\varphi = 35^\circ$			$\varphi = 40^\circ$			$\varphi = 45^\circ$		
	$s = 0$	$s = 0,1$	$s = 0,2$	$s = 0$	$s = 0,1$	$s = 0,2$	$s = 0$	$s = 0,1$	$s = 0,2$	$s = 0$	$s = 0,1$	$s = 0,2$	$s = 0$	$s = 0,1$	$s = 0,2$
0	0,368	0,272	0,185	0,333	0,238	0,153	0,300	0,206	0,122	0,269	0,175	0,093	0,239	0,146	0,065
0,1	0,419	0,323	0,235	0,380	0,284	0,197	0,343	0,247	0,161	0,307	0,212	0,128	0,273	0,179	0,096
0,2	0,465	0,369	0,279	0,421	0,325	0,237	0,380	0,284	0,197	0,340	0,245	0,159	0,302	0,208	1,124
0,3	0,507	0,410	0,320	0,459	0,363	0,273	0,414	0,318	0,230	0,371	0,275	0,188	0,330	0,235	0,149
0,4	0,545	0,448	0,358	0,494	0,397	0,307	0,446	0,349	0,260	0,399	0,303	0,216	0,355	0,259	0,173
0,5	0,582	0,484	0,395	0,527	0,430	0,339	0,475	0,379	0,289	0,426	0,329	0,241	0,378	0,282	0,195
0,6	0,615	0,518	0,426	0,557	0,460	0,369	0,503	0,406	0,316	0,450	0,354	0,265	0,400	0,304	0,216
0,7	0,648	0,550	0,458	0,587	0,489	0,398	0,529	0,432	0,341	0,474	0,377	0,288	0,421	0,325	0,237
0,8	0,678	0,581	0,488	0,614	0,517	0,425	0,554	0,457	0,366	0,496	0,400	0,310	0,441	0,345	0,256
0,9	0,707	0,610	0,517	0,641	0,543	0,451	0,578	0,481	0,389	0,518	0,421	0,331	0,460	0,364	0,274
1	0,736	0,638	0,545	0,666	0,569	0,476	0,601	0,504	0,42	0,538	0,441	0,351	0,478	0,382	0,292
1,5	0,862	0,764	0,670	0,781	0,683	0,590	0,705	0,607	0,514	0,631	0,534	0,442	0,561	0,464	0,373
2	0,973	0,875	0,780	0,881	0,783	0,688	0,795	0,697	0,603	0,712	0,615	0,522	0,633	0,535	0,443
2,5	1,072	0,974	0,878	0,971	0,873	0,778	0,876	0,778	0,684	0,785	0,687	0,593	0,697	0,600	0,507
3	1,163	1,065	0,969	1,053	0,955	0,860	0,950	0,852	0,757	0,851	0,753	0,659	0,756	0,658	0,565
4	1,326	1,227	1,131	1,201	1,103	1,007	1,083	0,985	1,08	0,971	0,872	0,778	0,862	0,764	0,610
6	1,603	1,504	1,417	1,452	1,353	1,257	1,310	1,211	1,115	1,174	1,075	0,979	1,087	0,944	0,849
10	2,048	1,949	1,851	1,855	1,756	1,658	1,673	1,574	1,477	1,499	1,400	1,303	1,332	1,232	1,137

Vera Zavanella Elena Leti Paolo Veggetti
Progettazione, costruzioni e impianti

per Costruzioni, ambiente e territorio

Prontuario didattico

Secondo Le Corbusier *la struttura è per sostenere, l'architettura è per commuovere*. E – si potrebbe aggiungere – l'energia è per creare benessere.

Questo corso propone lo studio dei tre aspetti del sistema-edificio: formale, strutturale ed energetico. Nel primo e secondo volume, e nel volume *Architettura nel tempo* gli elementi di base sono illustrati dal punto di vista della storia e della composizione architettonica, della produzione, della sicurezza strutturale e del comfort abitativo, sempre mettendo in evidenza le connessioni tra i diversi aspetti. A questi si aggiunge l'attenzione al risparmio energetico e ai riferimenti normativi. Nel terzo volume è indicato come gli stessi elementi, integrandosi, debbano confluire in una progettazione di qualità.



Nel libro

- Il **Prontuario didattico** contiene tabelle e dati di riferimento che lo studente conserva per tutto il secondo biennio e il quinto anno.

NOVITÀ
2012