



## PROGETTAZIONE ANTISISMICA DELLE CELLE FRIGORIFERE

### INQUADRAMENTO NORMATIVO

Una camera frigorifera, intesa come assemblaggio di pannelli coibentati (schiuma rigida in poliisocianurato) con incastro maschio/femmina, è generalmente assimilata ad un “arredo/attrezzatura del luogo di lavoro”, e ricade nell’ambito della legislazione sulla sicurezza dei posti di lavoro (**D.Lgs. n.81/2008**).

Le specifiche prestazionali e le norme/direttive tecniche, cui conformarsi, sono definite dal rapporto contrattuale fra Committente e Produttore. Però esse devono tener conto che le celle frigorifere in zona sismica, di qualsiasi tipologia e dimensione, essendo dei manufatti significativi ai fini della sicurezza e dell’incolumità delle persone, ovvero ‘**elementi non strutturali**’, devono essere sempre concepite con criteri antisismici rispettando le norme tecniche per le costruzioni.

Pertanto l’obbligatorietà della valutazione prestazionale discende dalla legislazione vigente in Italia:

- a) in materia della **sicurezza dei luoghi di lavoro** (in particolare il **D.Lgs. 81/2008 o Testo Unico**);
- b) in materia della **sicurezza statica/dinamica degli elementi costruttivi** (in particolare le norme tecniche per le costruzioni: il **D.M. 17/01/2018** e la **C.M. 7 del 21/01/2019**).

#### a) Sicurezza dei luoghi sul lavoro

Pur considerando prevalente la responsabilità del datore di lavoro, esiste sempre anche la responsabilità del fornitore, il quale ha l’obbligo di immettere nel mercato prodotti sicuri in relazione al loro impiego, alle prestazioni richieste e ai rischi connessi alla loro installazione.

Tra questi rischi non può non considerarsi la sismicità del luogo dove l’impianto frigorifero sarà costruito.

Nel caso delle celle frigorifere, il riferimento di legge che meglio descrive la responsabilità del fornitore è l’ Art. 23 del suddetto D.lgs. 81:

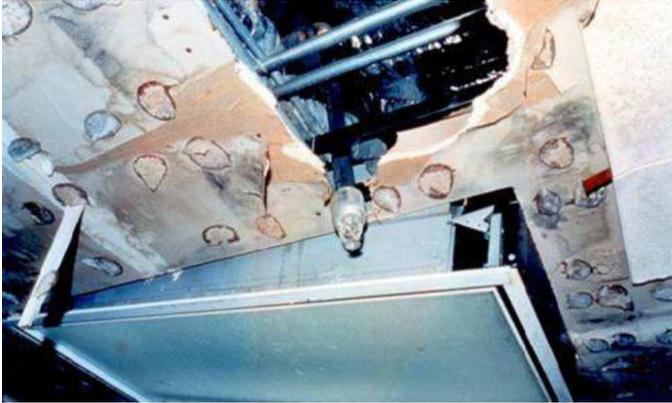
#### ***“Obblighi dei fabbricanti e dei fornitori***

*1. Sono vietati la fabbricazione, la vendita, il noleggio e la concessione in uso di attrezzature di lavoro, dispositivi di protezione individuali ed impianti non rispondenti alle disposizioni legislative e regolamentari vigenti in materia di salute e sicurezza sul lavoro.”*

Nella valutazione di “rischio sismico” si devono considerare i seguenti aspetti:

I) se la struttura della camera frigorifera è progettata per resistere al sisma, durante un terremoto si possono comunque presentare i seguenti rischi, da eliminare o mitigare:

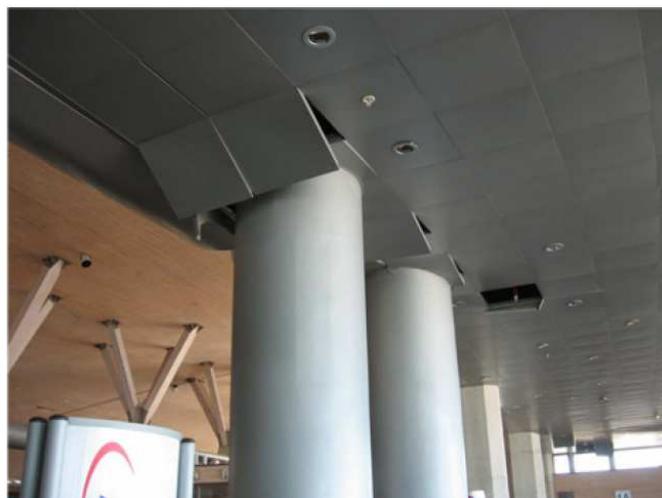
- rischio di rottura degli impianti passanti dovuto al martellamento causato da oscillazioni diverse;



- rischio di caduta dei componenti portati o incassati (evaporatori, lucernari, macchinari pesanti, ecc.) che devono essere fissati adeguatamente oppure resi autoportanti attraverso un sistema di sospensione;



- rischio di martellamento dovuto al moto orizzontale della soffittatura con eccessivi spostamenti che portino al crollo dei pannelli o peggio degli elementi incassati.



II) se la struttura della camera frigorifera non è progettata per resistere al sisma, si aggiunge il rischio rappresentato dalla possibilità di cedimento strutturale, ovvero crollo parziale o globale con danneggiamento delle merci e possibili danni alle persone.



b) Sicurezza statica/dinamica degli elementi costruttivi

Il Ministero del Lavoro, nella **lettera circolare n. 21346 del 13/09/1995**, ha definito “sicuro” un prodotto progettato secondo la seguente gerarchia di norme tecniche:

- 1) normativa comunitaria cogente, se esistente;
- 2) leggi e norme tecniche nazionali cogenti, se esistenti;
- 3) norme di rango superiore emanate a livello europeo, come le norme EN, se esistenti;
- 4) norme emanate a livello nazionale, come le norme UNI, se esistenti;
- 5) norme volontarie di “buona tecnica”, emanate da Enti e/o Associazioni di Produttori a livello europeo o italiano, se esistenti.

Nel settore delle celle frigorifere le norme applicabili sono le seguenti:

- Norme di Progettazione Antisismica vigenti in Europa

Per la progettazione antisismica delle celle frigorifere il riferimento è costituito dalle specifiche tecniche delle normative:

- **UNI EN 14509:2013** “Pannelli isolanti autoportanti a doppio rivestimento con paramenti metallici - Prodotti industriali - Specifiche.”;
- **UNI EN 1090-1:2012** - Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio. Parte 1 - Requisiti per l’ottenimento della conformità degli elementi strutturali
- **UNI EN 1090-2:2018** - Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio. Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio
- **UNI EN 12385** - Funi di acciaio - Sicurezza.

- Norme di Progettazione Antisismica vigenti in Italia

Per la progettazione antisismica delle celle frigorifere il riferimento è costituito dalla norma tecnica nazionale **D.M. 17/01/2018** (NTC 2018) e dalla **C.M. 7 del 21/01/2019**, integrata con le regole specifiche per la progettazione desunte dalle norme europee di riferimento.

Secondo le NTC 2018, al par.7.2.3, gli elementi costituenti l’edificio sono:

**Elementi strutturali primari (ST):** elementi sismo-resistenti (pilastri, muri, telai, ecc.)

**Elementi strutturali secondari:** alcuni elementi strutturali possono essere considerati “secondari”; nell’analisi della risposta sismica, la rigidità e la resistenza alle azioni orizzontali di tali elementi possono essere trascurate. Tali elementi sono progettati per resistere ai soli carichi verticali e seguire gli spostamenti della struttura senza perdere capacità portante

**Elementi costruttivi non strutturali (NS):** quelli con rigidità, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale e quelli che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell’incolumità delle persone

**Impianti (IM):** intesi come insieme di: impianto vero e proprio, dispositivi di alimentazione dell’impianto, collegamenti tra gli impianti e la struttura principale



Di conseguenza le celle frigorifere sono catalogabili come: **elementi non strutturali (NS)**.

Le verifiche da svolgere sugli elementi (§ 7.3.6 delle NTC 2018) sono:

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT(**)			DUT(**)		

(\*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

(\*\*) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

“Le verifiche degli elementi non strutturali (NS) e degli impianti (IM) si effettuano in termini di funzionamento (FUN) e stabilità (STA).”

### 7.3.6.2

#### Elementi non strutturali (NS)

#### Verifiche di stabilità (STA)

Per gli elementi non strutturali devono essere adottati magisteri atti ad evitare la possibile espulsione sotto l'azione della Fa (v. § 7.2.3) corrispondente allo SL e alla CU considerati.

### 7.3.6.3

#### Impianti (IM)

#### Verifiche di funzionamento (FUN)

Per gli impianti, si deve verificare che gli spostamenti strutturali o le accelerazioni (a seconda che gli impianti siano più vulnerabili all'effetto dei primi o delle seconde) prodotti dalle azioni relative allo SL e alla CU considerati non siano tali da produrre interruzioni d'uso degli impianti stessi.

#### Verifiche di stabilità (STA)

Per ciascuno degli impianti principali, i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, devono avere capacità sufficiente a sostenere la domanda corrispondente allo SL e alla CU considerati.

### AUTORIZZAZIONI ATTIVITA' EDILIZIA (T.U.E. -Testo Unico Edilizia- D.P.R. n.380/2001)

Dal punto di vista burocratico (T.U.E. modificato dalla Legge n.55 del 14/06/2019 - D.L. Sblocca Cantieri), si considera l'installazione della cella frigorifera come un '**intervento privo di rilevanza per la pubblica incolumità**', cioè un intervento minore, per il quale sono previste forme di semplificazione procedurale rispetto agli **obblighi di deposito e controllo progettuale**.

**RESPONSABILITA'**: la normativa tecnica italiana, al par. 7.2.3 del D.M. 17/01/2018 e ai par. C7.2.3 e C9.1 del C.M. n.7 del 21/01/019, riporta in modo inequivocabile quali sono le responsabilità che competono ai singoli attori delle fasi: progettuale, esecutiva e di controllo.



## CHI SONO I RESPONSABILI SECONDO LE NUOVE NTC

**NTC = Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministero delle Infrastrutture 17/01/2018)**  
*(pubblicata sulla GU Serie Generale n.42 del 20/02/2018 - Suppl. Ordinario n. 8)*

**7.2.3. CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI ED ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI**

**ELEMENTI SECONDARI**

Alcuni elementi strutturali possono essere considerati "secondari"; nell'analisi della risposta sismica, la rigidezza e la resistenza alle azioni orizzontali di tali elementi possono essere trascurate. Tali elementi sono progettati per resistere ai soli carichi verticali e per seguire gli spostamenti della struttura senza perdere capacità portante. Gli elementi secondari e i loro collegamenti devono quindi essere progettati e dotati di dettagli costruttivi per sostenere i carichi gravitazionali, quando soggetti a spostamenti causati dalla più sfavorevole delle condizioni sismiche di progetto allo SLC, valutati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3, oppure, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4.

In nessun caso la scelta degli elementi da considerare secondari può determinare il passaggio da struttura "irregolare" a struttura "regolare" come definite al § 7.2.1, né il contributo totale alla rigidezza ed alla resistenza sotto azioni orizzontali degli elementi secondari può superare il 15% dell'analogo contributo degli elementi primari.

**ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI**

Per elementi costruttivi non strutturali s'intendono quelli con rigidezza, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale e quelli che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone.

La capacità degli elementi non strutturali, compresi gli eventuali elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare (v. § 7.3.6). Quando l'elemento non strutturale è costruito in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda e progettare la capacità in accordo a formulazioni di comprovata validità ed è compito del direttore dei lavori verificarne la corretta esecuzione; quando invece l'elemento non strutturale è assemblato in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda, è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire elementi e sistemi di collegamento di capacità adeguata ed è compito del direttore dei lavori verificarne il corretto assemblaggio.

**CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP. . Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.**  
*(pubblicata sulla GU n.35 del 11-2-2019 - Suppl. Ordinario n. 5)*

**C9.1 PRESCRIZIONI GENERALI** **CAPITOLIO C9. COLLAUDO STATICO**

.....

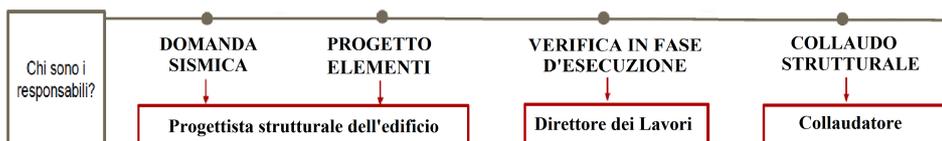
Dovendo il collaudo statico riguardare l'intero contenuto del progetto strutturale, nonché delle relative eventuali varianti depositate presso gli uffici competenti, esso comprende anche una valutazione delle previsioni progettuali relative ad elementi non strutturali - qualora riportati negli elaborati progettuali depositati agli organi di controllo - i quali, come indicato nel Capitolo 7 delle NTC, assumono rilevanza nel comportamento dinamico dell'opera, in termini di incolumità delle persone, danni e funzionalità dell'opera stessa. Il Committente o il Costruttore, nel caso in cui quest'ultimo esegua in proprio la costruzione, possono richiedere al Collaudatore statico l'esecuzione di collaudi statici parziali riguardanti parti completamente indipendenti della struttura, nonché, quando previsto da specifiche disposizioni in materia, collaudi statici provvisori; detti certificati parziali o provvisori potranno consentire l'uso della costruzione o di alcune sue parti, nei limiti espressi dal certificato medesimo.

Il collaudo statico comprende:

- Adempimenti tecnici: volti alla formazione del giudizio del Collaudatore sulla sicurezza e stabilità dell'opera nel suo complesso, includendo le interazioni della struttura con il terreno, le strutture di fondazione, le strutture in elevazione, gli elementi non strutturali - qualora riportati negli elaborati progettuali depositati agli organi di controllo -, nonché sulla rispondenza ai requisiti prestazionali indicati in progetto, con particolare riferimento alla vita nominale, alle classi d'uso, ai periodi di riferimento e alle azioni sulle costruzioni.
- Adempimenti amministrativi: volti ad accertare l'avvenuto rispetto delle procedure tecnico-amministrative previste dalle normative vigenti in materia di strutture.

### ELEMENTI NON STRUTTURALI

#### 1° CASO: COSTRUITI IN CANTIERE



#### 2° CASO: ASSEMBLATO IN CANTIERE





## DESCRIZIONE DELLA CAMERA FRIGORIFERA

Le celle frigorifere sono un'attrezzatura indispensabile per la conservazione del freddo in stabilimenti commerciali e industriali (ristoranti, negozi di alimentari, fioristi, laboratori chimici, ospedali, caseifici, ecc.), se si vuole evitare il deterioramento di prodotti alimentari, orto- floro-frutticoli o chimici.



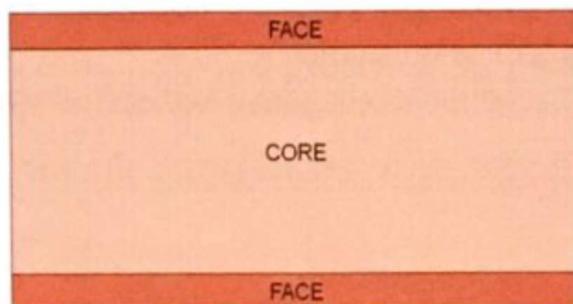
Una camera frigorifera è composta da pannelli coibentati (schiuma rigida in poli-isocianurato) con incastro maschio/femmina tenuti assieme da carpenteria metallica, profili in alluminio o lamiera verniciata e rivetti. Il tutto va a formare una struttura ermetica, solida e resistente.

Le pareti vengono vincolate alla pavimentazione mediante tasselli M6 o chiodo  $\phi 4$ .

Il pavimento coibentato, dove presente, è fatto con appositi pannelli sandwich da pavimento. Esso è pedonabile e carrellabile con piccoli carichi. Per aumentare la portata e la resistenza, ove previsto, viene montato un ulteriore rinforzo in lastre d'acciaio zincato striato antisdrucciolo.

### PANNELLI ISOTERMICI BIGSYSTEM GS112-Bs1 (INCOLD SpA)

I pannelli metallici coibentati vengono spesso denominati pannelli *sandwich*, in quanto costruiti da doppi paramenti metallici, generalmente acciaio zincato pre-verniciati detti *PELLI* o *FACE*, con interposto un componente isolante connettivo in materiale organico oppure inorganico che prende il nome di *CORE*.



*Schematizzazione di un pannello sandwich 'tipo'*



Giunto Maschio/Femmina a incastro  
con guarnizione poliuretanic di tenuta.  
Spessori: mm 60 ÷ 120



Pannelli sandwich ad incastro maschio femmina prodotti su pressa in continuo, in conformità alla Norma Europea EN 14509, adatti alla realizzazione di celle frigorifere a temperatura positiva e negativa, Marcate CE in conformità al benessere tecnico europeo ETA 10/0001. I pannelli Bigsystem della gamma GS 112, sono studiati per elevate prestazioni di isolamento termico, resistenza meccanica, estetica, igienicità, rapidità di montaggio.

Disponibili in 2 versioni:

1. GS 112 Bs1\_N con finitura superficiale Micro-nervata 0.5 mm, su 2 lati
2. GS 112 Bs1\_L con finitura superficiale Liscia su 2 lati

Spessori disponibili: mm 40 - 60 - 80 - 100 - 120 - 150 - 180 - 200 - 240.

## SISTEMI STRUTTURALI

### **a) Sistema costruttivo indipendente dall'edificio ospitante**

La camera frigorifera è una struttura indipendente vincolata al suolo tramite adeguate fondazioni.



*Celle di dimensioni ridotte*



*Celle di grandi dimensioni*

Per quando riguarda la determinazione dell'azione sismica bisognerà considerare la norma tecnica D.M. 17/01/2018 (par. 3.2 (celle a piano terra) e par. 7.2.3 (celle installate nei piani superiori)), mentre il dimensionamento delle strutture segue il par. 7.5 relativo alle costruzioni d'acciaio.



## b) Sistema costruttivo collegato all'edificio ospitante

La camera frigorifera è sorretta da tiranti (pendini) fissati al soffitto dell'edificio (struttura principale) risultando un '*elemento non strutturale*' che pur non influenzando la risposta strutturale, è ugualmente significativo ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone.

Da un punto di vista strutturale ogni camera frigorifera è connessa al sovrastante solaio della struttura principale dell'edificio da:

- un sistema di sospensione che è progettato per resistere alle sole azioni **verticali** di progetto;
- un insieme di dispositivi antisismici che sono progettati per resistere alle sole azioni **orizzontali** sismiche di progetto.

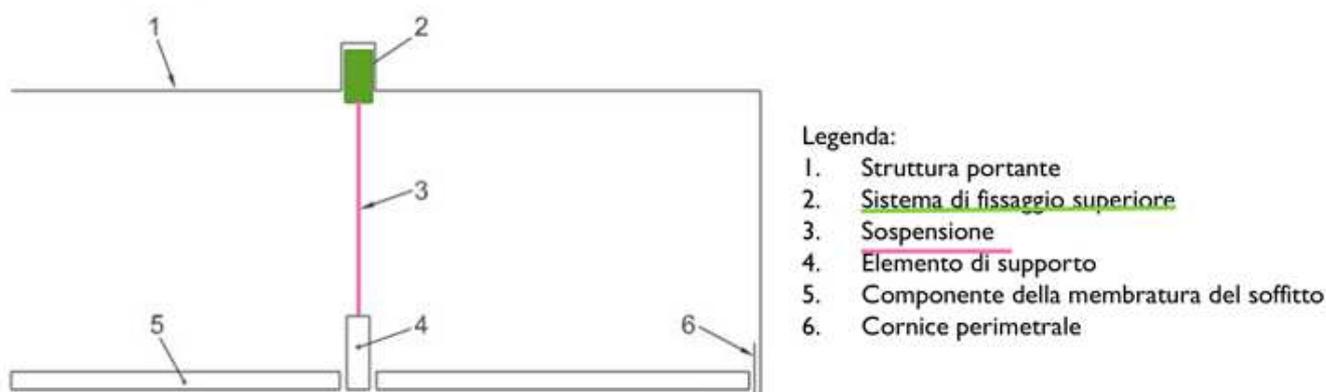
### DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI SOSPENSIONE

Il soffitto della camera frigorifera è costituita da una superficie piana formata da pannelli leggeri coibentati, posta al di sotto del solaio dell'edificio (struttura principale), che determina una diminuzione dell'altezza utile del locale interessato. Inoltre nel vano che si viene a creare tra lo stesso e il solaio può ospitare degli impianti (macchinari leggeri).

La tecnica di realizzazione prevede generalmente l'utilizzo di una struttura metallica (alluminio, acciaio) leggera, primaria e secondaria, a formare un reticolato, sorretto da tiranti (pendini) fissati al soffitto realizzati da barre filettate regolate da morsetti TKL M16/12.

Il passo dei tiranti dipende dal peso del controsoffitto stesso e dagli impianti che gravano su di esso sul quale vengono fissati (appoggiati, incastrati, incollati, avvitati, o più spesso assemblati mediante apposite squadrette).

I principali componenti della soffittatura infatti sono:



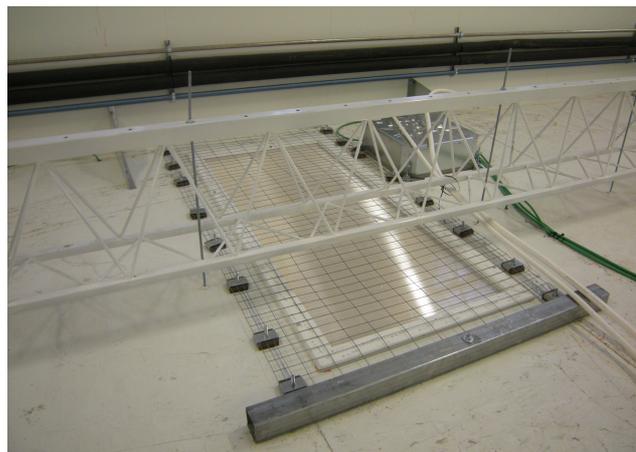
I due elementi principali sono però la **struttura portante**, che può essere in vari materiali (metallo, c.a., ecc.), e le **pannellature**, cioè le lastre della membrana del soffitto.



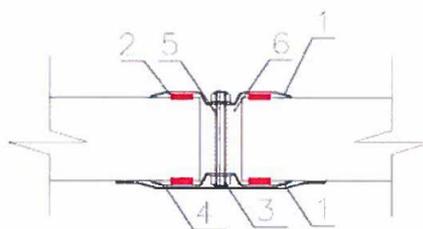
La posa delle lastre deve essere preferibilmente **effettuata perpendicolarmente** rispetto all'orditura alla quale vengono fissate, ma è consentita anche una posa parallela all'orditura stessa.

### ELEMENTI DI SUPPORTO

**PROFILO TUBOLARE o RETICOLARE:** E' realizzato in acciaio S235 zincato a caldo, di spessore adeguato, utilizzato per sostenere i pannelli sandwich del soffitto quando non trovano appoggio diretto sulle pareti perimetrali o sulle pareti delle celle frigorifere.



**PROFILO A FARFALLA:** E' realizzato in acciaio DX51D zincato a caldo di spessore 1.5 mm, utilizzato per collegare testa e coda di due pannelli per soffitto consecutivi, quando le dimensioni della camera frigorifera sono tali per cui la lunghezza del pannello non riesce a coprire l'intera luce della cella.



- 1-PROFILO A FARFALLA 160X4000 ZN RIVETTATO 3/MTX2
- 2-GUARNIZIONE ADESIVA 6X25
- 3-DADO ESAGONO AUTOBLOCCANTE + ROSETTA 13X24
- 4-PROFILO DI COPERTURA IN LAMIERA PREVERNICIATA RIVETTATO 3/MT X2
- 5-BARRA FILETTATA M12
- 6-SCHIUMATURA CON POLIURETANO MONOCOMPONENTE

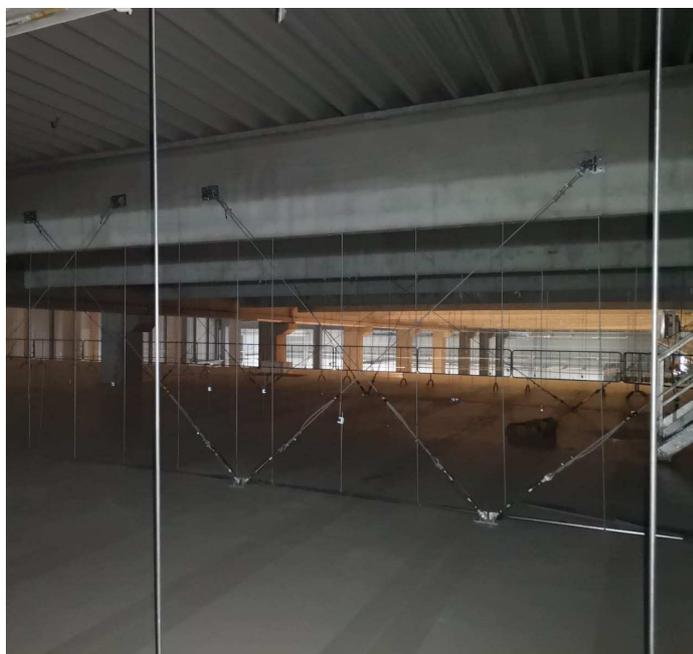


## DIMENSIONAMENTO DEI DISPOSITIVI ANTISISMICI

La forza sismica orizzontale, che agisce nel piano del soffitto della camera frigorifera, viene riportata nel piano del solaio del fabbricato per mezzo di controventi disposti nelle due direzioni ortogonali. L'insieme dei dispositivi di controventamento deve garantire:

- la **resistenza meccanica dei dispositivi** alle azioni sismiche di progetto;
- la **resistenza meccanica del collegamento** tra controvento e le strutture dell'edificio ospitante;
- la **limitazione dei movimenti orizzontali** al fine di evitare il martellamento tra il soffitto e le pareti perimetrali.

### I) Soluzione con funi metalliche (tiranti):



Poiché i controventi sono dei “fili” metallici soggetti ad instabilità in caso di azione di compressione, il modello prevede che solo il controvento in trazione collabori alla rigidità laterale.

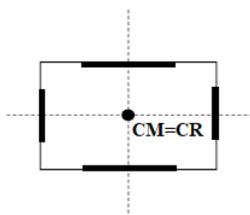
Definita la sezione (diametro 10÷12 mm) e l'inclinazione dei controventi (più vicino possibile all'angolo di 45°), la variazione del numero dei controventi permette di governare lo spostamento laterale del controsoffitto e, nel caso di forze inerziali elevate, di evitare lo snervamento delle funi (tiranti).

Di solito il numero di tiranti diagonali per ogni locale è dettato da limiti geometrici e costruttivi.

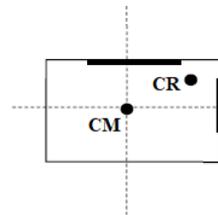
E' fondamentale inserire i dispositivi antisismici in modo tale da avere una regolarità planimetrica del sistema strutturale, cioè è necessario ridurre al minimo l'eccentricità tra baricentro delle masse (CM) e baricentro delle rigidità (CR). Infatti se il centro di massa e di rigidità non coincidono



nascono effetti torcenti in pianta che inducono rotazioni intorno al centro di rigidezza e possono indurre un incremento della sollecitazione negli elementi più lontani.



distribuzione perimetrale simmetrica:  
 CM coincide con CR



distribuzione perimetrale simmetrica:  
 CM non coincide con CR  
 → momento torcente

Inoltre bisogna tener presente che la rigidezza e l'efficacia di ciascun controvento è influenzata dall'angolo d'inclinazione  $\theta$ , come emerge dalla figura sottostante:

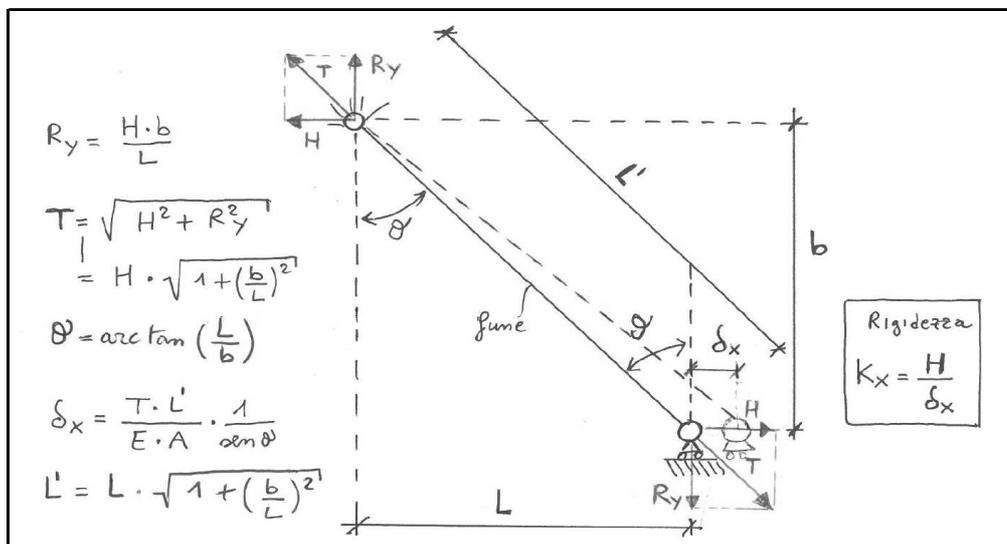
**Variazione dell'intensità della forza di trazione T nella fune in funzione della modifica dell'angolo  $\theta$**

H = 1000 daN  
 E = 2100000 daN/cm<sup>2</sup> (acciaio)  
 A = 0.79 cm<sup>2</sup> (fune diam.10)  
 b = 400 cm

L cm	$\theta$ [°]	T [daN]	Ry [daN]	$\delta_x$ [cm]	Kx [daN/cm]
350	41.2	1519	1143	0.739	1353
360	42.0	1495	1111	0.725	1380
370	42.8	1473	1081	0.712	1404
380	43.5	1452	1053	0.701	1426
390	44.3	1432	1026	0.691	1447
400	<b>45.0</b>	1414	1000	0.682	1466
410	45.7	1397	976	0.674	1484
420	46.4	1381	952	0.667	1500
430	47.1	1366	930	0.660	1514
440	47.7	1351	909	0.655	1528
450	48.4	1338	889	0.650	1539

$\Delta\theta$ [°]	$\Delta T$ [daN]	$\Delta K_x$ [daN/cm]
-3.8	104	-113
-3.0	81	-87
-2.2	58	-62
-1.5	38	-40
-0.7	18	-19
0.0	0	0
0.7	-17	18
1.4	-33	34
2.1	-48	48
2.7	-63	61
3.4	-76	73

+ deformabile  
- deformabile





Inoltre si ipotizza un funzionamento a diaframma rigido del piano di copertura della camera frigorifera, cioè si assume una ripartizione uniforme delle azioni orizzontali del sisma sui diversi elementi resistenti (controventi) ed assicura una risposta vibratoria complessivamente coerente di tutte le sue parti.

Più precisamente, l'azione diaframma consiste in flussi di sforzi tangenziali che trasmettono le forze sismiche dai dispositivi antisismici più sollecitati a quelli meno sollecitati, ripartendole in modo uniforme sui controventi stessi e impedendo nel contempo risposte sconnesse dove alcune parti vibrano fuori fase rispetto ad altre.

Infatti la copertura è realizzata con elementi affiancati e collegati l'uno all'altro da connessioni (rivetti) poste sui bordi e sugli appoggi. In questo caso la solidarietà della lastra è realizzata in modo discreto, attraverso connessioni puntuali.

II) Soluzione con profili d'acciaio (Tubolari, UNP, IPE, HE, ecc.)  
(work in progress)

### **ELEMENTI NON STRUTTURALI: Definizione**

Secondo quanto indicato al § 7.2.3 delle NTC 2018:

*“Per elementi costruttivi **non strutturali** s’intendono:*

- *quelli con rigidezza, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale;*

*e*

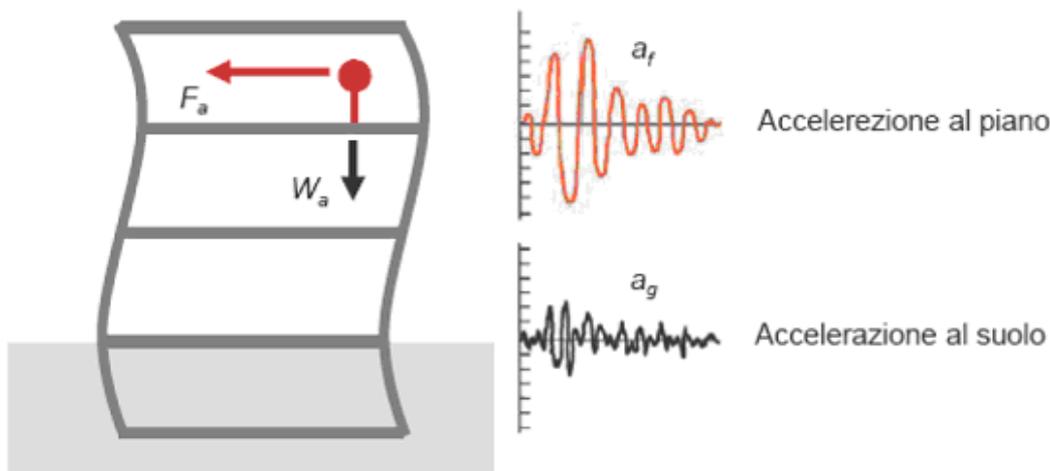
- *quelli che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone.*

*La capacità degli elementi non strutturali, compresi gli eventuali elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare (v. § 7.3.6). Quando l'elemento non strutturale è costruito in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda e progettare la capacità in accordo a formulazioni di comprovata validità ed è compito del direttore dei lavori verificarne la corretta esecuzione; quando invece l'elemento non strutturale è assemblato in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda, è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire elementi e sistemi di collegamento di capacità adeguata ed è compito del direttore dei lavori verificarne il corretto assemblaggio. (omissis)”.*

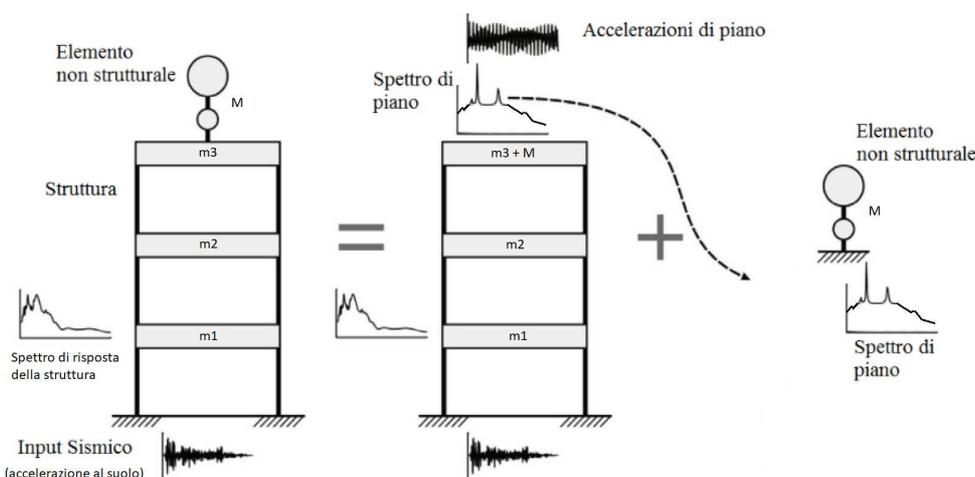
Pertanto le strutture di sostegno degli impianti e le opere accessorie (come le celle frigorifere), che non costituiscono parte della struttura dell'edificio e non influenzano la risposta strutturale sono descritte come elementi non strutturali. Esempi di elementi non strutturali sono i rivestimenti degli



edifici, le facciate ed i soffitti sospesi, ma anche le installazioni e le apparecchiature quali condutture, apparecchiature, macchinari e installazioni fotovoltaiche.



Se gli elementi non strutturali devono essere progettati e protetti per resistere agli eventi sismici, il fattore decisivo per la progettazione e il dimensionamento sismico non è esclusivamente il movimento del suolo (massima accelerazione al suolo  $a_g$ ), ma soprattutto quello dell'edificio o del solaio sul quale l'elemento è installato. In questo caso il fattore fondamentale è l'accelerazione al piano  $a_f$ , la cui magnitudo e frequenza dipendono dalla struttura dell'edificio attraverso il quale le scosse vengono trasmesse. L'edificio agisce da **filtro di frequenza**, che **amplifica** le scosse del terremoto nell'area della frequenza naturale dell'edificio. Sull'elemento strutturale stesso agisce anche l'amplificazione dinamica. In questo caso, il fattore decisivo è il comportamento di vibrazione naturale dell'elemento stesso, le sue caratteristiche di smorzamento e la sua capacità di dissipare l'energia attraverso la deformazione plastica.



Metodologia per la valutazione degli spettri di piano [Filiatrault et al., 2014]



### AZIONE SISMICA SUGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI (D.M. 17/01/2018 par. 7.2.3)

Per l'analisi sismica degli elementi non strutturali, di norma, viene utilizzato il cosiddetto metodo della forza statica equivalente. In questo caso, si stabilisce una forza statica equivalente  $F_a$  (forza sismica) agente sul centro di gravità dell'elemento. Si prendono in considerazione le vibrazioni dell'edificio e degli elementi ma anche la capacità dell'elemento di assorbire energia tramite la deformazione (dissipazione di energia) utilizzando alcuni fattori (coefficienti).

Gli effetti dell'azione sismica sugli elementi non strutturali possono essere determinati applicando agli elementi detti una forza orizzontale  $F_a$  definita come segue:

$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a$$

dove:

$F_a$  è la forza sismica orizzontale agente al centro di massa dell'elemento non strutturale nella direzione più sfavorevole;

$W_a$  è il peso dell'elemento (valore orientativo di un pannello alleggerito prefabbricato è  $W_a = 4.10 \text{ kN/m}^2$ );

$S_a$  è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame (v. § 3.2.1);

$q_a$  è il fattore di struttura dell'elemento ( $q_a = 2.0$ , Tabella C7.2.I della norma C.M. n.7 del 21/01/2018).

Si applica la norma C.M. n.7 del 21/01/2018 par. C7.2.3 'Formulazione semplificata per costruzioni con struttura a telai', in cui  $S_a$  può essere calcolato nel seguente modo:

$$S_a(T_a) = \begin{cases} \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[ \frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{aT_1}\right)^2} \right] \geq \alpha S & \text{per } T_a < aT_1 \\ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) a_p & \text{per } aT_1 \leq T_a < bT_1 \\ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[ \frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{bT_1}\right)^2} \right] \geq \alpha S & \text{per } T_a \geq bT_1 \end{cases} \quad [C7.2.11]$$

dove:

- $\alpha$  è il rapporto tra accelerazione massima del terreno  $a_g$  su sottosuolo tipo A da considerare nello stato limite in esame (si veda § 3.2.1) e l'accelerazione di gravità  $g$ ;
- $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche secondo quanto riportato nel § 3.2.3.2.1;
- $T_a$  è il periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;
- $T_1$  è il periodo fondamentale di vibrazione della costruzione nella direzione considerata;
- $z$  è la quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione;
- $H$  è l'altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione;
- $a, b, a_p$  sono parametri definiti in accordo con il periodo fondamentale di vibrazione della costruzione (si vedano Fig. C.7.2.4 e Tabella C.7.2.II).



**Tabella C7.2.II-** Parametri  $a$ ,  $b$ ,  $a_p$  in accordo con il periodo di vibrazione della costruzione  $T_1$ .

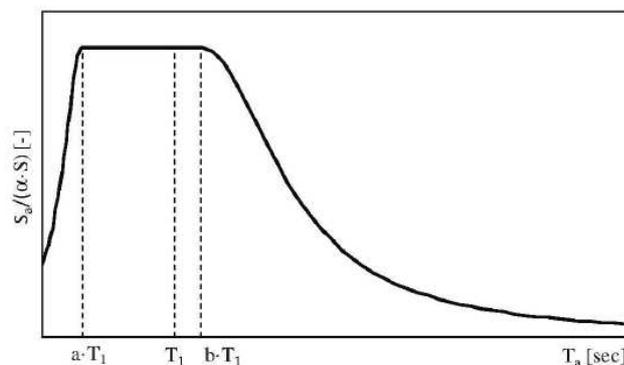
	a	b	$a_p$
$T_1 < 0,5$ s	0,8	1,4	5,0
$0,5$ s $< T_1 < 1,0$ s	0,3	1,2	4,0
$T_1 > 1,0$ s	0,3	1,0	2,5

Per  $q_a$  si possono assumere i valori riportati in Tabella C7.2.I della norma C.M. n.7 del 21/01/2018:

**Tabella C7.2.I -** Valori di  $q_a$  per elementi non strutturali

Elemento non strutturale	$q_a$
Parapetti o decorazioni aggettanti Insegne e pannelli pubblicitari Comignoli antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole senza controventi per più di metà della loro altezza	1,0
Pareti interne ed esterne Tramezzatura e facciate Comignoli, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole non controventate per meno di metà della loro altezza o connesse alla struttura in corrispondenza o al di sopra del loro centro di massa Elementi di ancoraggio per armadi e librerie permanenti direttamente poggianti sul pavimento Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti	2,0

Gli spettri di piano, descritti attraverso l'eq. C7.2.11, sono in generale conservativi per un ampio campo di periodi, con particolare riguardo a elementi non strutturali aventi periodo proprio prossimo al periodo fondamentale della costruzione. In particolare i parametri  $a$ ,  $b$  e  $a_p$  sono stati definiti in accordo con il periodo proprio della struttura e calibrati per tener conto dell'elongazione del periodo fondamentale, legata alle non linearità del sistema, e del contributo dei modi superiori.



**Figura. C7.2.3** – Spettri di risposta di piano per gli elementi non strutturali

Pertanto il posizionamento delle celle frigorifere ai vari piani degli edifici **cambia le modalità di valutazione dell'azione sismica**:

- 1) Celle a livello del suolo (piano terra): possono essere pensate come indipendenti dalla struttura circostante (sempre che ci siano adeguati spazi di libera oscillazione) e l'azione sismica verrà determinata considerando il par. 3.2 del D.M. 17/01/2018;
- 2) Celle ai piani superiori: nella determinazione delle azioni sismiche sulle celle è molto importante considerare l'amplificazione trasmessa dalla vibrazione dell'edificio mediante gli **spettri di piano** (D.M. 17/01/2018 par. 7.2.3 e C.M. n.7 del 21/01/2018 par. C7.2.3).