



COMITATO TECNICO SCIENTIFICO  
in materia di rischio sismico  
(Delibera GR n. 606 del 21.6.2010)

**Norme tecniche per le costruzioni – DM 14/1/2008**

**1/2012- Quesiti esaminati**

(estratto dai lavori svolti dalla Commissione nell'anno 2012)

Si riportano di seguito i quesiti tecnici esaminati dal CTS che possono essere di utilità generale.

**1) - Regolarità in pianta degli edifici ai fini dell'applicabilità del metodo semplificato per il dimensionamento strutturale di edifici in muratura (p.ti 4.5.6.4, 7.8.1.9 e 7.2.2 NTC)**

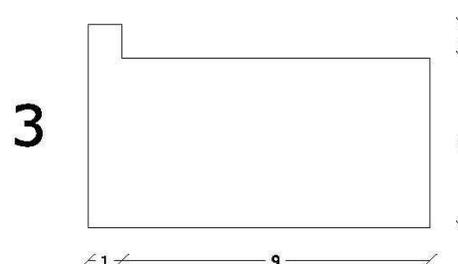
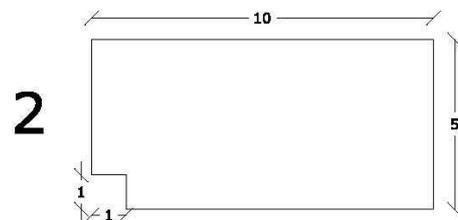
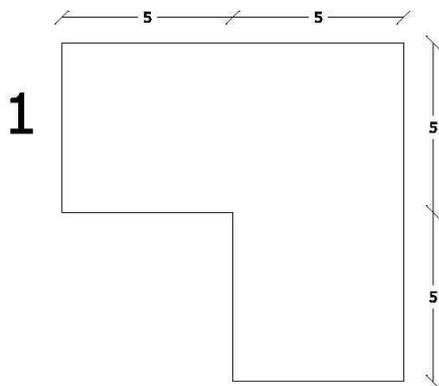
*Q.*

*Il punto 7.2.2. delle NTC 2008 cita la seguente condizione che deve essere rispettata al fine di poter considerare regolare in pianta l'edificio e quindi poter applicare la verifica semplificata:*

*“Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione”.*

*Mentre nel caso 1) sotto riportato è evidente che rientri e sporgenze superano il 25% limite di norma, nei casi 2) e 6) la lettura più o meno letterale potrebbe indurre a non considerare applicabile il metodo semplificato, per quanto sia evidente che geometricamente ci si discosta davvero poco dalla figura regolare più vicina (rettangolo inscritto o circoscritto).*

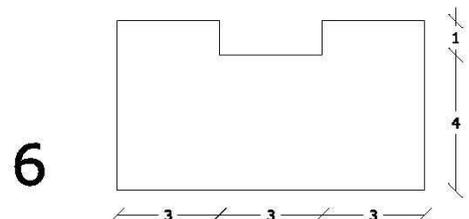
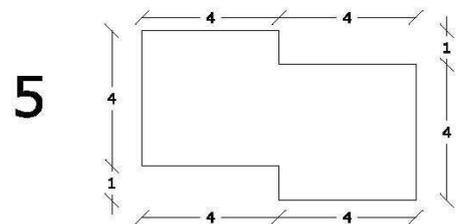
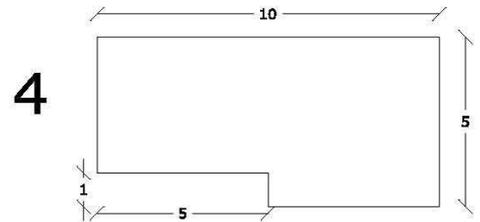
*Si chiede pertanto se sia ragionevole ritenere rispettato il criterio di regolarità suddetta, nei casi 2) e 6).*





R.

Si ritiene ragionevole interpretare come regolari i casi 2) e 6) esaminati, coerentemente con le indicazioni del testo normativo, intendendo che il limite del 25% va applicato all'elemento sporgente, rispetto alla dimensione prevalente dell'edificio, nella corrispondente direzione.



## 2) - Livelli di conoscenza strutture in c.a.

Q.

*Dovendo procedere alla verifica sismica di un edificio sanitario con struttura in c.a. di recente costruzione (1995-2000), progettato in assenza di classificazione sismica del comune interessato e disponendo degli elaborati grafici, delle specifiche tecniche di progetto, dei certificati di prova dei materiali (barre di acciaio e calcestruzzo) e del certificato di collaudo statico, si richiede se, al fine di determinare il livello di conoscenza per tale edificio:*

- *sia obbligatorio seguire il numero di prove prescritte dalla Circolare n. 617 del 02/02/2009 nella Tab. C8A.1.3;*
- *sia ammissibile la deroga dalla Circolare per tale struttura, con la documentazione disponibile;*
- *quali sono i parametri da adottare per desumere un quantitativo di prove significativo per testare la bontà dei risultati riportati nei certificati allegati al Collaudo.*



**R.**

La Tab. C8A.1.3a definisce “*orientativamente*” i livelli di rilievo e le prove per edifici in c.a.. Si riportano di seguito le NOTE ESPLICATIVE alla tab. C8A.1.3 :

*“Le percentuali di elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nella Tabella C8A.1.3 hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:*

- *Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale.*
- *Le prove sugli acciai sono finalizzate all’identificazione della classe dell’acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all’epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull’acciaio necessario per il livello di conoscenza è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) o dei profili (nelle strutture in acciaio) di più diffuso impiego negli elementi principali con esclusione delle staffe.*
- *Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.*
- *Il numero di provini riportato nelle tabelle 8A.3a e 8A.3b può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell’epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l’indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l’effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.”*

**Per quanto sopra si ritiene ammissibile :**

- **derogare dalle prove sugli acciai poiché l’identificazione della classe di acciaio può essere ricavata dalle specifiche di progetto e dai certificati allegati alla relazione finale;**
- **sostituire alcune prove distruttive sul cls (non più del 50%) con un numero triplo di prove non distruttive;**
- **variare il numero di provini riportato in Tab. C8A.1.3 in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale.**

**3) – Piani interrati o seminterrati di edifici in muratura.**

**Q.**

*E’ consentito realizzare al piano interrato di edifici in muratura le pareti esterne in c.a., quelle interne in muratura, ben ammassate a quelle in c.a.?*

**R.**

Facendo riferimento a quanto previsto ai punti 4.5.4 (8° cpv) e 7.8.1.8 delle NTC si deduce che l’eventuale piano interrato o di prima elevazione deve essere interamente formato da pareti in c.a., escludendo la possibilità di realizzare un sistema misto collaborante muratura-c.a. al medesimo livello. Tuttavia si ritiene che sia possibile la presenza di pareti in muratura nel piano interrato, anche per sostenere carichi verticali, purchè:



- le pareti murarie siano valutabili come elementi “secondari” così come definiti al punto 7.2.3, ovvero che il contributo alla rigidità totale sotto azioni orizzontali di tali pareti non superi il 15% dell’analoga rigidità degli elementi in c.a..
- il piano interrato sia coperto con un solaio in c.a. di elevata rigidità nel piano, capace di ridistribuire efficacemente le azioni orizzontali trasmesse dalla struttura in elevazione alle pareti in c.a..

**4) - Metodo costruttivo a pannelli portanti realizzati con blocco cassero e cls debolmente armato. Possibilità di utilizzo in zona sismica.**

A seguito di specifici quesiti si esprime un parere circa la possibilità di utilizzo in zona sismica del suddetto metodo costruttivo. Di seguito si riassumono le caratteristiche essenziali del sistema:

- blocco cassero, in materiale vario, con getto di riempimento in cls ed armatura verticale e orizzontali in acciaio;
- possibilità di armatura verticale sia monostrato disposta in asse che a due strati opposti;
- armatura orizzontale o singola o doppia;
- getto non completamente monolitico per la presenza delle pareti trasversali dei blocchi cassero;
- resistenza e rigidità del blocco cassero trascurati nel calcolo;
- disposizione e quantitativi delle armature diversi da quelli prescritti per le strutture in c.a.;

Premesso che:

- il p.to 4.1.5. delle NTC2008 prevede che “*La resistenza e la funzionalità delle strutture e elementi strutturali può essere misurata attraverso prove su campioni di adeguata numerosità. La procedura di prova e di interpretazione delle misure sarà effettuata secondo norme di comprovata validità.*”
- il capitolo 12 delle NTC2008 prevede che “*..in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione delle presenti norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:*
  - Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
  - Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale
  -

**Visto** il parere della Prima Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n° 117 del 10/02/2011 con cui sono state approvate le “*Linee guida per sistemi costruttivi a pannelli portanti basati sull’impiego di blocchi cassero e calcestruzzo debolmente armato gettato in opera*”, pubblicate nel Luglio 2011 e di seguito denominate Linee Guida, di cui in allegato si riportano gli elementi salienti,

**Ferme** restando le responsabilità dei progettisti e dei direttori dei lavori in ordine alle scelte progettuali, alle ipotesi di calcolo ed alla conformità alla vigente normativa delle costruzioni realizzate con i metodi costruttivi di cui sopra,

***si esprime parere favorevole***

all’utilizzo in zona sismica, nel rispetto delle seguenti prescrizioni:

- la progettazione e l’esecuzione dei lavori devono essere conformi:
  - alle NTC2008 per i carichi, i sovraccarichi e i materiali
  - alle NTC2008 per quanto riguarda i requisiti di durabilità;
  - alle NTC2008 per le fondazioni;
  - alle NTC2008 per i criteri generali di progettazione e modellazione;
  - alle Linee Guida per le analisi, le verifiche strutturali, i dettagli costruttivi e quant’altro.



Si ricordano, in sintesi, i principali elementi di valutazione e progettazione:

- Per ogni tipo di pannello dovrà essere studiata e proposta una procedura di verifica basata su criteri consolidati e sperimentazione specifica. Per i criteri consolidati le CNR 10025/98 con i dovuti adeguamenti alle NTC08 sono un possibile riferimento.
- Il sistema costruttivo deve essere caratterizzato, nello spirito delle NTC08, mediante prove sperimentali di adeguata numerosità, in conformità alle Linee Guida.
- Le prove sperimentali devono essere eseguite e certificate da Laboratori autorizzati di cui all'art. 59 del DPR 380/01.
- Copia di tali certificati forma parte integrante del progetto esecutivo depositato presso l'Ufficio Tecnico del Genio Civile competente per territorio.
- Il Produttore deve predisporre, a cura di un tecnico abilitato, una relazione interpretativa dei dati sperimentali ottenuti.
- Nel caso in cui il modello di calcolo faccia ricorso a pannelli continui equivalenti, in luogo dei pannelli reali, l'equivalenza deve essere dimostrata per via numerica o per via sperimentale ripetendo le prove su pannelli continui equivalenti.
- I blocchi cassero devono essere privi di apprezzabili fuori piombo, devono garantire l'assenza di vuoti nel getto e la corretta sovrapposizione delle armature.
- I blocchi cassero devono essere marcati CE e dotati di un manuale di montaggio, posa e controllo che il produttore è obbligato a fornire.
- Il diametro massimo degli inerti costituenti il getto deve essere limitato a 16 mm. La consistenza del conglomerato non deve essere inferiore a S4. Le sovrapposizioni tra le armature di normativa devono essere amplificate di almeno il 50%.
- La concezione degli edifici deve essere scatolare e la classe di duttilità bassa (CDB).
- Il fattore di struttura è calcolato come  $q=q_0 \times K_s \times K_r$  con  $q_0$  non superiore a 2 -  $K_s = 1.1$  per strutture irregolari in piante e 1.2 per strutture regolari in pianta -  $K_r = 1$  per strutture regolari in altezza e 0.8 per strutture irregolari in altezza.
- Il fattore di struttura può essere superiore solo attraverso adeguati studi sperimentali e numerici ma in ogni caso  $q_0$  non può essere superiore a 3.
- Per gli spessori nominali delle pareti si applicano le limitazioni delle NTC 08 ( 15 cm per pareti semplici - 20 cm per pareti accoppiate).
- Ogni produttore deve indicare nel manuale di montaggio le possibili modellazioni per le verifiche sia nei confronti degli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio.
- Le pareti devono essere verificate a Flessione e Pressoflessione, a Taglio (taglio-compressione, taglio-trazione, taglio-scorrimento) e nei confronti dell'instabilità fuori piano, in conformità alle NTC 08. Per il taglio si deve far riferimento alla sezione equivalente definita nelle Linee Guida.
- Per le verifiche allo SLD si deve fare riferimento agli spostamenti relativi di interpiano che devono risultare essere di  $0.002h$ , con  $h$ = altezza di interpiano.
- Le armature sia orizzontali che verticali devono avere un diametro non superiore a 1/10 dello spessore della parete. Possono essere disposte su entrambe le facce delle pareti o su un solo strato centrale, in ogni caso il passo delle barre non deve essere superiore a 30 cm, in entrambe le direzioni.
- La percentuale geometrica di armatura verticale deve essere  $p_v \geq 0.20\%$  - la percentuale geometrica di armatura orizzontale deve essere  $p_o \geq 0.20\%$ , i diametri delle barre sia orizzontali che verticali  $\geq \varnothing 8$ .
- In corrispondenza delle aperture devono essere presenti architravi armate con almeno  $2\varnothing 12$  superiormente e  $2\varnothing 12$  inferiormente.
- A cura del produttore devono essere forniti, oltre al manuale operativo-costruttivo-di montaggio, la scheda tecnica, i dettagli costruttivi tipo, la certificazione delle prove, la relazione interpretativa e gli esempi di calcolo.



Con il presente parere si intendono superati i precedenti pareri espressi in merito ad analoghi metodi costruttivi.

#### 5) – Azioni di progetto per le coperture

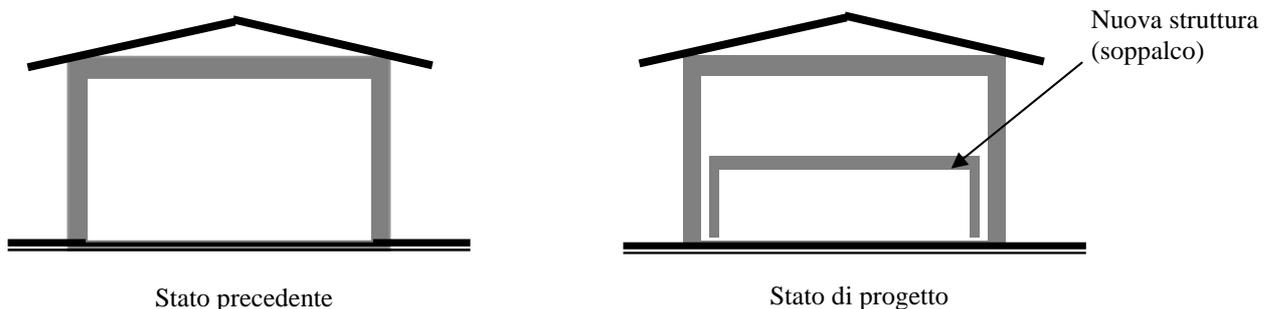
*Con riferimento al punto 2.5.3 e 3.1.4 delle NTC per quanto riguarda le azioni sulle coperture, occorre considerare la contemporaneità tra il carico neve e quello per manutenzione?*

In relazione al disposto combinato dai punti 2.5.3 e 3.1.4 delle NTC, applicando la combinazione allo stato limite ultimo (formula 2.5.1) per le coperture accessibili per sola manutenzione si evince che prendendo la neve come carico di esercizio dominante il carico di esercizio da manutenzione ha coefficiente di combinazione  $\psi_{02}$  pari a zero e pertanto non vi è contemporaneità tra le azioni ma allorchè si prenda il carico da manutenzione come dominante, avendo la neve coefficiente di combinazione  $\psi_{02}$  diverso da zero, tale contemporaneità si manifesta. Pertanto ai fini della conformità alle norme tecniche vigenti ed in mancanza di istruzioni o chiarimenti ministeriali, sebbene tale contemporaneità appaia inverosimile nella pratica corrente tanto che nelle precedenti normative era esplicitamente esclusa, si ritiene che qualora essa risulti determinante ai fini dei dimensionamenti strutturali non possa essere trascurata.

#### 6) Considerazioni in merito al quesito sulle nuove edificazioni, interne agli edifici esistenti, pervenuta dal Servizio tecnico centrale

**Premesso che questo CTS ha inoltrato al Consiglio Superiore dei Lavori pubblici il seguente quesito:**

Nell'ambito degli interventi di riqualificazione edilizia di edifici esistenti, in particolar modo di quelli industriali, si presenta sovente, il caso nel quale viene prevista la realizzazione di una struttura interna e staticamente indipendente.



Tali interventi edilizi, pur senza alcuna modifica ai carichi e alle strutture esistenti, non sono esplicitamente contemplati tra quelli previsti al punto 8.4.1 e 8.4.2 delle NTC.

La mancata esecuzione di interventi di carattere strutturale sulle strutture originarie, o di modifica di classe o destinazione d'uso, sembrerebbe escluderne anche l'obbligo della valutazione della sicurezza, pur essendo in presenza di una riqualificazione funzionale dell'edificio che può portare anche al raddoppio della superficie utile.



Parallelamente le nuove strutture interne, staticamente e sismicamente indipendenti, vengono usualmente progettate a prescindere dal contesto edilizio nel quale si inseriscono. Ciò premesso, si richiede, se nella fattispecie, debba essere necessariamente effettuata una valutazione della sicurezza dell'esistente edificio ed individuati gli eventuali interventi necessari in caso di esito negativo della verifica oppure attenersi ai criteri individuati nella parte finale del C.8.3 differenziando l'eventuale inadeguatezza dell'opera rispetto alle azioni ambientali da quelle controllabili dall'uomo.

**Vista la risposta del Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti:**

“(.....)

*Ad avviso di questo Servizio, è opportuno premettere che la fattispecie indicata nella nota costituisce un tipo di intervento generalmente sconsigliabile e sconsigliato, salvo che particolari esigenze non lo richiedano.*

*In tutti i casi, comunque, è evidente che l'eventuale inadeguatezza della struttura esistente non può essere superata con la realizzazione di una nuova struttura all'interno; poiché la finalità di ogni disposizione normativa resta quella della tutela della pubblica incolumità — quindi della salvaguardia di tutte le persone che vivano o lavorino all'interno di una costruzione o circolino nelle immediate vicinanze — è del tutto evidente che l'eventuale situazione di pericolo permane se non si interviene anche con la messa in sicurezza della struttura esistente, almeno nei confronti delle azioni ambientali.”*

**questo CTS ritiene che per tali tipologie di intervento occorre procedere alla valutazione della sicurezza dell'edificio esistente, seguendo i criteri definiti dalla Circolare al p.to C8.3.**

**Nella progettazione della nuova struttura interna si adotterà la Classe d'uso più gravosa tra quelle previste (superficie superiore e superficie inferiore).**

**Per gli edifici industriali (in genere prefabbricati) è obbligatorio verificare ed accertare l'efficacia dei collegamenti tra i vari elementi (strutturali e non strutturali) e, se occorre, intervenire di conseguenza.**

**La valutazione della sicurezza può non essere effettuata, ma è comunque sempre raccomandata, ove ricorra almeno una delle seguenti due condizioni:**

- **incrementi della superficie utile lorda non rilevante rispetto a quella disponibile nello stato attuale. A titolo puramente indicativo e secondo le oggettive condizioni del caso, possono ritenersi non rilevanti interventi che prevedano incrementi di superficie utile non superiori al 20% per i primi 500 mq e del 10% per l'eccedenza. Per queste valutazioni occorrerà comunque riferirsi alla situazione edilizia originaria dell'edificio..**
- **la destinazione della nuova superficie (introdotta con la nuova struttura) sia in Classe I.**

**Le strutture dell'edificio esistente devono essere comunque verificate per le azioni statiche (peso proprio, permanente, neve e vento). In alternativa si può fare riferimento alle certificazioni esistenti (ad esempio il certificato di collaudo statico), purché si dimostri che non vi siano state alterazioni delle strutture rispetto allo stato originario, a seguito di interventi successivi e/o per degrado.**

**7) Edifici strategici e rilevanti. Classi d'uso**  
(Quesito posto dall'Ing. Barberi di Lucca)

**Q.**

*Volendo realizzare un cambio di destinazione d'uso in un edificio esistente da civile abitazione ad asilo nido privato, si pongono i seguenti quesiti:*



1. Visto l'elenco degli edifici strategici e rilevanti di cui all'allegato A del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 9 luglio 2009, n. 36/R, considerato in particolare il punto 1.a che qualifica come edifici rilevanti le "scuole di ogni ordine e grado, comprese le strutture funzionali primarie annesse", rilevando che nella normativa vigente la dicitura "scuole di ogni ordine e grado" non comprende gli asili nido bensì: la scuola dell'infanzia, la scuola di primo ciclo (scuola primaria e scuola secondaria di primo grado), e la scuola di secondo ciclo (licei, istituti tecnici ed istituti professionali), sembrerebbe a chi scrive che gli asili nido, ai sensi del citato regolamento, non rientrino fra gli edifici rilevanti (classe d'uso 3). La citata classificazione risulta dai regolamenti attualmente in vigore che definiscono il sistema di istruzione nazionale (dpr 89/2009; dpr 81/2009) e precedentemente dal Testo unico delle disposizioni legislative vigenti in materia di istruzione relative alle scuole di ogni ordine e grado, di cui al decreto legislativo 16 aprile 1994, n. 297.

**Per quanto sopra si richiede se gli asili nido (privati) sono da considerarsi edifici ordinari in classe d'uso 2 e non rilevanti.**

2. Nel caso di risposta negativa al precedente quesito, nell'ipotesi che l'analisi condotta per la valutazione della sicurezza abbia dimostrato che l'edificio non risponde ai requisiti di sicurezza previsti dalle NTC, ipotizzando inoltre che non sussista l'obbligo di procedere con l'adeguamento sismico (non rientrando nei casi di cui al punto 8.4.1 delle NTC 2008) richiamando quanto riportato al punto 1 del Documento interpretativo ed applicativo al voto n. 184/2011 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Comitato Tecnico Scientifico in materia di rischio sismico (Delibera Giunta Regionale n. 606 del 21/6/2010), di cui si riporta un estratto: "...Il cambio d'uso (o più precisamente il cambio di classe d'uso) che preveda un aumento della classe stessa ancorché non accompagnato dall'esecuzione di opere strutturali necessita in ogni caso della valutazione della sicurezza come chiaramente indicato al p.to 8.3 delle NTC. Visto che la Circolare n. 617/09 al punto C8.3: "Gli esiti delle verifiche dovranno permettere di stabilire quali provvedimenti adottare affinché l'uso della struttura possa essere conforme ai criteri di sicurezza delle NTC.", in funzione dell'esito di tale valutazione possono presentarsi i seguenti casi:

- se l'edificio risponde ai requisiti di sicurezza non è necessario procedere ad interventi di consolidamento;
- se l'edificio non risponde ai requisiti di sicurezza il Committente ed il Progettista valuteranno le possibili linee di intervento:
  - declassamento, cambio d'uso, limitazioni e/o cautele nell'uso;
  - esecuzione degli interventi di consolidamento necessari al conseguimento del livello di sicurezza minimo . . ."

si richiede:

- come si definisce esattamente il "livello di sicurezza minimo" e se esiste un livello minimo di miglioramento che debba essere conseguito per consentire l'uso dell'opera secondo la volontà progettuale oppure se questo debba essere stabilito dal proprietario dell'opera;
- se è necessario effettuare immediatamente l'intervento per raggiungere tale livello minimo di sicurezza oppure se possa essere realizzato entro un tempo prestabilito compatibilmente con le condizioni di rischio riscontrate, come suggerito per gli edifici già destinati in tutto o in parte ad attività riconducibili alle Classi d'uso III e IV dal Dipartimento Protezione Civile con nota DPC/SISM/0083283 del 4/11/2010.

**R.**

Il quesito proposto verte sulla possibile classificazione in classe III e/o come edifici "rilevanti" gli edifici destinati ad "asilo nido".

Rilevato che la questione è particolarmente delicata e meritevole di approfondimento, si è del parere che:

1. Il Regolamento regionale n. 36/R/2009 – Allegato A, elenca gli edifici e le infrastrutture di interesse strategico o che abbiano rilevanza in relazione al potenziale affollamento, in relazione alle verifiche di cui all'art. 105ter della Legge regionale 1/2005 ovvero relativamente a quelle opere ed interventi che sono sottoposti a controllo obbligatorio per le finalità di vigilanza e controllo sull'attività edilizia in zona sismica.



Le opere definite “strategiche” e “rilevanti” secondo i concetti riferibili all’Ordinanza n. 3274/2003 e successive disposizioni del Dipartimento della Protezione Civile sono state definite per quanto riguarda gli edifici ed infrastrutture di competenza dello Stato. La Regione Toscana ha approvato un primo elenco “preliminare” degli edifici strategici e rilevanti con l’allegato 7 alla D.G.R. 604/2003, poi confluito nell’Allegato A del citato Regolamento regionale.

Con la dizione “*Scuole di ogni ordine e grado, comprese le strutture funzionali primarie annesse*” si intendono tutti gli edifici che siano interamente o prevalentemente adibiti alla didattica, sia pubblici che privati. Per la peculiarità di tale funzione, svolta permanentemente, nonché per i possibili e potenziali usi quali siti di accoglienza e ricovero in condizioni di emergenza, gli edifici scolastici rivestono una funzione che è usualmente annoverata tra quelle “rilevanti” (si veda anche il punto C2.4.2 della Circolare esplicativa).

Riguardo agli asili nido, pur trattandosi di una funzione che l’ordinamento giuridico di settore esclude da quella più generale esercitata dalle scuole (infanzia, primaria e secondaria) si ritiene che debbano essere comunque considerati nella categoria “rilevanti” in ragione delle caratteristiche dei fruitori, contraddistinti per la loro intrinseca non autosufficienza e vulnerabilità. In tal senso si ritrova l’analogia con la funzione di cui al punto 2.j) del citato elenco regionale.

2. Per la definizione del livello di sicurezza minimo che tali strutture esistenti devono garantire, non essendo normativamente definito, oltre alla valutazione del Progettista e del Committente, si può fare riferimento a quanto suggerito in provvedimenti analoghi, emanati in conseguenza degli ultimi eventi sismici, che indicano una capacità di almeno il 60% rispetto all’azione sismica di progetto.

Per quanto riguarda il tempo necessario per l’esecuzione degli interventi finalizzati a raggiungere il livello di sicurezza minimo si può fare riferimento alla vita nominale “residua” valutata sul periodo di ritorno del terremoto relativo all’azione sismica di cui al punto precedente.

Si ricorda che eventuali insufficienze di tipo statico (carichi verticali e vento), con la sola esclusione del sisma, possono determinare la non idoneità della struttura o il suo declassamento, salvo interventi di consolidamento da eseguirsi immediatamente, con riferimento ai carichi di progetto previsti dalla norma.

Il CTS, visto anche il quesito di cui al successivo punto 8.1, preso atto dell’importanza dell’argomento nonché la necessità di integrare ed aggiornare l’elenco degli edifici strategici e rilevanti di cui all’allegato A del Regolamento regionale n. 36/R/2009 e i criteri per la loro individuazione, si impegna ad elaborare una propria proposta emendativa all’Amministrazione regionale.

#### **8) Verifiche di sezioni tubolari in acciaio (classe 4)**

(Quesito Ing. Cincinelli di Arezzo)

**Q.**

*Si richiede un parere in merito alla verifica statica di pali porta antenne in acciaio normalmente destinati al sostegno di antenne e parabole per la telefonia mobile cellulare.*

*Frequentemente tali strutture sono realizzate con elementi tronco-conici a sezione poligonale realizzati mediante sagomatura a freddo della lamiera.*

*Le sezioni di questi pali, in particolar modo quelle alla base dove il diametro è maggiore, sono caratterizzate dall’aver grandi diametri (anche superiori ad 100cm) e piccoli spessori (tipicamente da 6 a 10 mm); con tali caratteristiche queste sezioni ricadono quasi sempre in classe 4 ossia nelle sezioni definite snelle.*

*Le NTC 2008 per le sezioni tubolari tonde in acciaio rientranti in classe 4 non riportano specifiche formule di verifica ma rimandano alla EN 1993-1-6 “Verifica di resistenza e stabilità delle strutture a*



*guscio” attualmente disponibile solamente in lingua inglese e, a mio parere, di difficile applicazione a questo tipo di strutture. La EN 1993-1-6 richiede infatti la modellazione del paio con elementi bidimensionali oltre all’utilizzo di programmi di calcolo di ingegneria avanzata in grado di individuare l’instabilità locale dei pannelli tramite l’introduzione del coefficiente di imperfezione del materiale.*

*Ho avuto modo di verificare che neppure i principali fornitori (e calcolatori) di queste strutture utilizzano tale normativa ma si rifanno, ognuno a propria discrezione, alle formule generali sull’acciaio dell’NTC o dell’EC3, non ottemperando così appieno a q Vi chiedo quindi un parere in merito a quali formule utilizzare per la verifica di resistenza e di stabilità di tale tipologia di strutture.*

*Ricordo infine che, fino all’introduzione delle NTC, l’argomento era trattato dalla norma UNI CNR 10022/84 “ Profilati formati a freddo: istruzioni per l’impiego nelle costruzioni” (ora abrogata) nella quale la verifica di stabilità veniva svolta semplicemente introducendo una tensione ammissibile ridotta da calcolarsi in base al rapporto  $d/t$  tra il diametro e lo spessore del tubolare.*

*Si richiede, quindi, un parere in merito a quali formule utilizzare per la verifica di resistenza e di stabilità di tale tipologia di strutture.*

*Ricordo infine che, fino all’introduzione delle NTC, l’argomento era trattato dalla norma UNI CNR 10022/84 “ Profilati formati a freddo: istruzioni per l’impiego nelle costruzioni” (ora abrogata) nella quale la verifica di stabilità veniva svolta semplicemente introducendo una tensione ammissibile ridotta da calcolarsi in base al rapporto  $d/t$  tra il diametro e lo spessore del tubolare.*

## **R.**

Il parere è chiesto con specifico riferimento alle sezioni tubolari tonde composte mediante sagomatura a freddo della lamiera. La presenza delle piegature ad angolo ottuso necessarie per ottenere una forma della sezione pressoché circolare si può in genere trascurare, a vantaggio di sicurezza, facendo esplicito riferimento a sezioni circolari.

Questo tipo di sezioni sono soggette a fenomeni di instabilità locale delle parti compresse se il rapporto tra il diametro esterno della sezione ( $d$ ) e lo spessore ( $t$ ) è tale da classificare la sezione, ai sensi dell’NTC 2008, in classe 1 ( $d/t \leq 50 \epsilon^2$ ), classe 2 ( $d/t \leq 70 \epsilon^2$ ), classe 3 ( $d/t \leq 90 \epsilon^2$ ) ed in classe 4 ( $d/t > 90 \epsilon^2$ ) rimandando in questo caso alla EN 1993-1-6.

La UNI EN 1993-1-6:2007 Parte 1-6 “Resistenza e stabilità delle strutture a guscio”, indica come metodo principale la modellazione numerica del palo con elementi bidimensionali piani o curvi e l’utilizzo di programmi di calcolo che possano tener conto dell’instabilità locale delle membrature a guscio.

Dato che le NTC 2008 forniscono un metodo di classificazione delle sezioni circolari cave si ritiene che, in alternativa alle indicazioni date dalla UNI EN 1993-1-6:2007 Parte 1-6, si possa utilizzare il metodo proposto dal codice AISI (American Iron and Steel Institute) che fornisce le indicazioni per il calcolo delle proprietà efficaci in compressione ( $A_{eff}$ ) ed in flessione ( $W_{eff}$ ) delle sezioni necessarie per effettuare le verifiche di stabilità in regime di pressoflessione per tali elementi strutturali. Il metodo adottato dal codice americano AISI è basato su risultanze sperimentali ed è riportato in allegato (A) al presente parere e risulta applicabile solo per profilati cavi finiti a caldo, mentre non risulta applicabile, nella forma esposta nell’allegato, per profilati cavi formati a freddo per strutture saldate. Le definizioni dei due tipi di profilati sono di seguito riportate.

Si definiscono profilati cavi finiti a caldo tutti i tipi di profilati cavi laminati a caldo (quadri, rettangolari, circolari, ellittici) finiti con processi di deformazione a caldo e prodotti in accordo alla norma UNI EN 10210. In questo caso ci si riferisce a profili chiusi senza saldatura o a profilati cavi formati a freddo con trattamento termico successivo (normalizzati). Nel primo caso (senza saldatura) lo sbizzato di partenza viene prodotto mediante perforazione di un prodotto pieno (generalmente lingotto o billetta quadra/circolare) e successivamente viene trasformato nel tubo finale mediante dei processi di laminazione, estrusione o trafilatura su mandrino. Nel secondo caso i tubolari inizialmente formati a freddo vengono successivamente riscaldati in forno (800-1000 gradi circa a secondo del produttore), per ottenere caratteristiche equivalenti a quelle ottenute mediante laminazione di normalizzazione.



REGIONE TOSCANA  
Giunta Regionale

**Ufficio Tecnico del  
Genio Civile**  
**Area vasta Firenze, Arezzo, Prato, Pistoia**  
**Sede di Firenze**  
**Coordinamento Regionale Prevenzione  
sismica**

Si definiscono profilati cavi formati a freddo per strutture saldate tutti i tipi di profilati cavi (quadri, rettangolari, circolari) prodotti mediante processi di deformazione di laminati piani e successiva saldatura (longitudinale o elicoidale), in accordo alla norma UNI EN 10219.

(segue allegato)

-----oooOooo-----

Documento approvato definitivamente nella seduta del 29/05/2013.  
L'approvazione è unanime ad eccezione del punto 6.



ALLEGATO a QUESITI CTS 2012  
**VERIFICHE DI STABILITA' DI PALI METALLICI POLIGONALI E  
CIRCOLARI IN CLASSE 4  
UTILIZZATI PER IL SOSTEGNO DI PALE EOLICHE E ANTENNE**

## INTRODUZIONE

Nel presente allegato vengono affrontate le verifiche di resistenza di sezioni circolari cave di grande diametro e spessore contenuto che sono soggette al fenomeno dell'instabilità locale (local buckling). In particolare si stabiliscono dei metodi per la determinazione delle proprietà efficaci in compressione ( $A_{eff}$ ) ed in flessione ( $W_{eff}$ ), necessarie per effettuare le verifiche di stabilità in regime di pressoflessione. L'analisi di seguito riportata è condotta facendo variare le seguenti variabili principali: la classe del materiale, il diametro della sezione e lo spessore della sezione. Per i materiali sono stati considerati acciai S235, S275, S355, S420 ed S460. Per il diametro sono stati analizzati i casi di 500, 800 e 1000 mm, mentre per gli spessori sono stati considerati i valori di 4, 6, 8, 10 e 12 mm.

### 1. FENOMENI DI INSTABILITA' LOCALE, DISTORSIONALE E GLOBALE

I profili formati a freddo in parete sottile con sezione aperta, sono caratterizzati da una serie di fenomeni di instabilità che qui di seguito vengono sinteticamente descritti.

Consideriamo a titolo di esempio un elemento *cold-formed* con sezione a C, che si suppone composto da un insieme di lastre piane – in letteratura “plate” - mutuamente collegate lungo bordi comuni definiti “fold line” (Fig. 1).

Le definizioni per i modi di instabilità di elementi a parete sottile che possono essere considerate come le più comunemente usate sono le seguenti:

- *L'instabilità locale* è normalmente definita come il modo che implica solo deformazioni degli elementi plate, senza la traslazione delle linee di intersezione con gli elementi piani adiacenti (Fig. 2);
- *L'instabilità distorsionale* è caratterizzata da una distorsione della sezione che coinvolge la traslazione di alcune delle linee di bordo (Fig. 3);
- *L'instabilità globale* è un modo dove l'elemento si deforma senza che si verifichi la deformabilità della sezione trasversale;  
in modo particolare si distingue in tale ambito:
  - un modo *flessionale*, in cui si verifica una traslazione della sezione, per cui l'asse dell'asta sbanda trasversalmente nel piano di minor rigidità flessionale (Fig. 4a);
  - un modo *torsionale*, tale per cui si ha pura rotazione della sezione e l'asse dell'elemento si mantiene rettilineo (Fig. 4b);
  - un modo *flesso-torsionale*, in cui si verifica una roto-traslazione della sezione, cioè l'asta si torce, ma simultaneamente il suo asse sbanda trasversalmente, senza però ulteriori deformazioni della sezione trasversale (Fig. 4c);

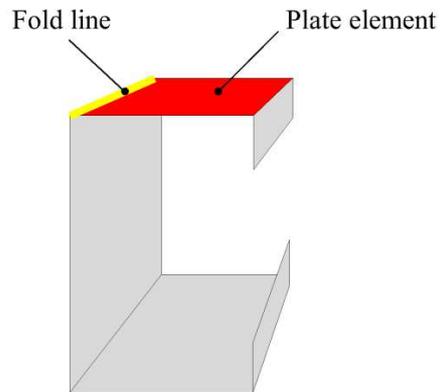


Fig. 1 – Definizione per profilo a “C” di fold line e plate

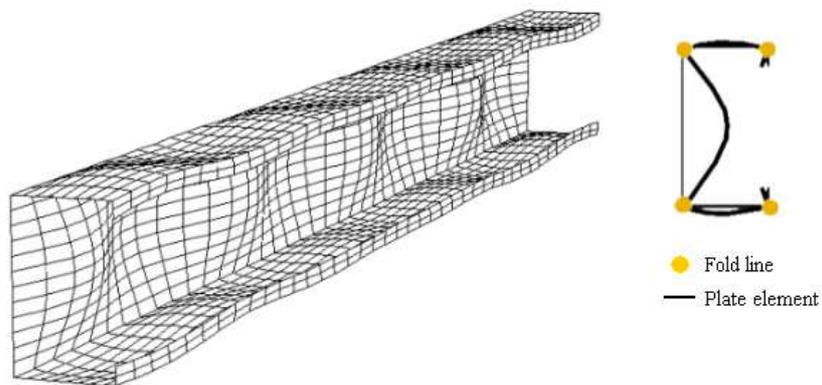


Fig. 2 – Instabilità locale

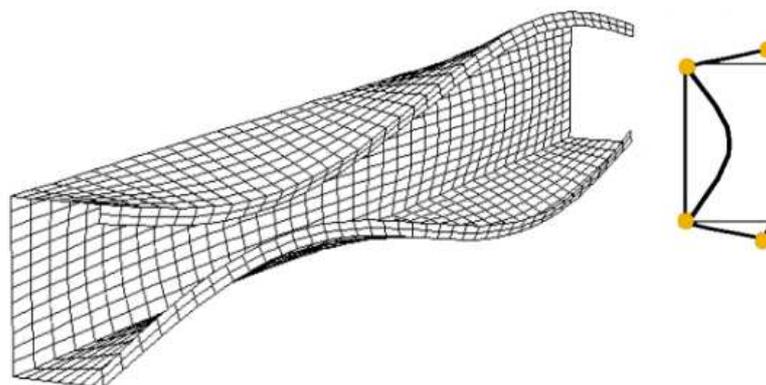


Fig. 3 – Instabilità distorsionale

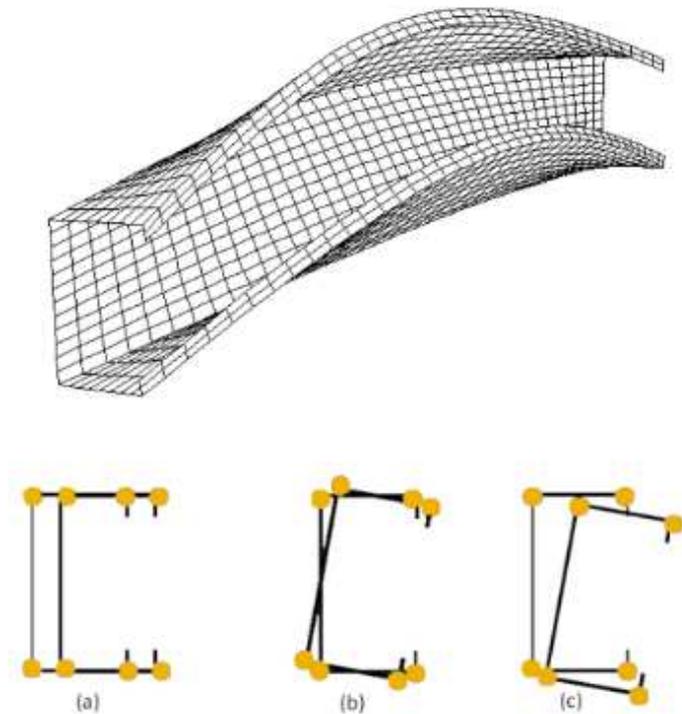


Fig. 4 – Instabilità globale: (a) flessionale (b) torsionale (c) flesso-torsionale

Per le sezioni cave circolari, alcuni fenomeni di instabilità, quali ad esempio l'instabilità distorsionale, non sono d'interesse. Per questo tipo di sezioni permangono i problemi di instabilità locale ed ovviamente di instabilità flessionale globale.

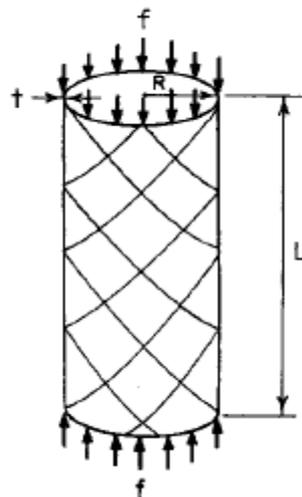


Figura 5 - Instabilità locale per un profilo cavo circolare in compressione

## 2. CLASSIFICAZIONE SECONDO IL D.M. 14/01/2008



I profili generalmente utilizzati per queste applicazioni hanno un diametro esterno di 1000 mm ed uno spessore variabile da 6 a 10 mm. Le NTC 2008 propongono una classificazione delle sezioni in acciaio al punto 4.2.3.1 (in analogia a quanto proposto dall'Eurocodice 3):

Tabella 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Angolari						
Riferirsi anche alle piattabande esterne (v. Tab 4.2.II) Non si applica agli angoli in contatto continuo con altri componenti						
Classe	Sezione in compressione					
Distribuzione delle tensioni sulla sezione (compressione positiva)						
3	$h/t \leq 15\epsilon$ $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$					
Sezioni Tubolari						
Classe	Sezione inflessa e/o compressa					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$ (Per $d/t > 90\epsilon^2$ vedere EN 1993-1-6)					
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	$\epsilon^2$	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive con i risultati relativi ai profili ed ai materiali che stiamo analizzando.

**Tabella 1:** classificazione della sezione di diametro 500 mm al variare dello spessore e del materiale



sezione	D (mm)	t (mm)	D/t		CLASSE	ACCIAIO
500X4	500	4	<b>125,00</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S235,S275, S355,S420,S460
500X6	500	6	<b>83,33</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S275, S355,S420,S460
				$<90*\epsilon^2$	3	S235
500X8	500	8	<b>62,50</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S355,S420,S460
				$<90*\epsilon^2$	3	S275
				$<70*\epsilon^2$	2	S235
500X10	500	10	<b>50,00</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S460
				$<90*\epsilon^2$	3	S355,S420
				$<70*\epsilon^2$	2	S275
				$\leq 50*\epsilon^2$	1	S235
500X12	500	12	<b>41,67</b>	$<90*\epsilon^2$	3	S420,S460
				$<70*\epsilon^2$	2	S355
				$<50*\epsilon^2$	1	S235,S275

**Tabella 2:** classificazione della sezione di diametro 800 mm al variare dello spessore e del materiale

sezione	D (mm)	t (mm)	D/t		CLASSE	ACCIAIO
800X4	800	4	<b>200,00</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S235,S275, S355,S420,S460
800X6	800	6	<b>133,33</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S235,S275, S355,S420,S460
800X8	800	8	<b>100,00</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S235,S275, S355,S420,S460
800X10	800	10	<b>80,00</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S275, S355,S420,S459
				$<90*\epsilon^2$	3	S235
800X12	800	12	<b>66,67</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S355,S420,S460
				$<90*\epsilon^2$	3	S275
				$<70*\epsilon^2$	2	S235

**Tabella 3:** classificazione della sezione di diametro 1000 mm al variare dello spessore e del materiale

sezione	D (mm)	t (mm)	D/t		CLASSE NTC	ACCIAIO
1000X4	1000	4	<b>250,00</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S235,S275, S355,S420,S460
1000X6	1000	6	<b>166,67</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S235,S275, S355,S420,S460
1000X8	1000	8	<b>125,00</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S235,S275, S355,S420,S460
1000X10	1000	10	<b>100,00</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S235,S275, S355,S420,S460
1000X12	1000	12	<b>83,33</b>	$>90*\epsilon^2$	4	S275, S355,S420,S460
				$<90*\epsilon^2$	3	S235

Dalla tabella 3 si può dedurre che la sezione di diametro 1000 mm rientra quasi sempre in classe 4 tranne nel caso in cui si usi un acciaio S235 associato ad uno spessore di 12 mm.

### 3. PROPOSTA PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE EFFICACI



Le NTC2008 forniscono quindi un metodo per classificare le sezioni cave circolari, ma non danno particolari indicazioni per il calcolo delle proprietà efficaci poi richieste in fase di verifica. Pur restando sempre possibile la strada della modellazione numerica, si propone qui di utilizzare il metodo proposto dal codice AISI americano (AISI S100-2007 : “North American Specification for the Design of Cold-formed Steel Structural Members” e il relativo COMMENTARY of “North American Specification for the Design of Cold-formed Steel Structural Members”) ed in particolare il Punto:

C. MEMBERS

C3. Flexural member

C3.1.3. Flexural Strength Resistance of Closed Cylindrical Tubular Members

C4. Concentrically Loaded Compression Member

C4.1.5. Closed Cylindrical Tubular Sections

Il punto C4 (ovvero C4.1.5) è quello di seguito riportato inerente il calcolo dell'area efficace dell'elemento compresso.

Il metodo per la determinazione della resistenza ultima a compressione di un profilo soggetto a fenomeno di instabilità locale, è ben descritto dal grafico riportato in figura 5, dove si può osservare che esistono due zone in cui le prestazioni sono determinate dai fenomeni di instabilità.

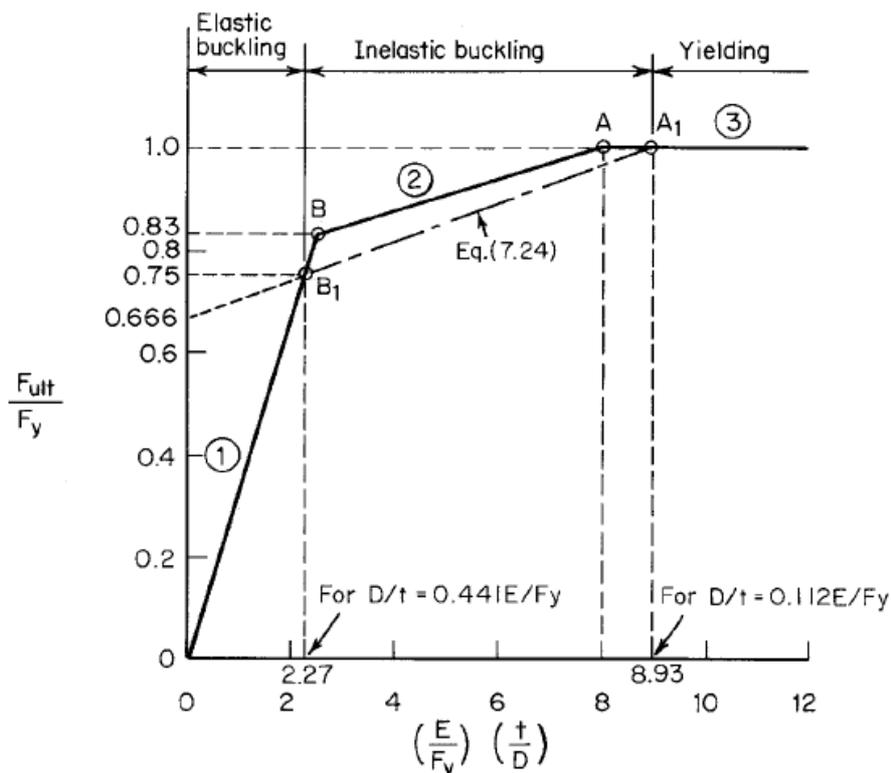


Figura 6 – Resistenza ultima delle sezioni cave per “local buckling”

In particolare:

1. Per  $D/t > 0.441 E/F_y$  si ha:



$$\frac{F_{ult}}{F_y} = 0.33 \times \left(\frac{E}{F_y}\right) \times \left(\frac{t}{D}\right)$$

2. Per  $0.112 E/F_y < D/t \leq 0.441 E/F_y$  si ha:

$$\frac{F_{ult}}{F_y} = 0.037 \times \left(\frac{E}{F_y}\right) \times \left(\frac{t}{D}\right) + 0.667$$

3. Per  $D/t \leq 0.112 E/F_y$  si ha:

$$\frac{F_{ult}}{F_y} = 1$$

Utilizzando questo approccio si ottengono i risultati in termini di efficacia della sezione compressa riportati nelle tabelle seguenti.

**Tabella 4:** aree efficaci per il profilo cavo di diametro 500



sezione	D (mm)	t (mm)	D/t	CLASSE NTC	ACCIAIO	A (mm <sup>2</sup> )	A <sub>eff</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>eff</sub> / A
500X4	500	4	<b>125,00</b>	4	S235	6230	5803	0,93
				4	S275	6230	5563	0,89
				4	S355	6230	5246	0,84
				4	S420	6230	5077	0,81
				4	S460	6230	4997	0,80
500X6	501	6	<b>83,50</b>	3	S235	9307	9307	1,00
				4	S275	9307	9307	<b>1,00</b>
				4	S355	9307	8652	0,93
				4	S420	9307	8274	0,89
				4	S460	9307	8094	0,87
500X8	502	8	<b>62,75</b>	2	S235	12359	12359	1,00
				3	S275	12359	12359	1,00
				4	S355	12359	12359	<b>1,00</b>
				4	S420	12359	11902	0,96
				4	S460	12359	11584	0,94
500X10	503	10	<b>50,30</b>	1	S235	15386	15386	1,00
				2	S275	15386	15386	1,00
				3	S355	15386	15386	1,00
				3	S420	15386	15386	1,00
				4	S460	15386	15386	<b>1,00</b>
500X12	504	12	<b>42,00</b>	1	S235	18388	18388	1,00
				1	S275	18388	18388	1,00
				2	S355	18388	18388	1,00
				3	S420	18388	18388	1,00
				3	S460	18388	18388	1,00



**Tabella 5:** aree efficaci per il profilo cavo di diametro 800

sezione	D (mm)	t (mm)	D/t	CLASSE NTC	ACCIAIO	A (mm <sup>2</sup> )	A <sub>eff</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>eff</sub> / A
800X4	800	4	<b>200,00</b>	4	S235	9998	8321	0,83
				4	S275	9998	8081	0,81
				4	S355	9998	7763	0,78
				4	S420	9998	7593	0,76
				4	S460	9998	7513	0,75
800X6	800	6	<b>133,33</b>	4	S235	14959	13687	0,91
				4	S275	14959	13148	0,88
				4	S355	14959	12433	0,83
				4	S420	14959	12053	0,81
				4	S460	14959	11873	0,79
800X8	800	8	<b>100,00</b>	4	S235	19895	19895	<b>1,00</b>
				4	S275	19895	18891	0,95
				4	S355	19895	17624	0,89
				4	S420	19895	16951	0,85
				4	S460	19895	16631	0,84
800X10	800	10	<b>80,00</b>	3	S235	24806	24806	1,00
				4	S275	24806	24806	<b>1,00</b>
				4	S355	24806	23332	0,94
				4	S420	24806	22282	0,90
				4	S460	24806	21783	0,88
800X12	800	12	<b>66,67</b>	2	S235	29692	29692	1,00
				3	S275	29692	29692	1,00
				4	S355	29692	29553	1,00
				4	S420	29692	28044	0,94
				4	S460	29692	27327	0,92

**Tabella 6:** aree efficaci per il profilo cavo di diametro 1000



sezione	D (mm)	t (mm)	D/t	CLASSE NTC	ACCIAIO	A (mm <sup>2</sup> )	A <sub>eff</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>eff</sub> / A
1000X4	1000	4	250,00	4	S235	12510	9998	0,80
				4	S275	12510	9758	0,78
				4	S355	12510	9439	0,75
				4	S420	12510	9270	0,74
				4	S460	12510	9189	0,73
1000X6	1000	6	166,67	4	S235	18727	16206	0,87
				4	S275	18727	15666	0,84
				4	S355	18727	14950	0,80
				4	S420	18727	14570	0,78
				4	S460	18727	14389	0,77
1000X8	1000	8	125,00	4	S235	24919	23212	0,93
				4	S275	24919	22254	0,89
				4	S355	24919	20984	0,84
				4	S420	24919	20309	0,82
				4	S460	24919	19988	0,80
1000X10	1000	10	100,00	4	S235	31086	31086	1,00
				4	S275	31086	29518	0,95
				4	S355	31086	27538	0,89
				4	S420	31086	26485	0,85
				4	S460	31086	25985	0,84
1000X12	1000	12	83,33	3	S235	37228	37228	1,00
				4	S275	37228	37228	1,00
				4	S355	37228	34609	0,93
				4	S420	37228	33096	0,89
				4	S460	37228	32377	0,87

Le tabelle 4, 5 e 6 mostrano che il metodo AISI risulta in accordo con la classificazione delle NTC2008; nell'ultima colonna a destra sono stati messi in evidenza (in grassetto) i casi in cui esistono delle minime discrepanze che nel caso di sezioni in classe 4. In questo caso si consiglia di assumere, a vantaggio di sicurezza, il valore di  $A_{eff}/A$  inferiore più vicino nella tabella.

Per quanto riguarda le proprietà efficaci in flessione, si può affermare che la tensione critica per instabilità locale in regima di flessione per questo tipo di profilo è sicuramente più alta delle tensione critica per instabilità locale in regime di compressione.

Allo stesso modo nel punto C3 (ovvero C3.1.3) viene trattato il problema della proprietà resistente dell'elemento semplicemente inflesso.

Con il metodo AISI si ricavano le proprietà efficaci della sezione compressa e della sezione inflessa, pertanto utilizzando le formule di verifica generali per la pressoflessione proposte da EC3 o da NTC2008 (dove servono  $A_{eff}$  e  $W_{eff}$ ), si possono inserire all'interno delle formule di verifica le proprietà relative a sezioni diverse.

Un software basato sulle AISI di cui sopra è il CFS version 7.0.0 prodotto da RSG software scaricabile dal sito [www.rsgsoftware.com](http://www.rsgsoftware.com) nella versione "limitata".



REGIONE TOSCANA  
Giunta Regionale

**Ufficio Tecnico del  
Genio Civile**  
**Area vasta Firenze, Arezzo, Prato, Pistoia**  
**Sede di Firenze**  
**Coordinamento Regionale Prevenzione  
sismica**

Rimandando al metodo AISI per una valutazione più circostanziata, si può assumere a vantaggio di sicurezza una sezione con  $A_{eff}$  ridotta come per lo stato di compressione, assumendo per il calcolo del  $W_{eff}$  una sezione con lo stesso diametro medio ( $D_m$ ) di quella effettiva e spessore ridotto in modo da avere la stessa  $A_{eff}$  e cioè ricavando lo spessore  $t$  dalla seguente espressione:

ed calcolando di conseguenza il  $W_{eff}$ . 
$$A_{eff} = \pi \cdot D_m \cdot t_{eff}$$