

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 SmArT
Ingegneria e sicurezza

Principali applicazioni in edilizia:

- Rinforzo di elementi strutturali in c.a., acciaio, muratura, legno
- Confinamento di pilastri
- Incremento della resistenza a flessione, taglio e torsione
- Miglioramento del comportamento sismico

Normativa di riferimento:

- CNR-DT 200/2013 – Linee guida italiane per la progettazione, esecuzione e controllo
- Riferimenti internazionali: ACI 440.2R, fib Bulletin 14

Immagine da FIB Bulletin 14



Fig. 5-3: Shear strengthening of: (a) beam end; (b) short column.

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

41

41

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 SmArT
Ingegneria e sicurezza

Verso una progettazione consapevole e sostenibile

- Importanza dell'analisi costi-benefici
- Sinergia tra protezione strutturale e business continuity
- Ruolo del progettista: valutazione rischio/beneficio e dialogo con il committente
- Obblighi assicurativi

Rif. letteratura




È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

42

42

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025





Sicurezza sismica delle scaffalature

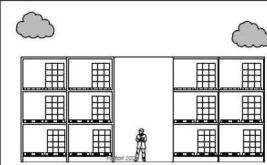
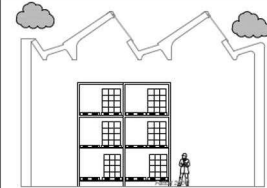
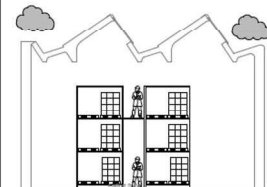
È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

43

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025





	SCAFFALATURA AUTOPORTANTE Edificio NTC 2018
	SCAFFALATURA APR <i>Adjustable pallet racking systems</i> Arredo UNI EN 16681
	SOPPALCO Edificio NTC 2018

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

44

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



Norma UNI EN	Titolo
UNI EN 15512:2009	Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Scaffalature porta-pallet - Principi per la progettazione strutturale
UNI EN 15620:2009	Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Scaffalature porta-pallet - Tolleranze, deformazioni e interspazi
UNI EN 15629:2009	Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Specifiche dell'attrezzatura di immagazzinaggio
UNI EN 15635:2009	Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Utilizzo e manutenzione dell'attrezzatura di immagazzinaggio
UNI EN 15878:2010	Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Termini e definizioni
UNI EN 16681:2016	Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Scaffalature porta-pallet - Principi per la progettazione sismica

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

45

45

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



Norma UNI	Titolo
UNI 11575:2015	Scaffalature metalliche - Progettazione delle scaffalature drive-in e drive-through per lo stoccaggio statico di pallet
UNI 11598:2015	Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Scaffalature Cantilever - Principi per la progettazione strutturale
UNI 11636:2016	Scaffalature industriali metalliche - Validazione delle attrezzature di immagazzinamento
UNI 11262:2017	Scaffalature metalliche - Scaffalature commerciali di acciaio - Requisiti, metodi di calcolo e prove, fornitura, uso e manutenzione

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

46

46

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 **SmArT**
Ingegneria e sicurezza

Linee guida per la progettazione, esecuzione, verifica e messa in sicurezza delle scaffalature metalliche

Oggetto

- **Nuove scaffalature:** identificazione dei riferimenti e limiti normativi per la progettazione in zona sismica
- **Scaffalature esistenti:** identificazione di elementi per la valutazione della vulnerabilità sismica

Campo di applicazione

- **APR «adjustable pallet racking system»** secondo la definizione della UNI EN 15878

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

47

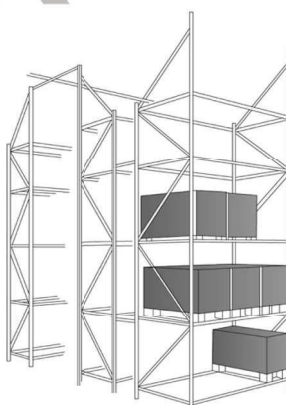
47

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 **SmArT**
Ingegneria e sicurezza

Scaffali regolabili per pallet (Adjustable pallet racking - APR)

categorie identificate dalla norma UNI EN 15620:



Merci pallettizzate	Scaffale con traslo-elevatore di classe 100
	Scaffale con traslo-elevatore di classe 200
	Scaffale a corridoio molto stretto classe 300
	Scaffale a corridoio stretto classe 400
	Scaffale a corridoio largo classe 400

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

48

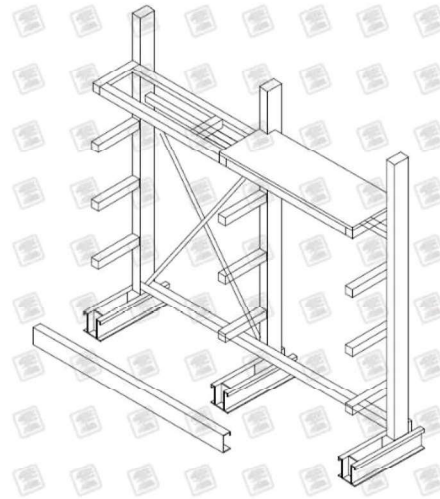
48

Cantilever:

scaffalature realizzate con una struttura base costituita da una colonna e dalle sue mensole, che possono essere collocate a diverse altezze.

L'insieme di queste strutture base, accostate ad intervalli regolari e tra loro collegate, forma la scaffalatura cantilever.

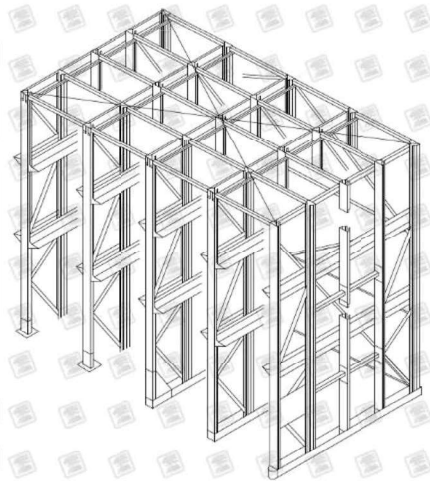
Questa scaffalatura è solitamente destinata allo stoccaggio di elementi "lunghi" (come per esempio tubi, profilati metallici, profilati plastici, ecc.).



È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

49

49

**Drive-in e drive-through:**

note anche come scaffalature a inforamento e passaggio continuo, sono una variante delle scaffalature porta-pallet APR e sono utilizzate per lo stoccaggio intensivo di grandi quantità di pallet, per esempio di merci stagionali.

I pallet vengono disposti su apposite guide e i mezzi di prelievo sono guidati all'interno dello scaffale.

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

50

50

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

51

51

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

52

52

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025






È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

53

53

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



Definizioni e specifiche	Progettazione e costruzione	Utilizzo e manutenzione	Validazione
UNI EN 15620:2009	UNI 11262:2017		
UNI EN 15629:2009	UNI EN 15512:2009	UNI EN 15635:2009	UNI 11636:2016
UNI EN 15878:2010	UNI EN 16681:2016		

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

54

54

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



UNI EN 16681:2016
Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Scaffalature porta-pallet - Principi per la progettazione sismica

La norma specifica i requisiti di progettazione strutturale applicabili a tutti i sistemi di scaffalature porta- pallet costituiti da elementi di acciaio destinati allo stoccaggio di unità di carico e soggetti ad azioni sismiche. Sono esclusi altri tipi generici di strutture di stoccaggio.

L'applicazione di queste norme non è cogente, sono «solo» norme tecniche

Attenzione che le scaffalature non siano riconducibili a «strutture» per cui si applicherà NTC2018

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
 È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

55

55

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



Linee guida del giugno 2023

«...il proprietario della scaffalatura installata all'interno di un luogo di lavoro è tenuto all'analisi di tutti i rischi inerenti l'attività lavorativa secondo D.Lgs. 81/2008 e s.m.i, inclusa la valutazione degli effetti delle azioni sismiche e alla regolare manutenzione secondo uno specifico piano di controllo e manutenzione (redatto in accordo alla UNI EN 15635:2009)»

VALUTAZIONE PRELIMINARE:

1. Prescrizioni generali
2. Controlli
3. Restrizioni di carico

↓

VALUTAZIONE APPROFONDATA:

Analisi accurata ed estesa secondo i principi delle NTC o delle norme UNI EN 16681

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
 È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

56

56

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

57

57

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025



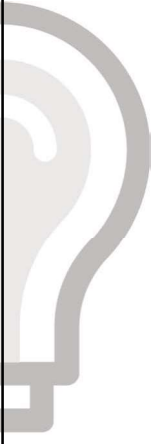
È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

58

58

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025





Sicurezza sismica dei serbatoi

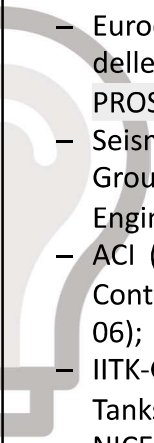
È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

59

59

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025





- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 4: Silos, serbatoi e tubazioni; **DI PROSSIMO AGGIORNAMENTO**
- Seismic Design of Storage Tanks, Recommendation of a Study Group of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering (NZSEE);
- ACI (American Concrete Institute), Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary (ACI 350.3-06);
- IITK-Gsdma Guidelines for Seismic Design of Liquid Storage Tanks Provisions with Commentary and Explanatory Examples, NICEE.

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

60

60

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

SmArT
Ingegneria e sicurezza



Deformabilità:	Posizione:	Forma:	Ancoraggio:
Rigidi	Interrati	Circolari	Perfettamente ancorati in fondazione
Deformabili	Non interrati	Rettangolari	Non ancorati in fondazione
	Sopraelevati		

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

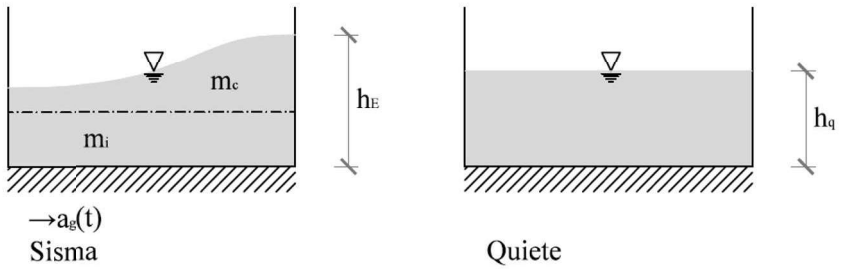
61

61

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

SmArT
Ingegneria e sicurezza

Il liquido si “divide” in due parti, una prima parte si muove rigidamente con il fondo e le pareti del serbatoio (*moto impulsivo e con periodi bassi*), una seconda parte si muove autonomamente generando delle onde di sciabordio, o “sloshing” (*moto convettivo e con periodi alti*).



→ $a_g(t)$
Sisma

Quiete

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

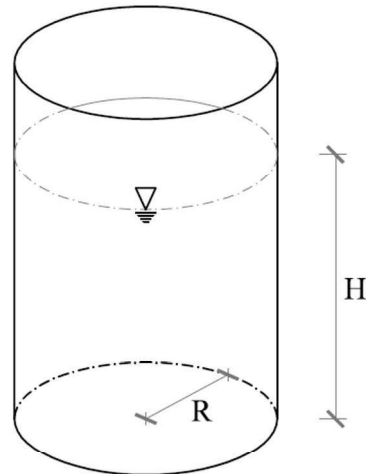
62

62

La suddivisione della massa totale di liquido tra massa inerziale e massa convettiva avviene proporzionalmente alla snellezza del serbatoio, definita da

$$\gamma = H / R$$

Al diminuire della snellezza (esempio del piatto di minestra) diminuisce la massa impulsiva e aumenta la massa convettiva, e di conseguenza aumentano il fenomeno dello sciabordio del liquido, che potrebbe anche fuoriuscire.

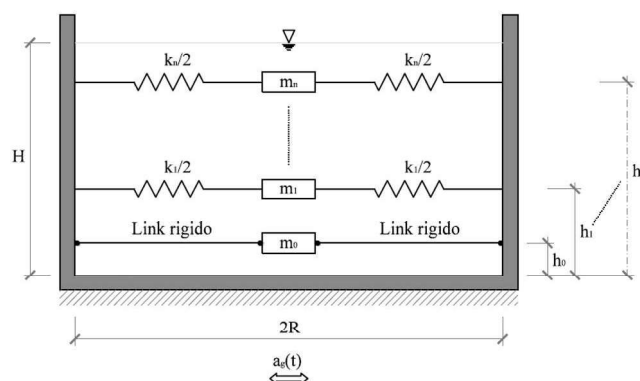


È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

63

63

In realtà la massa convettiva non è una sola, ma a seconda del numero di modi di vibrare si individuano diversi modi convettivi e le relative masse



È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

64

64

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 **SmArT**
Ingegneria e sicurezza

Table A2.1. HAZUS (2010), Storage tank damage classification

State	Description
DS1	No damage.
DS2	Minor damage without loss of content or functionality (minor damage to the tank roof due to water sloshing, minor cracks in concrete tanks, or localized wrinkles in steel tanks).
DS3	Considerable damage, but only minor loss of content (elephant foot buckling for steel tanks without loss of content or moderate cracking of concrete tanks with minor loss of content).
DS4	Severe damage and going out of service (elephant foot buckling for steel tanks with loss of content, stretching of bars for wood tanks, or shearing of wall for concrete tanks).
DS5	Collapse and loss of all content.

Table A2.2. O'Rourke and So (2000), Storage tank damage classification

State	Description
DS1	No damage to tank or I/O pipes.
DS2	Damage to roof, minor loss of contents, minor damage to piping, but no elephant-foot buckling.
DS3	Elephant-foot buckling with minor loss of content.
DS4	Elephant-foot buckling with major loss of content, severe damage.
DS5	Total failure, tank collapse.



È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

65

65

Seminario presso Ordine degli Ingegneri di Perugia – 5 novembre 2025

 **SmArT**
Ingegneria e sicurezza



Grazie per l'attenzione!!!!

 **Ing. Lucio Fattori**
fattori@smartsicurezza.it

È vietata la copia e la riproduzione dei contenuti in qualsiasi forma.
È vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore - Copyright © 2025 Lucio Fattori

66

66