



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

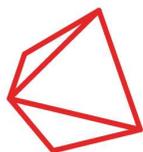
# **Circolare NTC 2018**

*considerazioni sui principi alla base della  
norma*

---

Luigi Petti





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale

Spediz. abb. post. - art. 1, comma 1  
Legge 27-02-2004 n. 46 - Filiale di Roma

**GAZZETTA UFFICIALE**  
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

**PARTE PRIMA** Roma - Martedì, 20 febbraio 2018

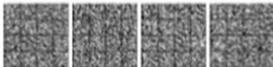
DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00187 ROMA  
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-490011 - LIBRERIA DELLO STATO  
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

N. 8

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE  
E DEI TRASPORTI

DECRETO 17 gennaio 2018.

**Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».**



Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 35 del 11 febbraio 2019 - Serie generale

Spediz. abb. post. - art. 1, comma 1  
Legge 27-02-2004 n. 46 - Filiale di Roma

**GAZZETTA UFFICIALE**  
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

**PARTE PRIMA** Roma - Lunedì, 11 febbraio 2019

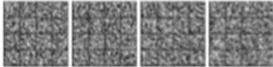
DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00187 ROMA  
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-490011 - LIBRERIA DELLO STATO  
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

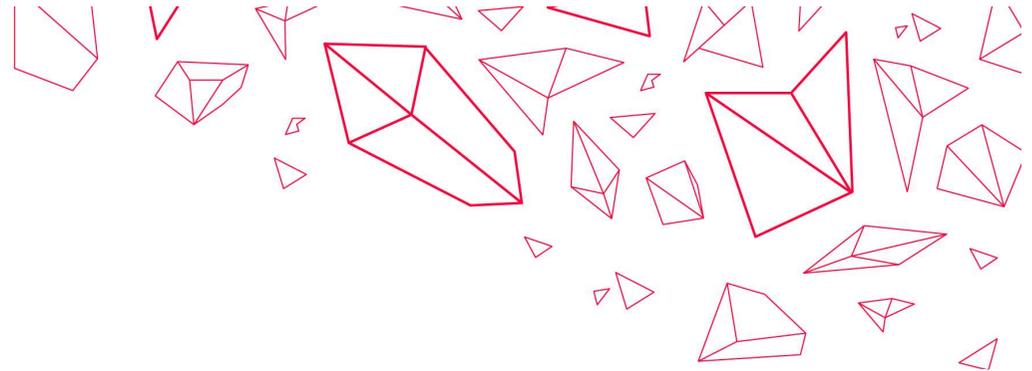
N. 5

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE  
E DEI TRASPORTI

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.**



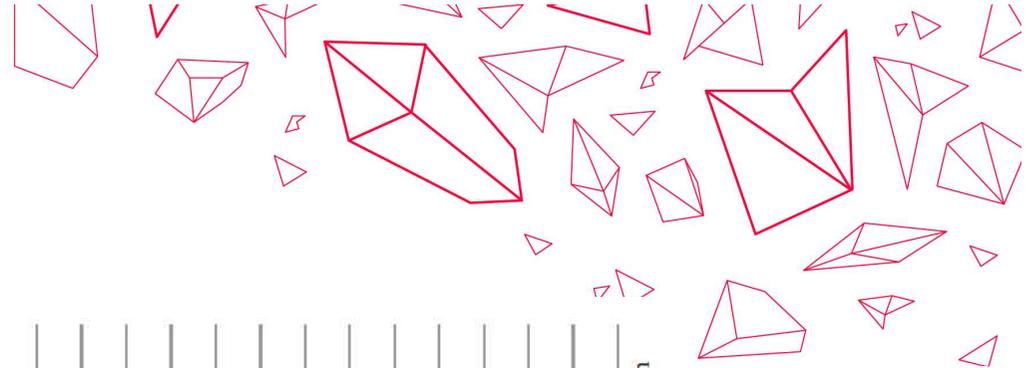


## NTC2018

Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla **legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64**, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto- legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186. Le presenti norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

## CIRCOLARE

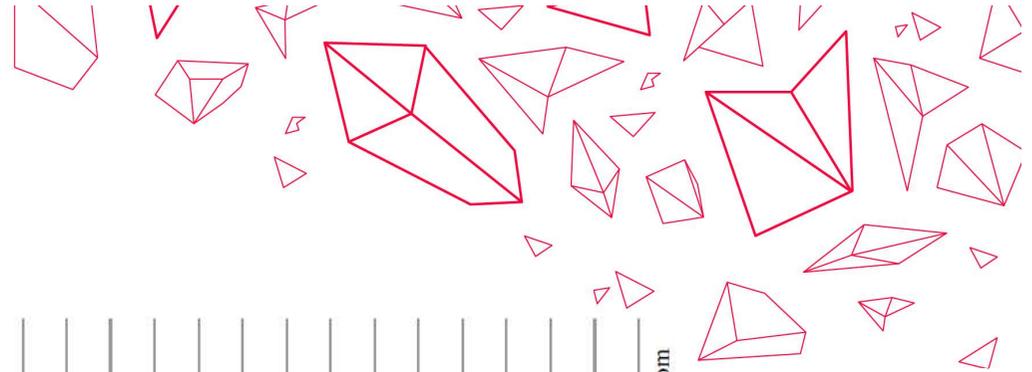
.... In considerazione del carattere innovativo di detto aggiornamento, si è ritenuto opportuno emanare la presente circolare applicativa che sostituisce la precedente circolare n. 617 del 2 febbraio 2009, relativa alle norme tecniche approvate con decreto ministeriale 14 gennaio 2008, la quale ha lo **scopo di fornire agli operatori del settore, ed in particolare ai progettisti, opportuni chiarimenti, indicazioni ed elementi informativi per una più agevole ed univoca applicazione delle norme stesse.** ...



## EU Regulations

	Austria	Belgium	Bulgaria	Cyprus	Czech Republic	Denmark	Estonia	Finland	France	Germany	Greece	Hungary	Ireland	Italy	Latvia	Lithuania	Luxembourg	Malta	Netherlands	Poland	Portugal	Romania	Slovakia	Slovenia	Spain	Sweden	United Kingdom
Yes			■	■	■	■	■	■		■		■	■	■	■	■		■	■	■		■		■	■	■	■
No	■	■							■												■						
No information											■						■						■				
	Austria	Belgium	Bulgaria	Cyprus	Czech Republic	Denmark	Estonia	Finland	France	Germany	Greece	Hungary	Ireland	Italy	Latvia	Lithuania	Luxembourg	Malta	Netherlands	Poland	Portugal	Romania	Slovakia	Slovenia	Spain	Sweden	United Kingdom
Central authorities	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Regional authorities	■	■								■				■									■		■		■
Local authorities		■						■						■	■	■	■				■						
No information											■	■															

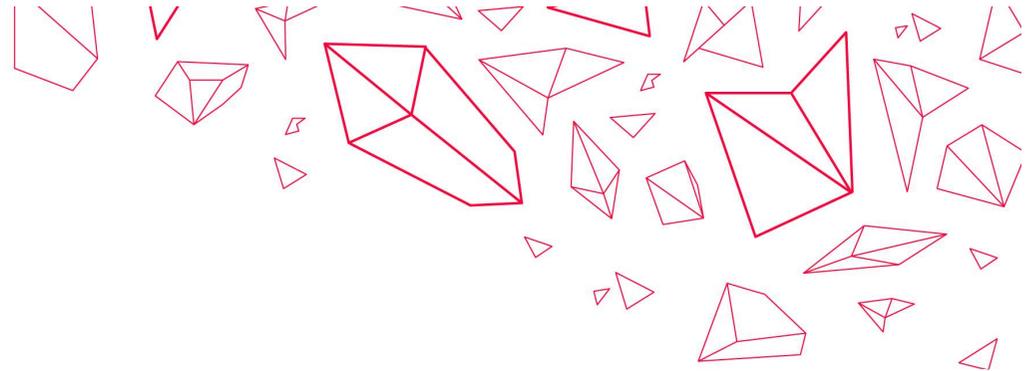
*“Technical building regulations in EU countries presentation: comparison of their organization and formulation “ di João Branco Pedro e Altri, 2010*



## EU Regulations

	Austria	Belgium	Bulgaria	Cyprus	Czech Republic	Denmark	Estonia	Finland	France	Germany	Greece	Hungary	Ireland	Italy	Latvia	Lithuania	Luxembourg	Malta	Netherlands	Poland	Portugal	Romania	Slovakia	Slovenia	Spain	Sweden	United Kingdom
Functional	<input type="checkbox"/>															<input checked="" type="checkbox"/>								<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Performance	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prescriptive	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>							
No information							<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				
	Austria	Belgium	Bulgaria	Cyprus	Czech Republic	Denmark	Estonia	Finland	France	Germany	Greece	Hungary	Ireland	Italy	Latvia	Lithuania	Luxembourg	Malta	Netherlands	Poland	Portugal	Romania	Slovakia	Slovenia	Spain	Sweden	United Kingdom
General reference				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				
Direct reference	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
No information											<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		

*“Technical building regulations in EU countries presentation: comparison of their organization and formulation “ di João Branco Pedro e Altri, 2010*



## 1.1 NTC2018

... definiscono i principi (...) dei riguardi delle **prestazioni** loro richieste in termini di (..) **resistenza meccanica** e **stabilità**, anche in caso di **incendio**, e di **durabilità**.

... forniscono quindi i **criteri generali di sicurezza**, precisano le **azioni** che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le **caratteristiche dei materiali e dei prodotti** e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla **sicurezza strutturale** delle opere.

### C1.1 CIRCOLARE

Il percorso progettuale, volendolo sintetizzare, può ritenersi articolato nelle fasi della concezione, della verifica, della esecuzione e del controllo:

- la concezione è tutta e sola appannaggio della creatività, della competenza tecnica e dell'esperienza del singolo progettista; essa ricade nella sua esclusiva responsabilità, certo non può essere normata;
- la verifica, la esecuzione e il controllo, invece, ricadono nella sfera delle attività collettive, assumendo l'aspetto di un **contratto sociale**, di una convenzione che, pur essendo basata su valutazioni scientifiche, giunge a fissare la **frontiera tra lecito e illecito**, tra accettato e rifiutato.



## C1.1 CIRCOLARE

La normativa, proprio per il suo carattere eminentemente contrattuale e sociale, non si occupa della concezione, ma solo della verifica, della esecuzione e del controllo...

In questo ambito, certamente più ristretto, dello sviluppo progettuale, assumono importanza preminente, per gli obiettivi innanzi dichiarati, il modello di calcolo e il metodo di analisi, tenendo presente che le costruzioni civili, rispetto ai prodotti industriali, ad esempio, costituiscono sempre “oggetti unici”, cioè “prototipi”. Per quest’ultimo motivo è utile identificare e riconoscere, da subito, quegli elementi unificanti, validi cioè per ogni costruzione, necessari per l’individuazione del modello di calcolo e la scelta del metodo di analisi.



*prodotti industriali*

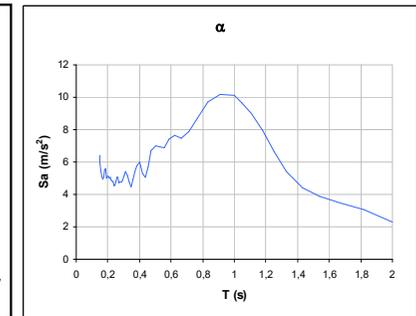
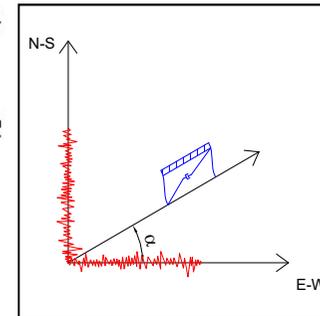
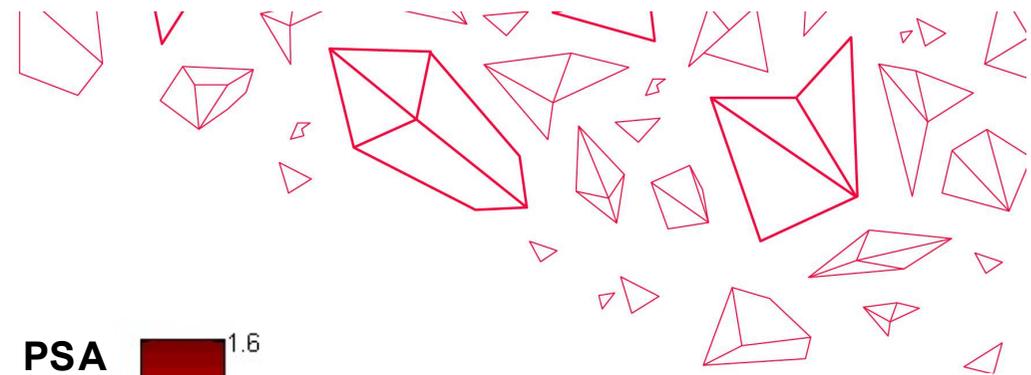
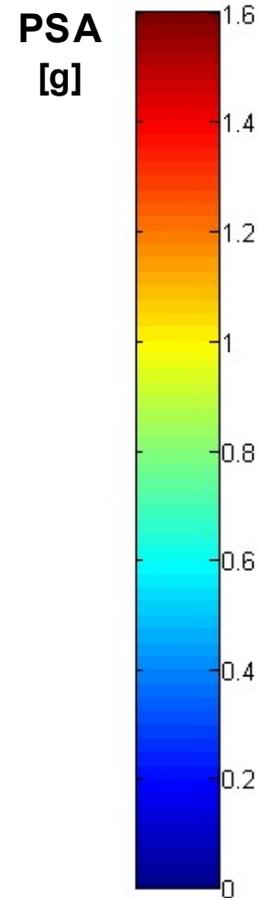
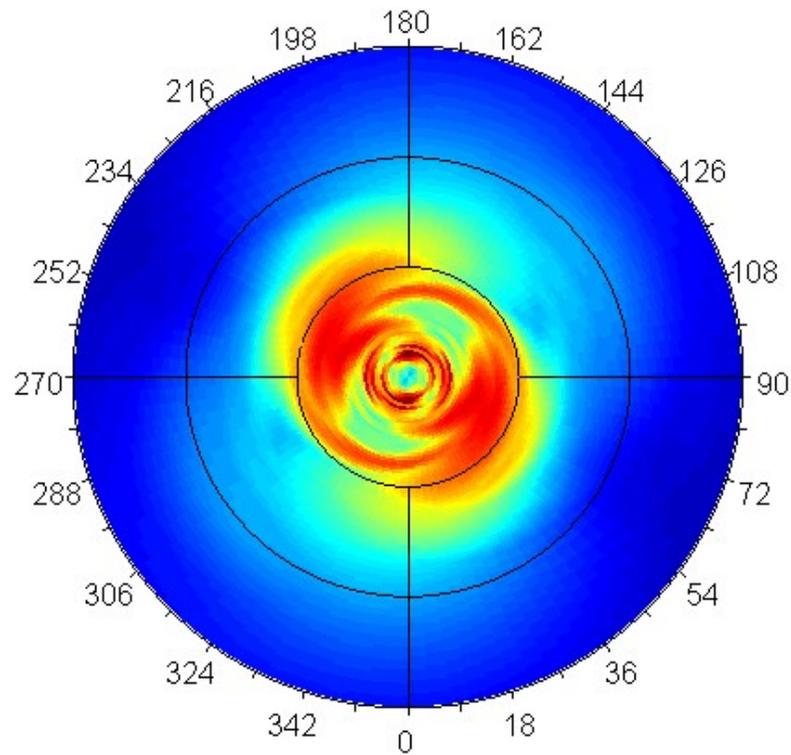


*prototipi*

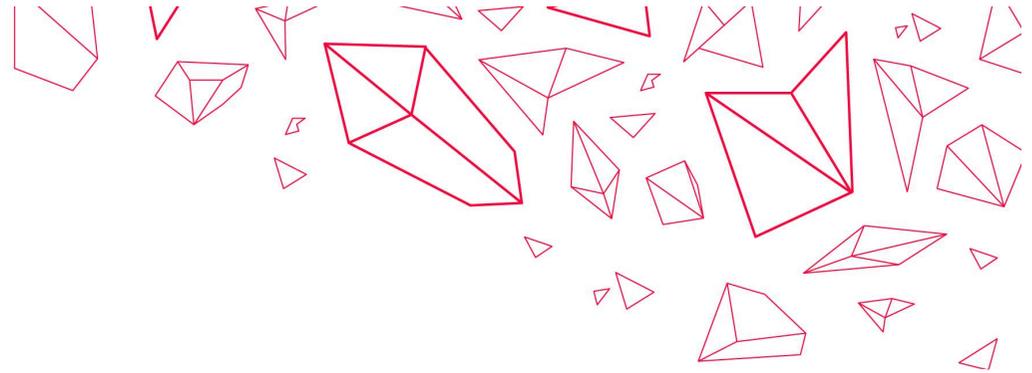
**L'Aquila 2009**  
*Pettino*



## POLAR RESPONSE SPECTRA



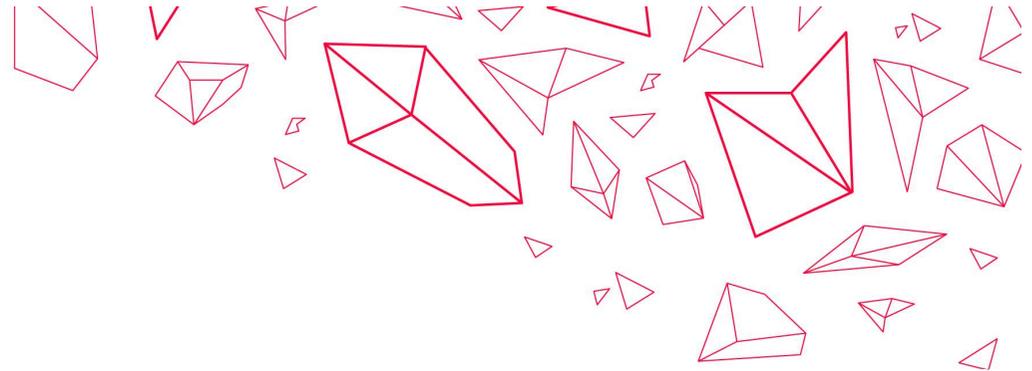
*Record GX066 – station AQV*



## 2.1 NTC2018

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti **requisiti**:

- **sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)**: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- **sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)**: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- **sicurezza antincendio**: capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto;
- **durabilità**: capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;
- **robustezza**: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti.



## C2.1 CIRCOLARE

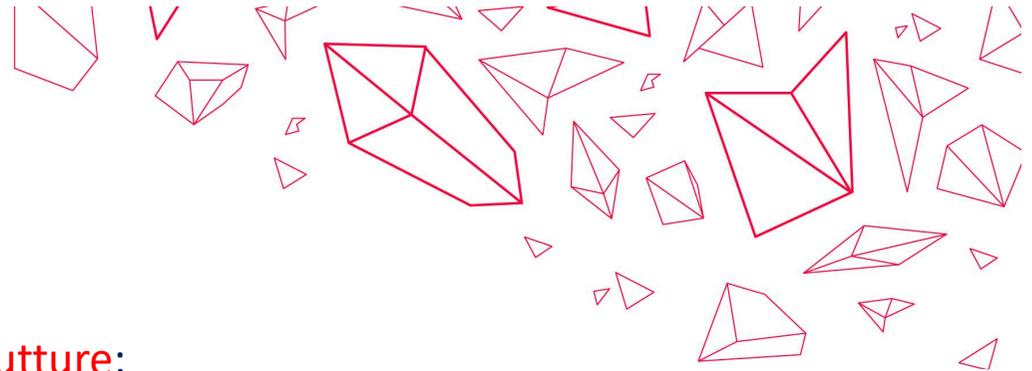
...

In ordine ai requisiti di **durabilità**, la norma, oltre a prevedere, ove possibile, **verifiche specifiche per i diversi materiali**, tali da garantire indirettamente l'ottenimento del livello di durabilità prescritto, individua al § 2.2.4 possibili **strategie da seguire, sia in fase di progettazione, sia in fase di esercizio della costruzione**, per limitare il degrado dei materiali per uso strutturale entro limiti accettabili.

### 2.2.4 NTC2018

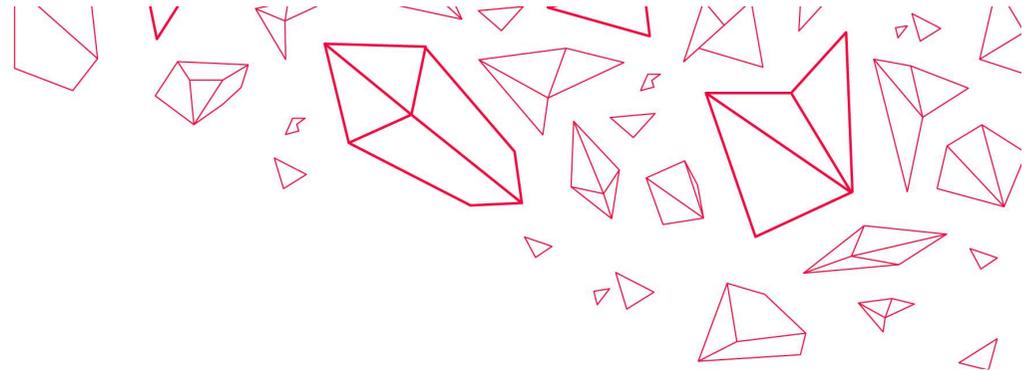
...Un adeguato livello di durabilità può essere garantito progettando la costruzione, e la specifica manutenzione, in modo tale che il degrado della struttura, che si dovesse verificare durante la sua vita nominale di progetto, non riduca le prestazioni della costruzione al di sotto del livello previsto...

Tale requisito può essere soddisfatto attraverso l'adozione di appropriati provvedimenti stabiliti tenendo conto delle previste condizioni ambientali e di manutenzione ed in base alle peculiarità del singolo progetto, tra cui:



- a) **scelta** opportuna dei **materiali**;
- b) **dimensionamento** opportuno delle **strutture**;
- c) scelta opportuna dei **dettagli costruttivi**;
- d) adozione di **tipologie costruttive e strutturali** che consentano, ove possibile, l'ispezionabilità delle parti strutturali;
- e) **pianificazione di misure di protezione e manutenzione**; oppure, quando queste non siano previste o possibili, progettazione rivolta a garantire che il deterioramento della costruzione o dei materiali che la compongono non ne causi il collasso;
- f) impiego di **prodotti e componenti chiaramente identificati** in termini di caratteristiche meccanico-fisico-chimiche, indispensabili alla valutazione della sicurezza, e dotati di idonea qualificazione, così come specificato al Capitolo 11;
- g) applicazione di **sostanze o ricoprimenti protettivi dei materiali**, soprattutto nei punti non più visibili o difficilmente ispezionabili ad opera completata;
- h) adozione di **sistemi di controllo, passivi o attivi**, adatti alle azioni e ai fenomeni ai quali l'opera può essere sottoposta.

**Le condizioni ambientali devono essere identificate in fase di progetto in modo da valutarne la rilevanza nei confronti della durabilità.**



## 2.1 NTC2018

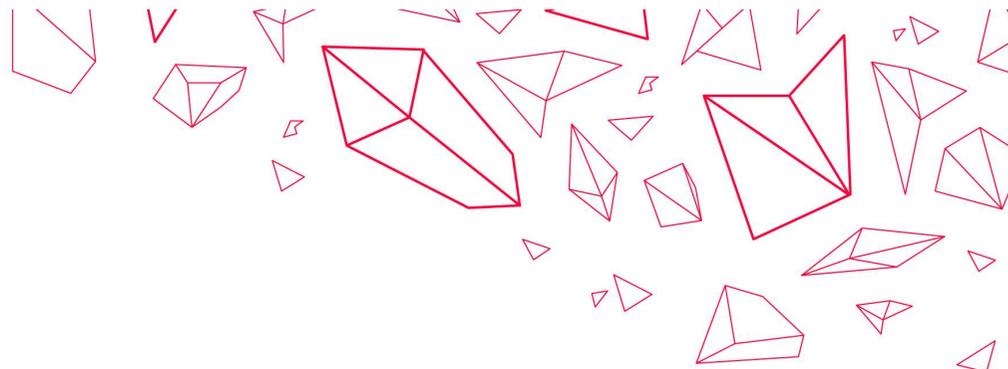
.....

La fornitura di componenti, sistemi o prodotti, impiegati per fini strutturali, deve essere accompagnata da un **manuale di installazione e di manutenzione** da allegare alla documentazione dell'opera.

I componenti, i sistemi e i prodotti edili od impiantistici, non facenti parte del complesso strutturale, ma che svolgono funzione statica autonoma, devono essere progettati ed installati nel rispetto dei livelli di sicurezza e delle prestazioni di seguito prescritti.



*Dettagli Costruttivi*



## DURABILITÀ

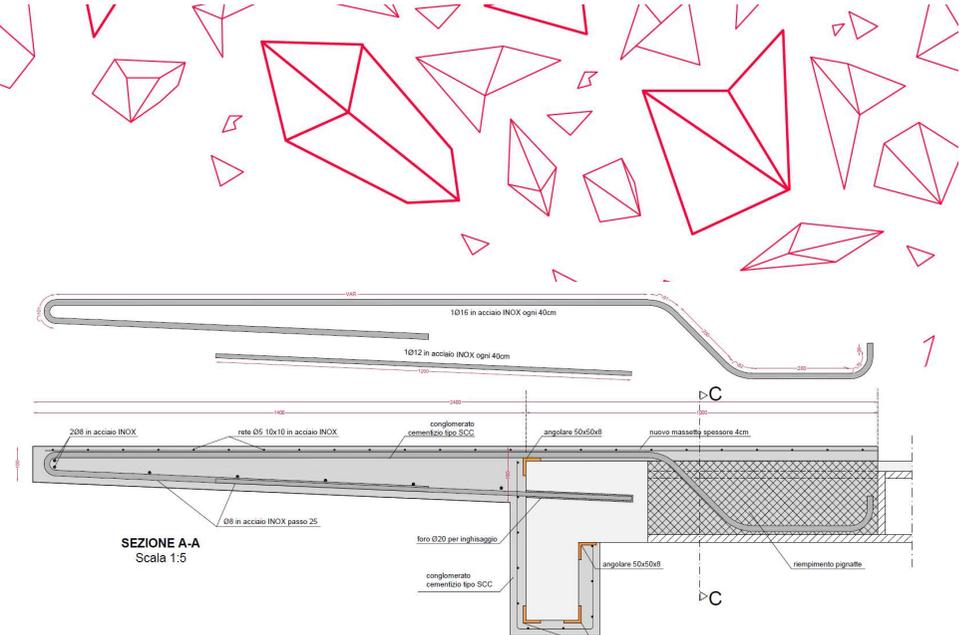
Classe di esposizione	Ambiente	Massimo rapporto (a/c)' per strutture			Minimo* volume di aria	Copriferro minimo (mm)	
		normali	armate	precomprese		c.a.	c.a.p.
XC1	Asciutto / interni di abitazioni, uffici, ecc.	---	0.65	0.65	---	15	25
XC4	Umido / strutture esterne	0.50	0.50	0.50	---	30	40
XF3	Umido con gelo	0.50	0.50	0.55	4 - 6%	30	40
XF4	Umido con gelo e sali disgelanti	0.45	0.45	0.45	4 - 6%	45	55
XS3	Mare	0.45	0.45	0.45	---	45	55
XD3	Mare con gelo	0.45	0.45	0.45	4 - 6%	45	55
XA1	Agenti chimici debolmente aggressivi ( $SO_4^-$ , $NH_4^+$ , ecc.)	0.55	0.55	0.55	---	25	35
XA2	Agenti chimici mediamente aggressivi ( $SO_4^-$ , $NH_4^+$ , ecc.)	0.50	0.50	0.50	---	30	40
XA3	Agenti chimici fortemente aggressivi ( $SO_4^-$ , $NH_4^+$ , ecc.)	0.45	0.45	0.45	---	40	50

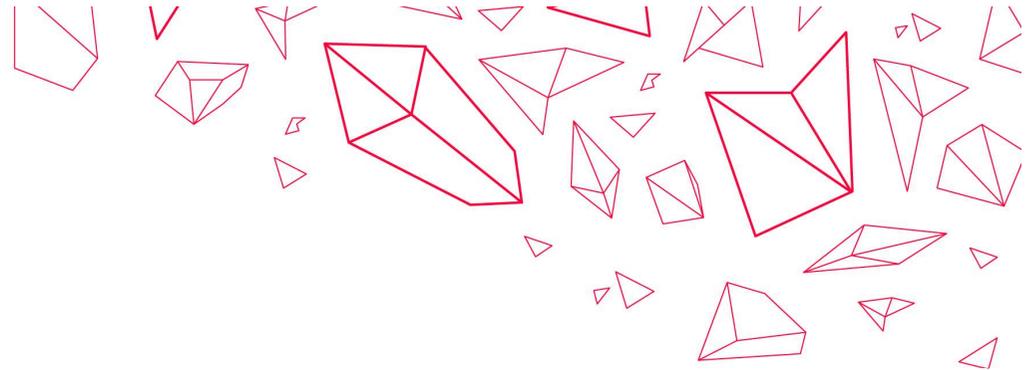
*Esempio composizione cls*

## DURABILITÀ

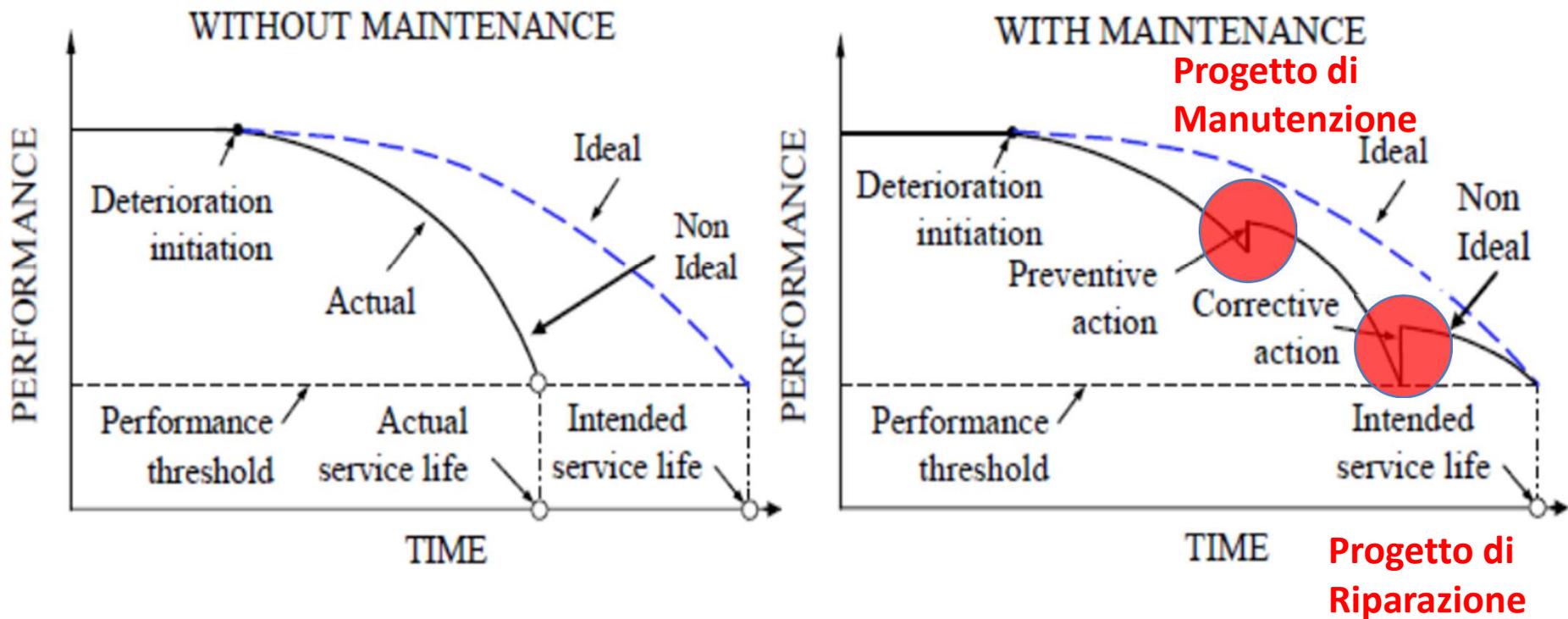


*Materiali e dettagli Costruttivi*





## DURABILITÀ





## Elementi non strutturali



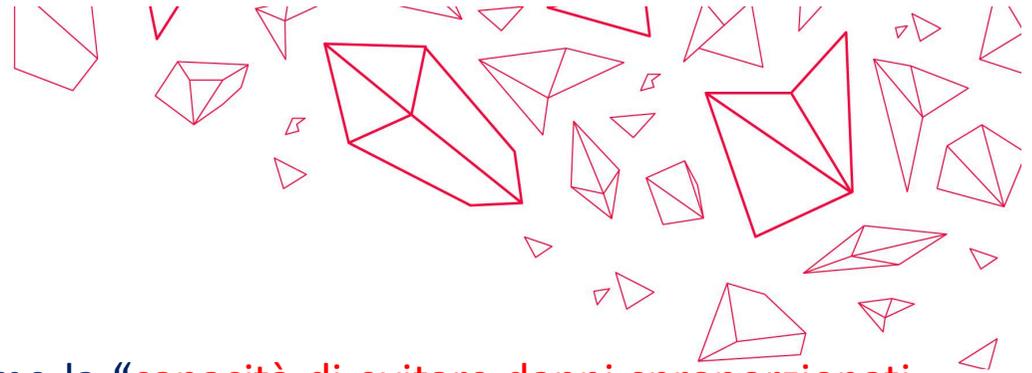
**L'Aquila  
2019**



## Elementi non strutturali - Interazioni



**L'Aquila**  
**2019**

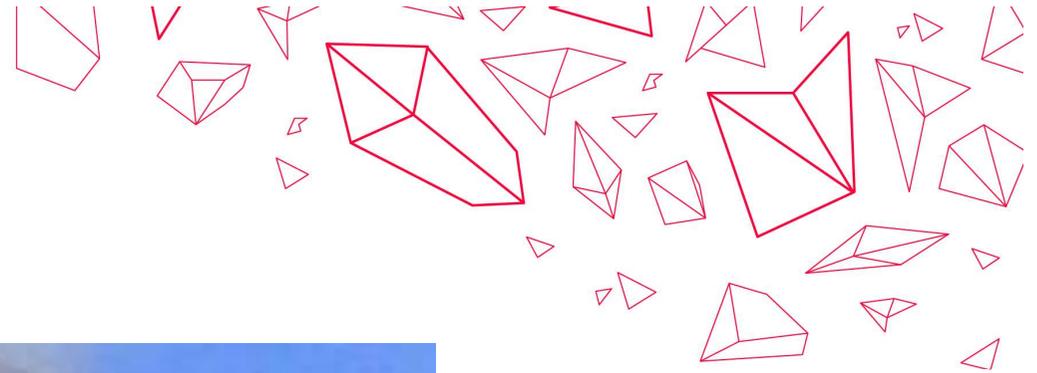


## C2.5 CIRCOLARE

Il **requisito della robustezza** è inteso come la “capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all’entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti” e, più in generale, rispetto a qualsiasi evento di carattere eccezionale, che possa causare il collasso di una parte limitata dell’organismo strutturale. ... **L’effettivo livello di robustezza di una costruzione dipende anche, ed in modo non trascurabile, dalle peculiarità del progetto, ed è estremamente complesso da quantificare attraverso prescrizioni progettuali, unicamente riconducibili a verifiche numeriche; esso attiene, più in generale, alla corretta concezione dell’organismo strutturale e dei suoi dettagli costruttivi.**

In via generale la progettazione delle costruzioni condotta secondo le prescrizioni contenute nelle NTC, tenuto conto dei criteri di progettazione per le azioni sismiche, garantisce il conseguimento di livelli di robustezza che possono essere ritenuti, in generale, soddisfacenti. ...

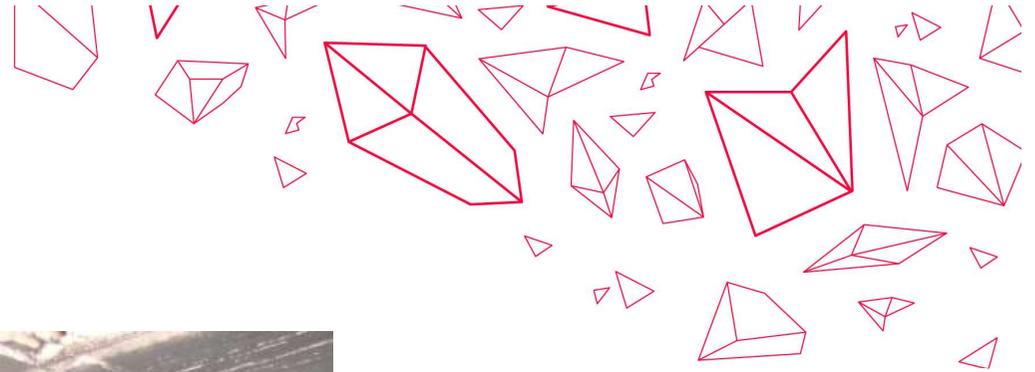
Le verifiche per le azioni eccezionali riferite a **scenari di rischio prevedibili** in sede di progetto fanno parte del complesso delle misure da adottare per il conseguimento della robustezza.



## ROBUSTEZZA



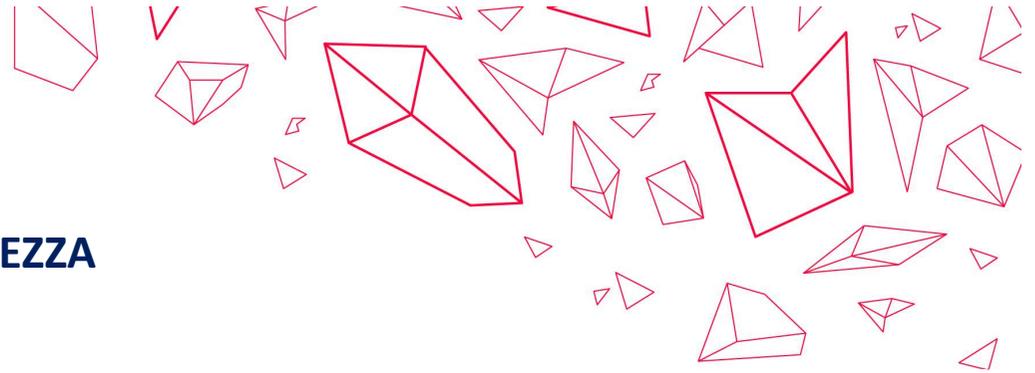
**Catania**  
*Esplosione  
Bombola GAS*



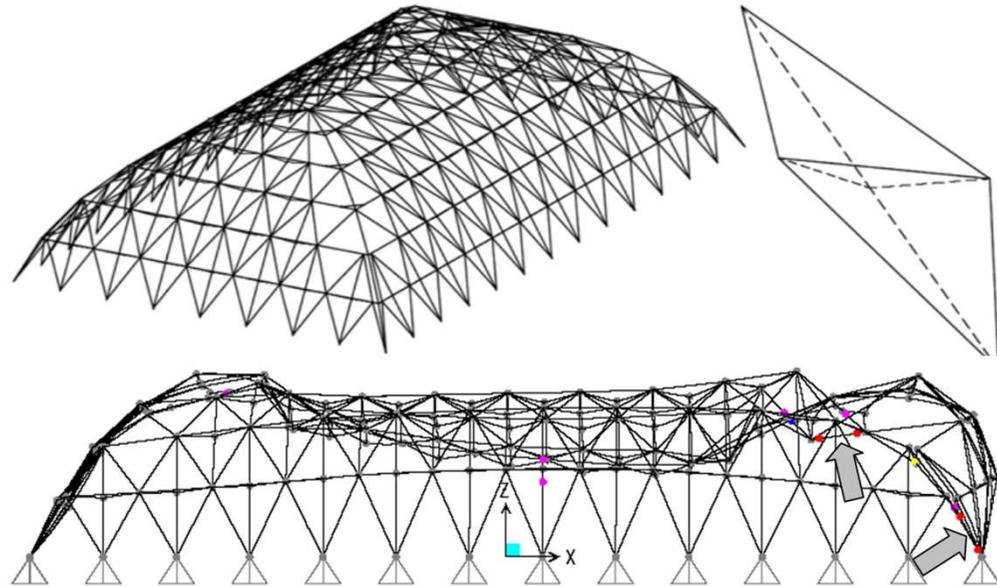
## ROBUSTEZZA



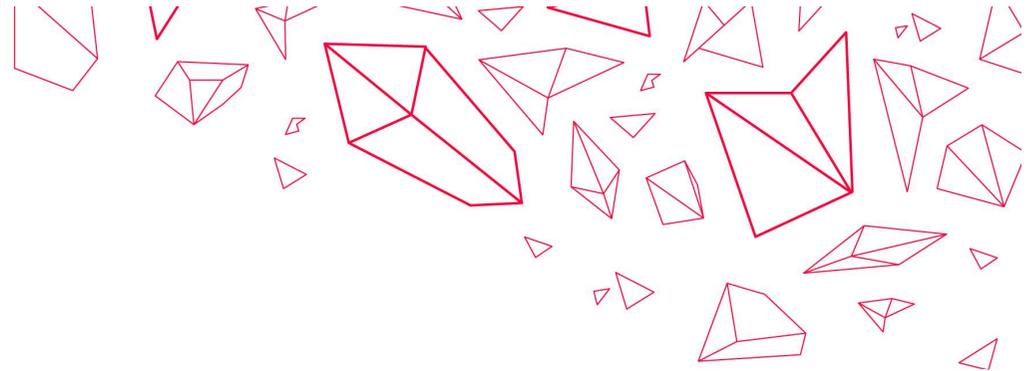
**Ortona**  
*Incendio garage*



## ROBUSTEZZA



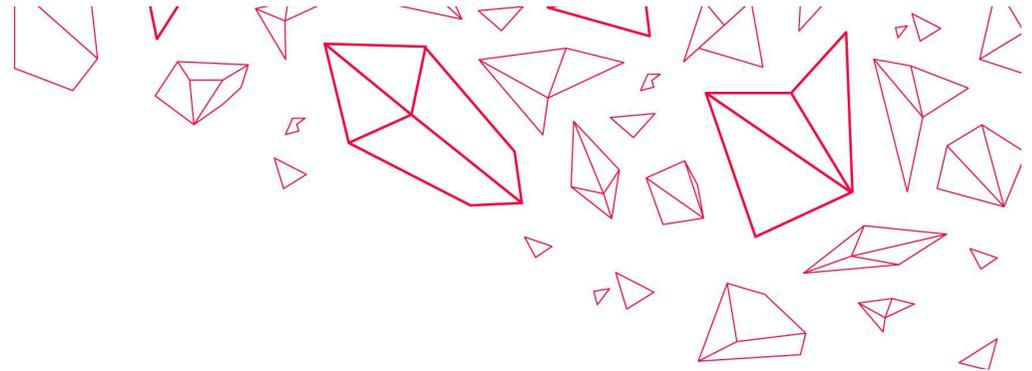
**Salerno**  
*Crollo copertura  
geodetica*



### 2.2.5 NTC2018

Un adeguato livello di **robustezza**, in relazione all'uso previsto della costruzione ed alle conseguenze di un suo eventuale collasso, può essere garantito facendo ricorso ad una o più tra le seguenti strategie di progettazione:

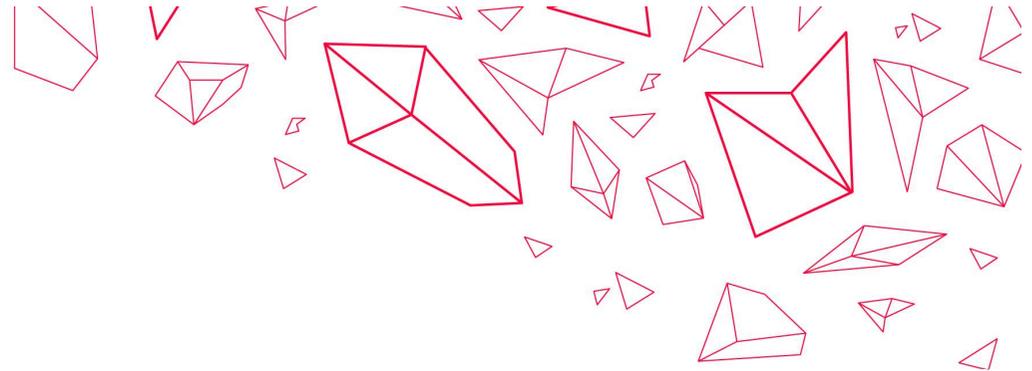
- a) progettazione della struttura in grado di resistere ad azioni eccezionali di carattere convenzionale, **combinando valori nominali delle azioni eccezionali alle altre azioni esplicite di progetto**;
- b) **prevenzione degli effetti indotti dalle azioni eccezionali** alle quali la struttura può essere soggetta o riduzione della loro intensità;
- c) adozione di una **forma e tipologia strutturale** poco sensibile alle azioni eccezionali considerate;
- d) adozione di una **forma e tipologia strutturale** tale da tollerare il danneggiamento localizzato causato da un'azione di carattere eccezionale;
- e) realizzazione di **strutture quanto più ridondanti, resistenti e/o duttili** è possibile;
- f) adozione di **sistemi di controllo, passivi o attivi**, adatti alle azioni e ai fenomeni ai quali l'opera può essere sottoposta.



## 2.1 NTC2018

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- **sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)**: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- **sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)**: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- **sicurezza antincendio**: capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto;
- **durabilità**: capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;
- **robustezza**: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti.

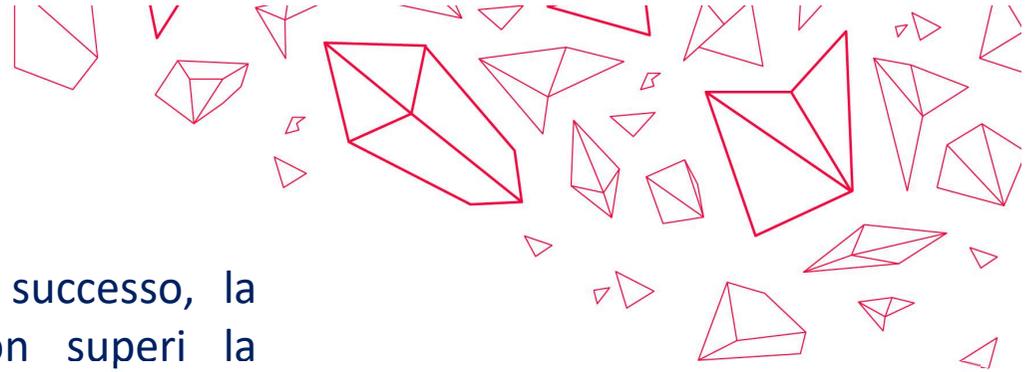


## C1.1 CIRCOLARE

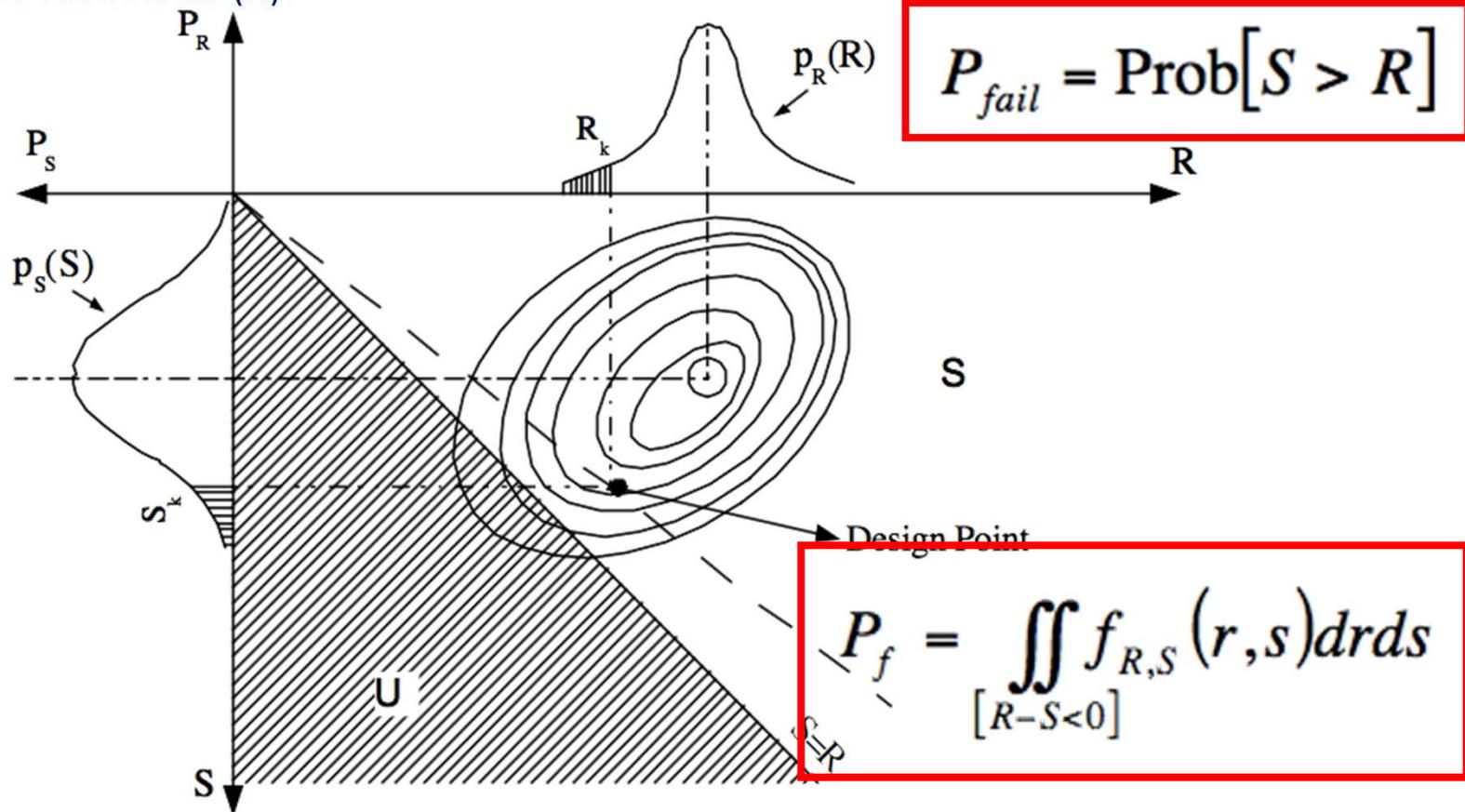
...L'ampia messe di dati sperimentali resasi disponibile, evidenziando la sostanziale **aleatorietà dei parametri** che caratterizzano sia i materiali sia le azioni, ha poi costretto a trattare il **problema della sicurezza in termini probabilistici**, sempre, indipendentemente dal metodo d'analisi adottato.

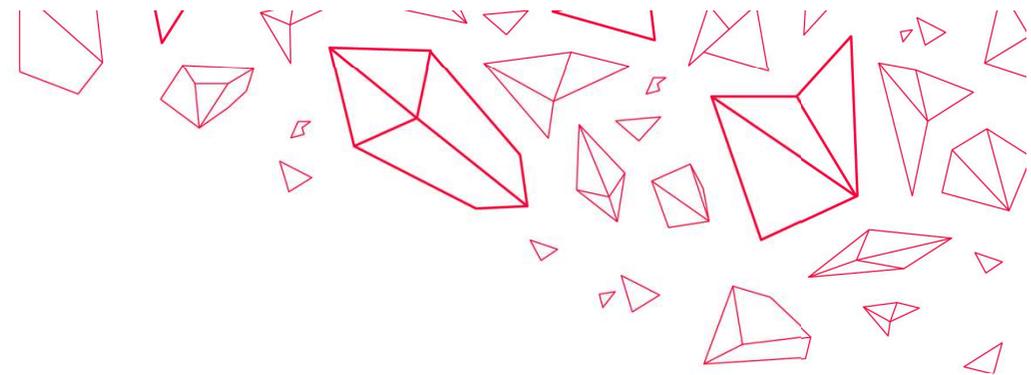
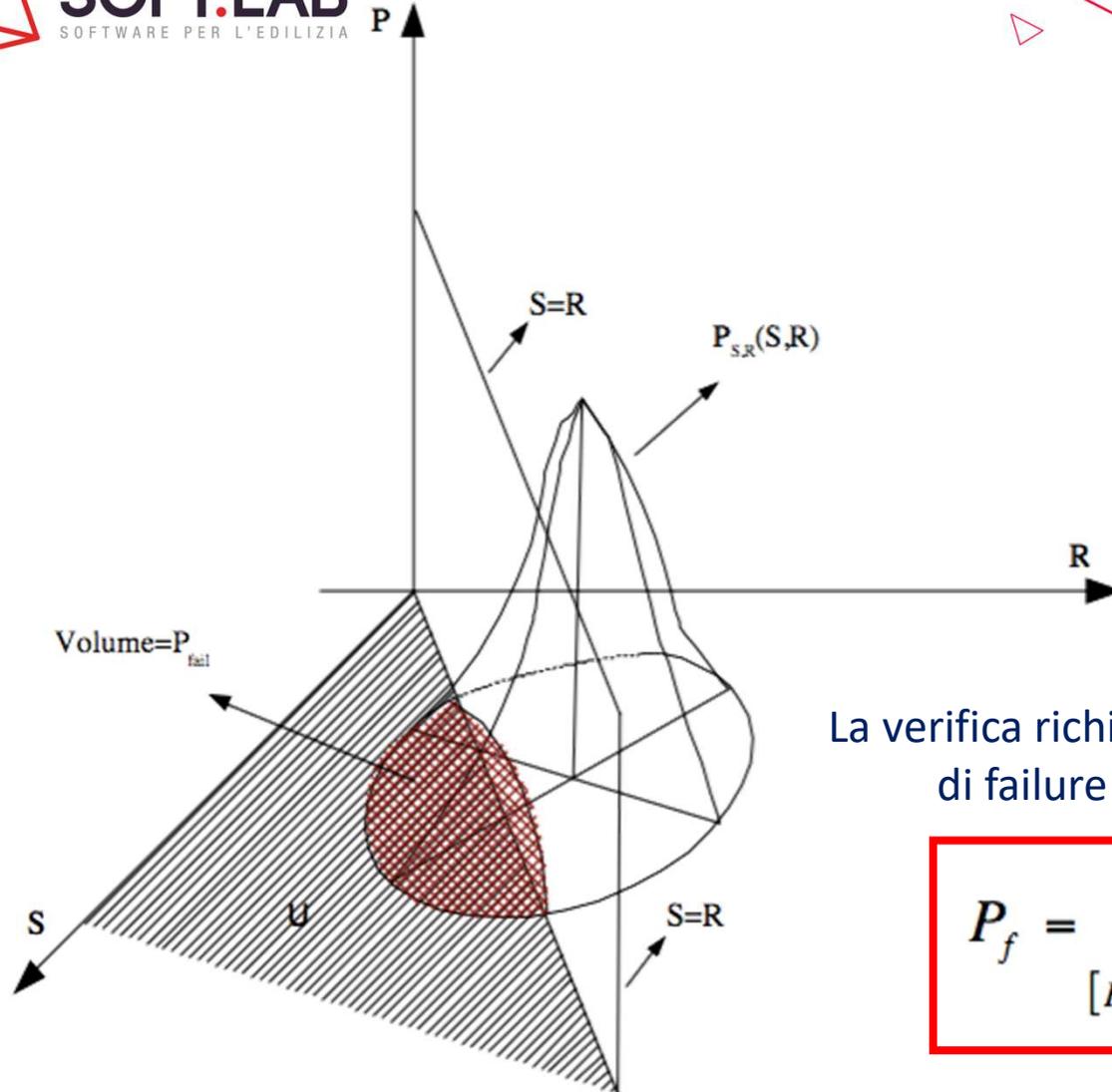
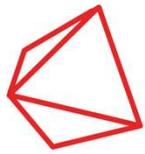
## C2.1 CIRCOLARE

... Il metodo di riferimento per la verifica della sicurezza è quello semiprobabilistico agli Stati Limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali; è stato definitivamente eliminato ogni riferimento al metodo alle tensioni ammissibili.



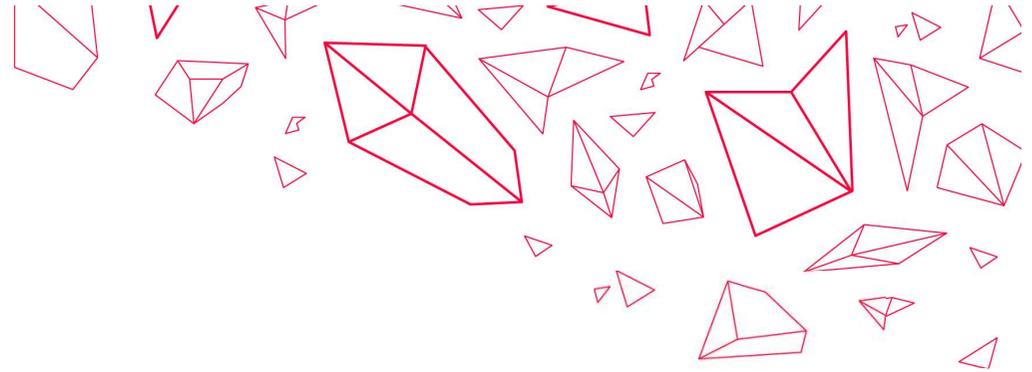
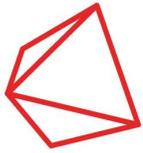
Si definisce **affidabilità**, o probabilità di successo, la probabilità che la sollecitazione (**S**) non superi la corrispondente resistenza (**R**):



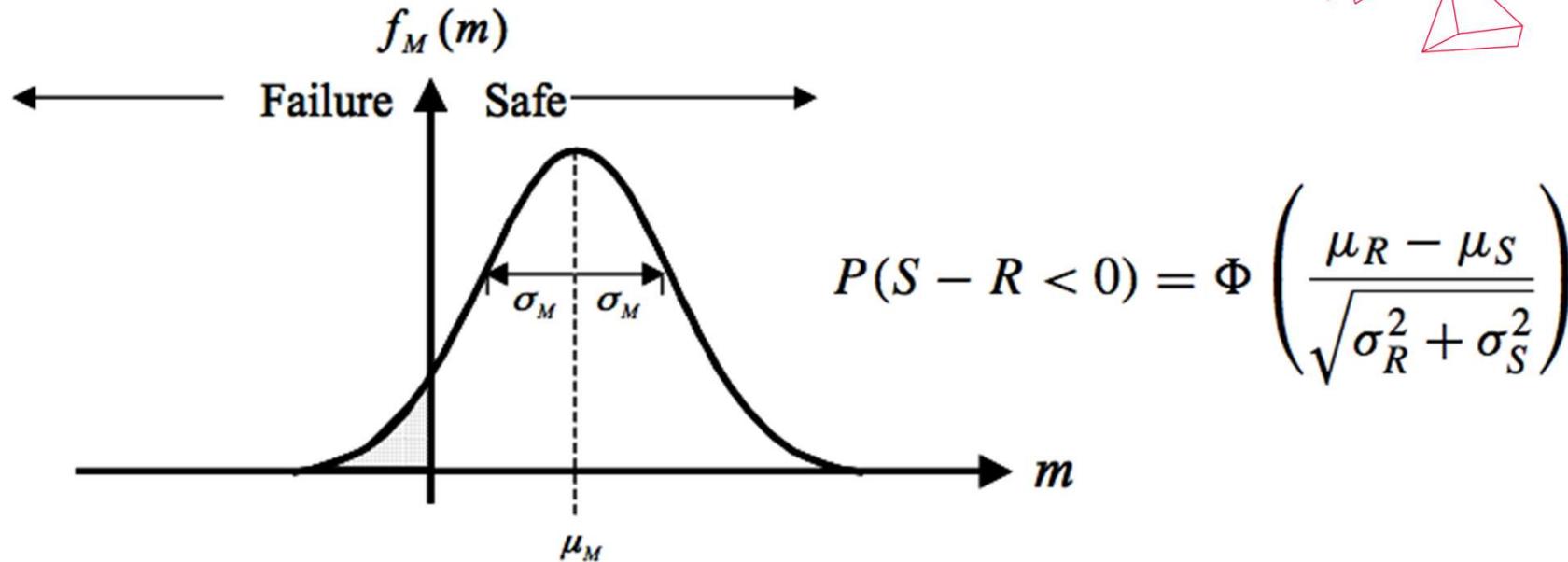


La verifica richiede di limitare la probabilità di failure entro valori predefiniti

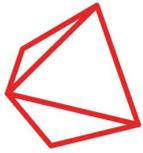
$$P_f = \iint_{[R-S < 0]} f_{R,S}(r,s) dr ds$$



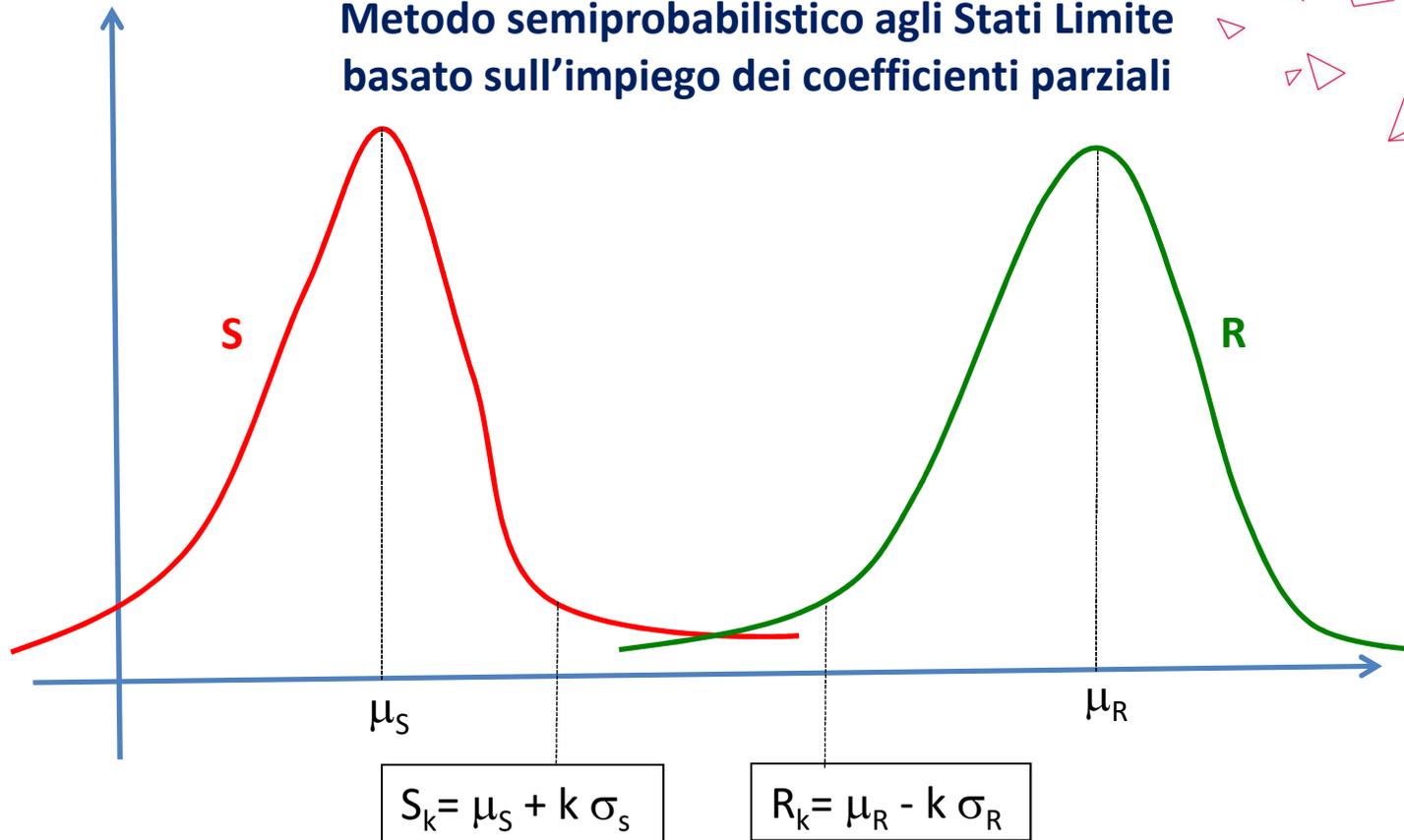
### Variabile Normale Standardizzata



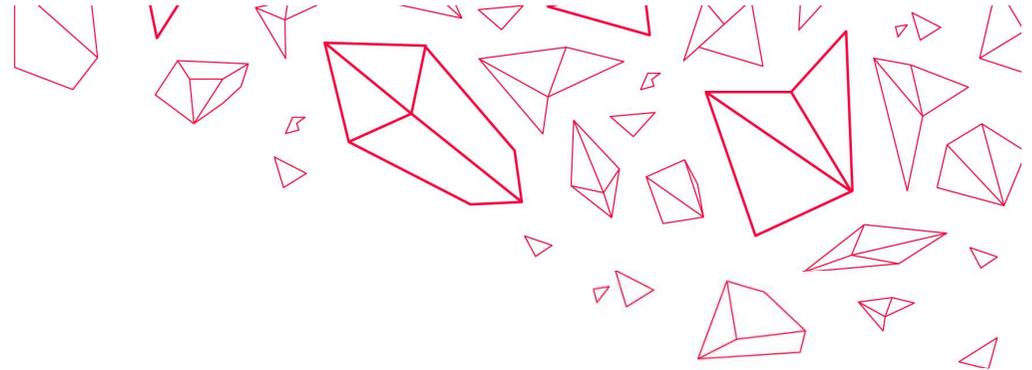
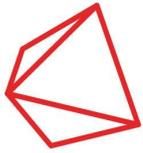
Relative cost of safety measure	Minor consequences of failure	Moderate consequences of failure	Large consequences of failure
High	$\beta=3.1 (P_F \approx 10^{-3})$	$\beta=3.3 (P_F \approx 5 \cdot 10^{-4})$	$\beta=3.7 (P_F \approx 10^{-4})$
Normal	$\beta=3.7 (P_F \approx 10^{-4})$	$\beta=4.2 (P_F \approx 10^{-5})$	$\beta=4.4 (P_F \approx 5 \cdot 10^{-5})$
Low	$\beta=4.2 (P_F \approx 10^{-5})$	$\beta=4.4 (P_F \approx 10^{-5})$	$\beta=4.7 (P_F \approx 10^{-6})$



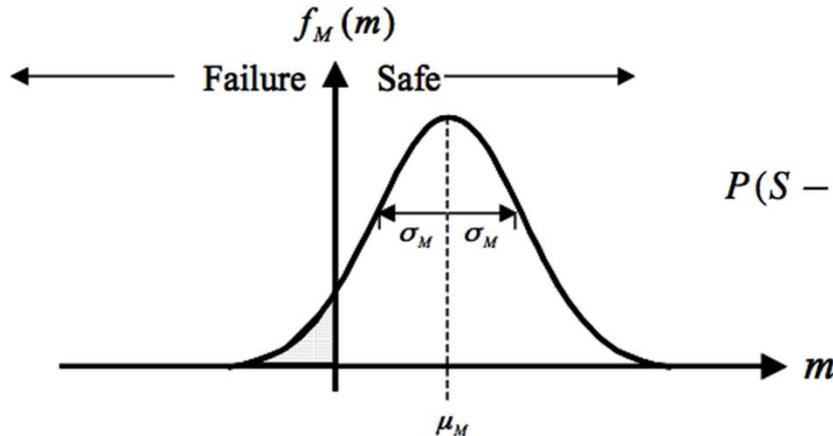
### Metodo semiprobabilistico agli Stati Limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali



$S_k \gamma_S < R_k / \gamma_R \quad \leftarrow \quad P(S - R < 0) = \Phi \left( \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \right)$



### Coefficienti Parziali

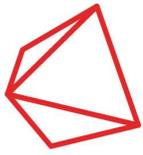


$$P(S - R < 0) = \Phi \left( \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \right)$$

Relative cost of safety measure	Minor consequences of failure	Moderate consequences of failure	Large consequences of failure
High	$\beta=3.1 (P_F \approx 10^{-3})$	$\beta=3.3 (P_F \approx 5 \cdot 10^{-4})$	$\beta=3.7 (P_F \approx 10^{-4})$
Normal	$\beta=3.7 (P_F \approx 10^{-4})$	$\beta=4.2 (P_F \approx 10^{-5})$	$\beta=4.4 (P_F \approx 5 \cdot 10^{-5})$
Low	$\beta=4.2 (P_F \approx 10^{-5})$	$\beta=4.4 (P_F \approx 10^{-5})$	$\beta=4.7 (P_F \approx 10^{-6})$



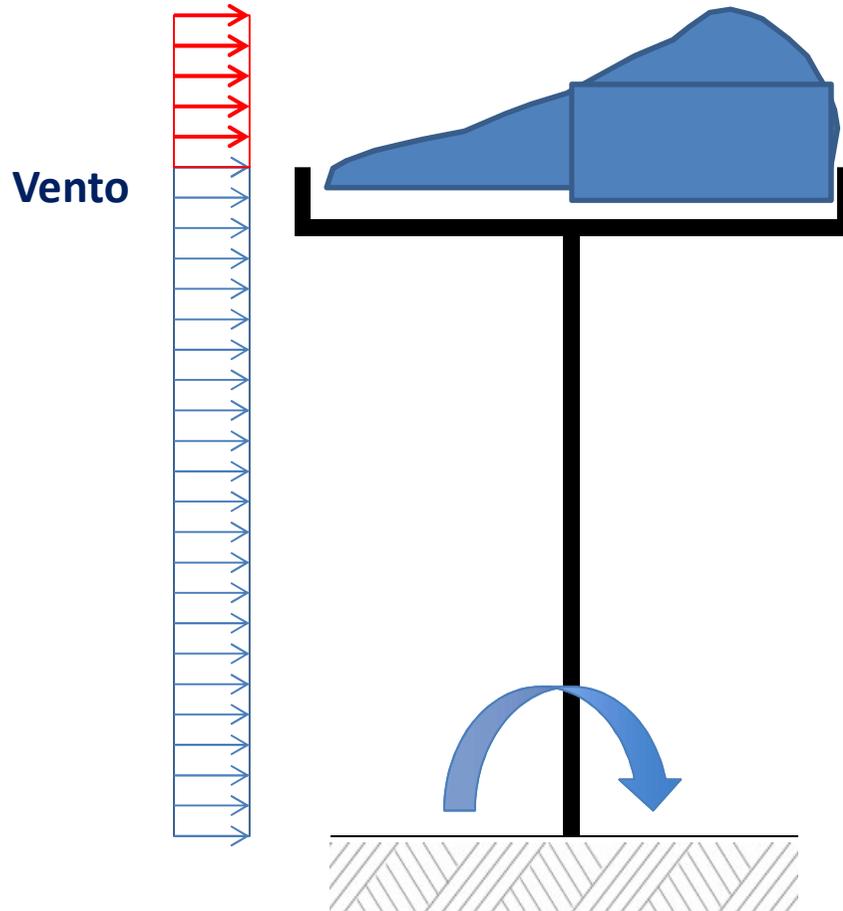
$$S_k \gamma_S < R_k / \gamma_R$$



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



## In(?) -Dipendenza Azioni e Causa-Effetti

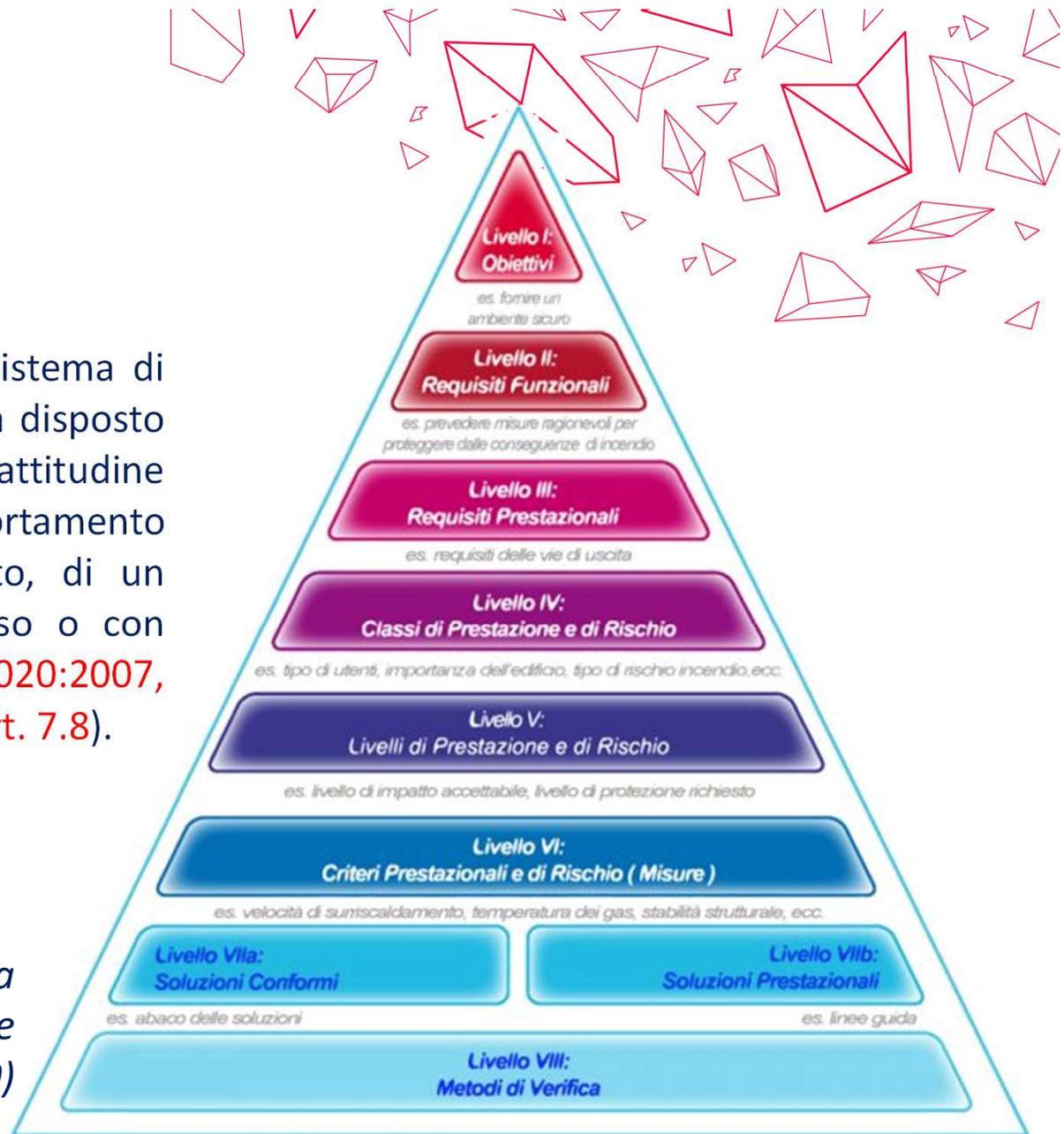


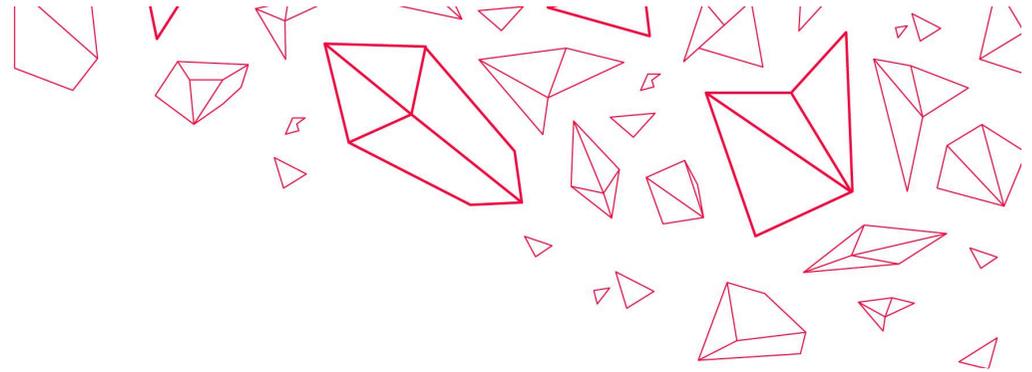
*Pensilvania, Stati Uniti, 2014*

## NORMA PRESTAZIONALE

Il termine norma, o normativa (sistema di norme) prestazionale si riferisce a disposto normativo concernente l'attitudine all'impiego espressa come comportamento o funzionamento di un prodotto, di un processo o di un servizio, in uso o con riferimento all'uso (**UNI CEI EN 45020:2007, Normazione e attività connesse, art. 7.8**).

*Modello di strutturazione gerarchica della normativa prestazionale (da IRCC 2010 e Meacham, 1999)*





## C2.4.1 CIRCOLARE

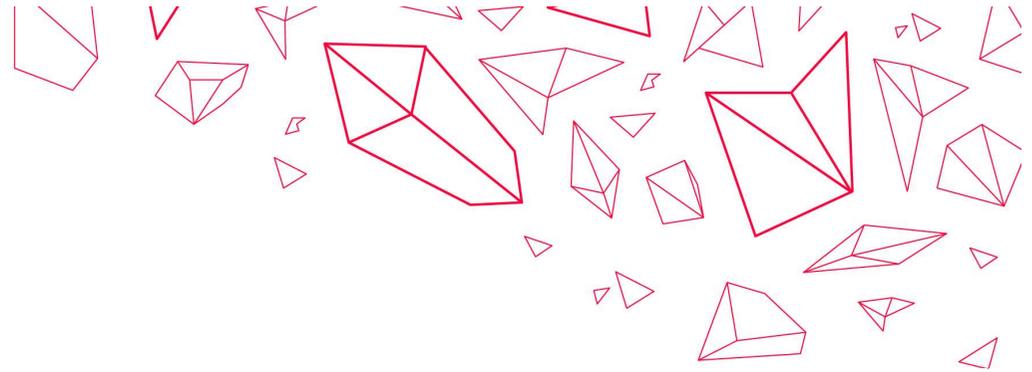
Al punto 2.4.1 delle norme, anche ai fini delle verifiche sismiche, è definita la “**vita nominale di progetto**” di un’opera,  $V_N$ , che è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale l’opera, purché ispezionata e mantenuta come previsto in progetto, manterrà i livelli prestazionali e svolgerà le funzioni per i quali è stata progettata. ...

$V_N$ , è dunque il **parametro convenzionale** correlato alla durata dell’opera alla quale viene fatto riferimento in sede progettuale per le **verifiche dei fenomeni dipendenti dal tempo**, (ad esempio: fatica, durabilità, ecc.), rispettivamente **attraverso la scelta ed il dimensionamento dei particolari costruttivi, dei materiali e delle eventuali applicazioni di misure protettive** per garantire il mantenimento dei livelli di affidabilità, funzionalità e durabilità richiesti.

**Tab. 2.4.I** – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

## 2.4.1 NTC2018



## 2.4.2 NTC2018

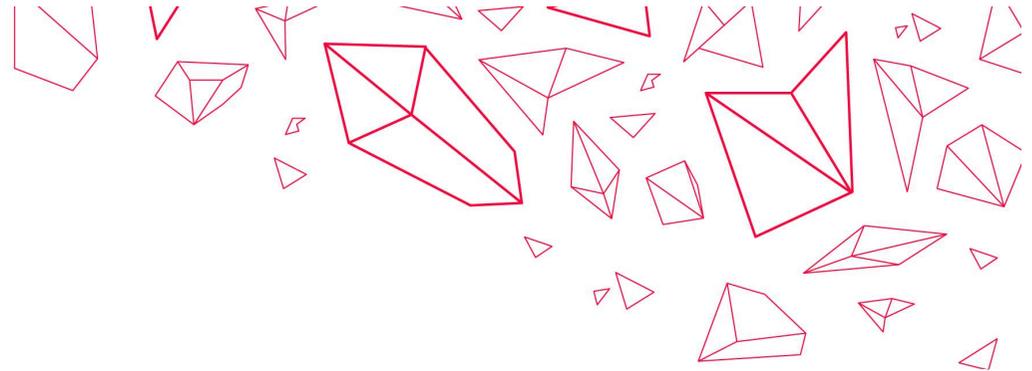
Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in **classi d'uso** così definite: ... (I-IV)

## C2.4.2 CIRCOLARE

Le quattro classi d'uso definite al § 2.4.2 delle NTC corrispondono, a meno di alcune limitate modifiche delle definizioni necessarie per il loro adattamento alla realtà nazionale, alle **classi di importanza di cui al § 4.2.5 della UNI EN 1998-1**; a queste ultime la norma europea fa corrispondere dei coefficienti d'importanza analoghi, per significato, ai coefficienti d'uso della NTC, ma diversi da essi in termini di utilizzo e valori. ...

## C2.4.1 CIRCOLARE

...Il **livello di prestazione è cosa diversa dalla classe d'uso** che, invece, definisce i livelli minimi di sicurezza differenziati in relazione alla funzione svolta nella costruzione e, pertanto, alle conseguenze che ne derivano in caso di fallimento.

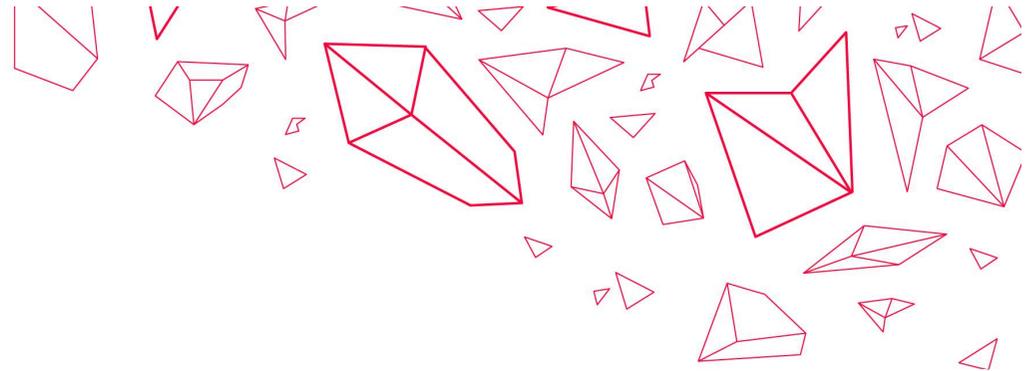


### 2.2.1 NTC2018

I principali **Stati Limite Ultimi** sono elencati nel seguito:

- a) **perdita di equilibrio** della struttura o di una sua parte, considerati come corpi rigidi;
- b) **spostamenti o deformazioni** eccessive;
- c) raggiungimento della **massima capacità di parti di strutture**, collegamenti, fondazioni;
- d) raggiungimento della **massima capacità della struttura** nel suo insieme;
- e) raggiungimento di una condizione di **cinematismo irreversibile**;
- f) raggiungimento di meccanismi di **collasso nei terreni**;
- g) rottura di membrature e collegamenti per **fatica**;
- h) rottura di membrature e collegamenti per altri **effetti dipendenti dal tempo**;
- i) **instabilità** di parti della struttura o del suo insieme;

Altri stati limite ultimi sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; **in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite Ultimi comprendono gli Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e gli Stati Limite di prevenzione del Collasso (SLC), come precisato nel § 3.2.1.**



### 2.2.2 NTC2018

I principali **Stati Limite di Esercizio** sono elencati nel seguito:

- a) **danneggiamenti locali** (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- b) **spostamenti e deformazioni** che possano limitare l'**uso della costruzione**, la sua efficienza e il suo aspetto;
- c) **spostamenti e deformazioni** che possano **compromettere l'efficienza** e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- d) **vibrazioni** che possano compromettere l'uso della costruzione;
- e) **danni per fatica** che possano compromettere la durabilità;
- f) **corrosione e/o degrado dei materiali** in funzione del tempo e dell'ambiente di esposizione che possano compromettere la durabilità.

Altri stati limite sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; **in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite di Esercizio comprendono gli Stati Limite di Operatività (SLO) e gli Stati Limite di Danno (SLD)**, come precisato nel § 3.2.1.



### 3.2.1 NTC2018

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli **Stati limite di esercizio (SLE)** che gli **Stati limite ultimi (SLU)** sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli **Stati limite di esercizio (SLE)** comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

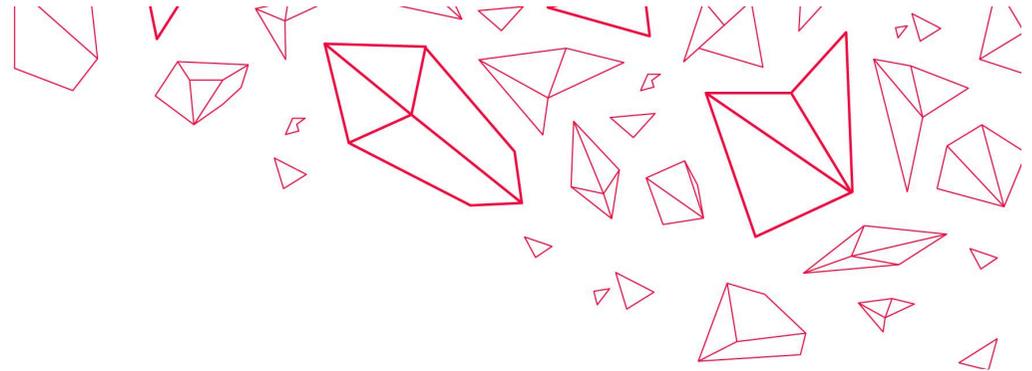


Gli **Stati limite ultimi (SLU)** comprendono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

### **C3.2.1 CIRCOLARE**

I quattro stati limite così definiti, consentono di individuare quattro situazioni diverse che, al crescere progressivo dell'azione sismica, ... fanno corrispondere una **progressiva crescita del danneggiamento** all'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti...



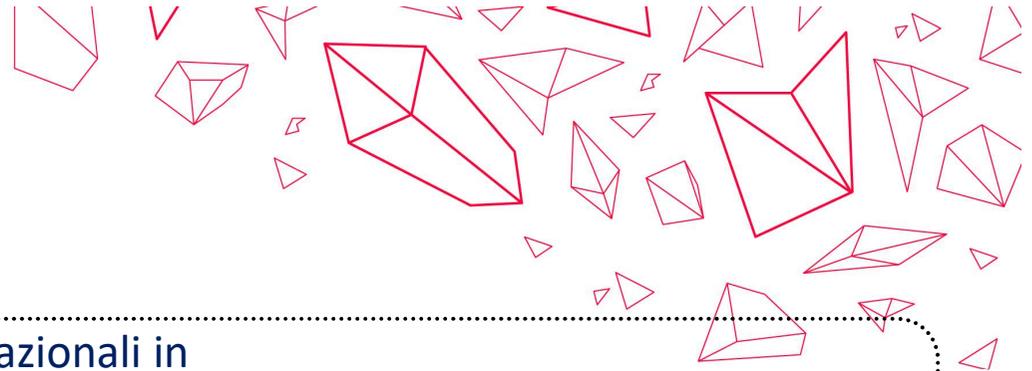
## APPROCCIO PRESTAZIONALE

Dall'esperienza maturata nella storia recente sugli effetti prodotti dagli eventi estremi, naturali e di origine antropica, emerge chiaramente che la scelta dei livelli di sicurezza da adottare per le opere di ingegneria deve rispondere alle differenti esigenze ed obiettivi dei proprietari, ovvero della società, nei confronti delle condizioni di carico normali ed estreme ed, inoltre, tale scelta deve essere socio-economicamente sostenibile

*"Performance Based Engineering"*

*Controllo  
diretto delle  
Prestazioni*

SEAOC – Vision 2000 04/1995  
ATC 40 01/1996  
FEMA-273,274 10/1997  
SEAOC BLUEBOOK 1999  
IBC 2000 08/2000



## APPROCCIO PRESTAZIONALE

Definizione esplicita degli Obiettivi Prestazionali in considerazione dell'occorrenza, della severità degli eventi sismici e delle funzioni del sistema

*Verifica  
Performance*

**Caratterizzazione  
Realistica delle Azioni**

Definizione degli eventi  
attesi per la reale  
pericolosità del sito

*Domanda  
Hazard Analysis*

**Comportamento  
Reale del Sistema**

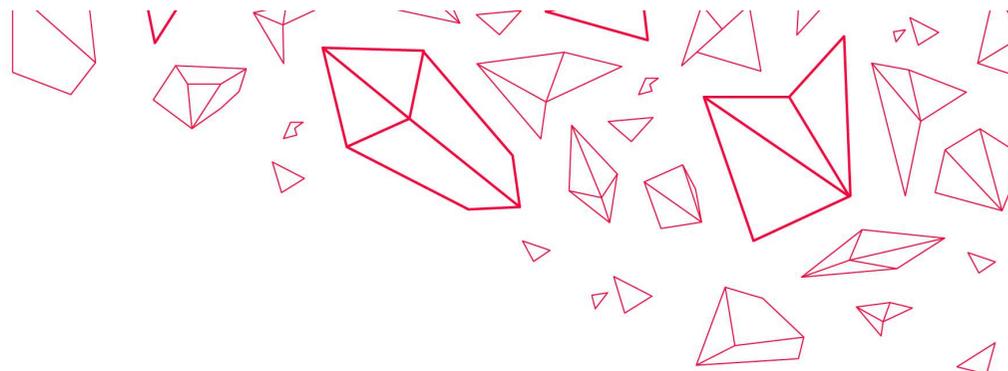
Comportamento della  
struttura

Comportamento delle  
parti non strutturale

Funzionalità del sistema

*Damage Analysis*

*Capacità  
Structural Analysis*



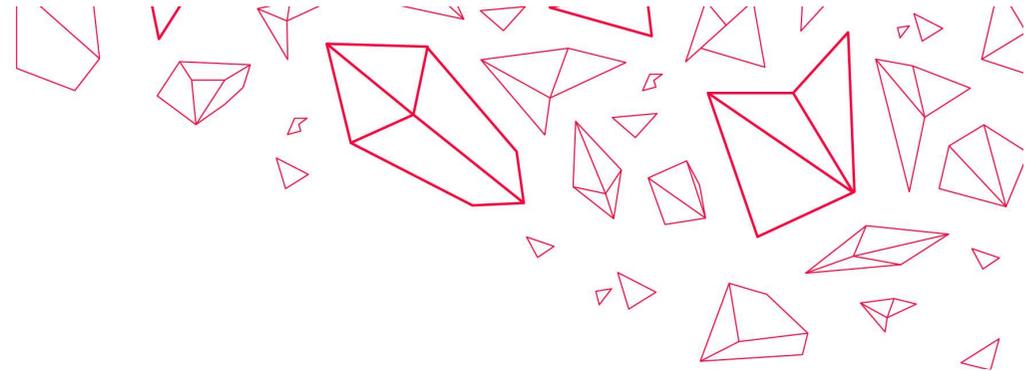
## APPROCCIO PRESTAZIONALE

### ELEMENTI STRUTTURALI

	<b>S-1</b> Immed. Occup.	<b>S-2</b> Contr. Danno	<b>S-3</b> Sicur. Vita	<b>S-4</b> Sicur. Limitata	<b>S-5</b> Collasso Incipi.	<b>S-6</b> Nessun control.
<b>N-A</b> Operat.	<b>Opera-tivo</b>	<b>2-A</b>	<i>Non Racc.</i>	<i>Non Racc.</i>	<i>Non Racc.</i>	<i>Non Racc.</i>
<b>N-B</b> Immed. Occup.	<b>Immed. Occup.</b>	<b>2-B</b>	<b>3-B</b>	<i>Non Racc.</i>	<i>Non Racc.</i>	<i>Non Racc.</i>
<b>N-C</b> Sicurez. Vita	<b>1-A</b>	<b>2-C</b>	<b>Sicurez. Vita</b>	<b>4-C</b>	<b>5-C</b>	<b>6-C</b>
<b>N-D</b> Sicurez. Limitata	<i>Non Racc.</i>	<b>2-D</b>	<b>3-D</b>	<b>4-D</b>	<b>5-D</b>	<b>6-D</b>
<b>N-E</b> Nessun control.	<i>Non Racc.</i>	<i>Non Racc.</i>	<i>Non Racc.</i>	<b>4-E</b>	<b>Preven. Collas.</b>	-

ELEMENTI NON STRUTTURALI

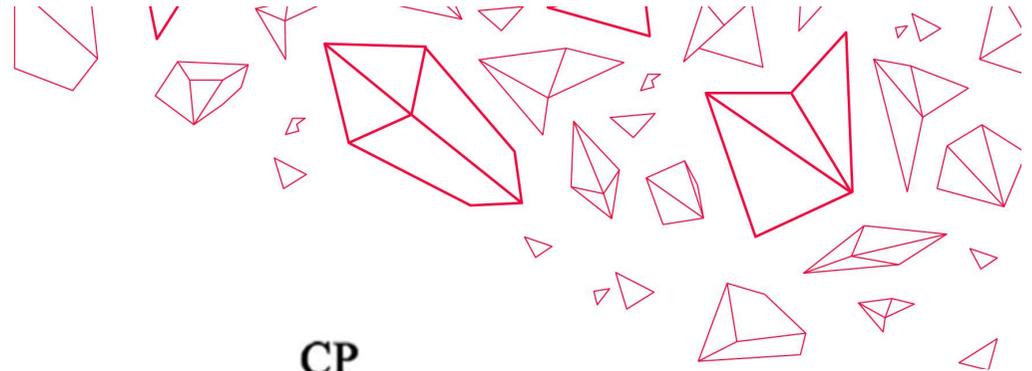
**ATC 40**



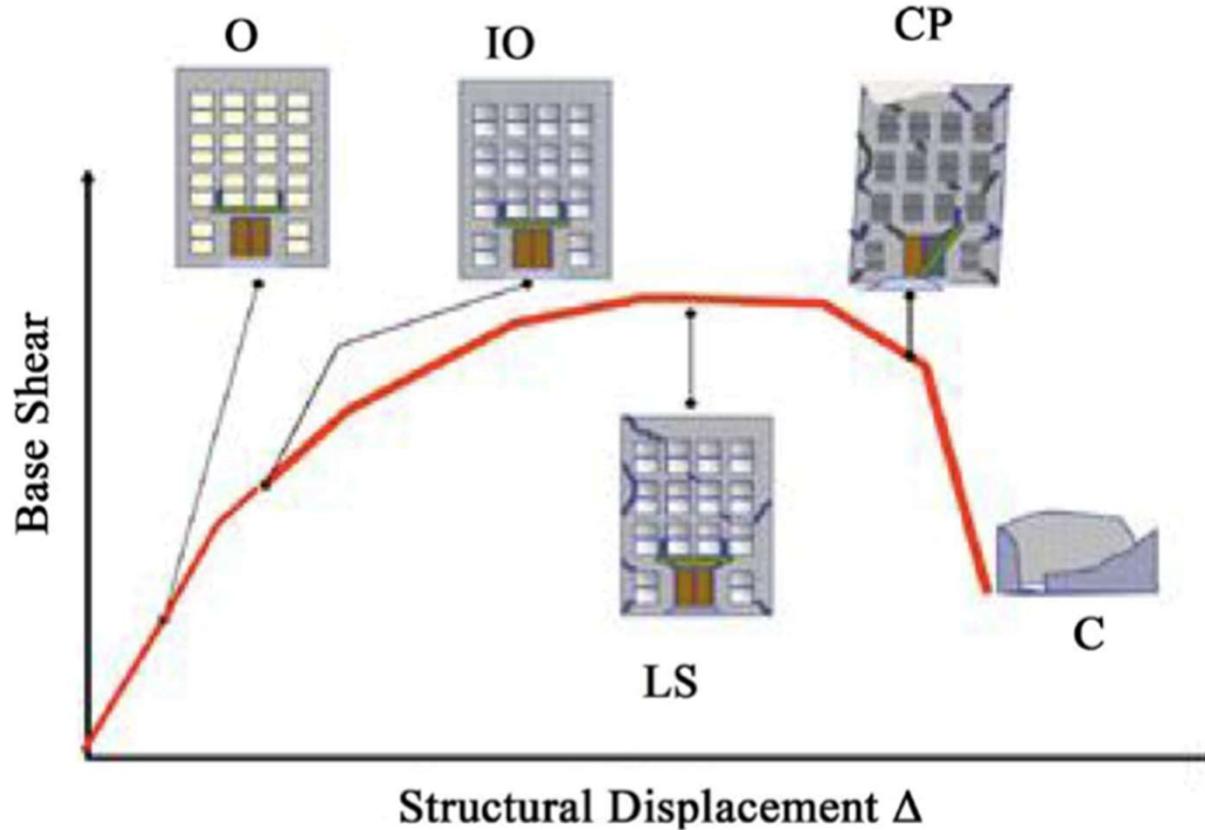
## APPROCCIO PRESTAZIONALE

<b>Prestazione</b>	<b>Operativo</b>	<b>Immed. Occupabile</b>	<b>Sicurezza Vita</b>	<b>Prevenzione Collasso</b>
<b>Evento</b>				
<b>Frequente</b>	★			
<b>Occasionale</b>		★		
<b>Raro</b>			★	
<b>Molto Raro</b>				★

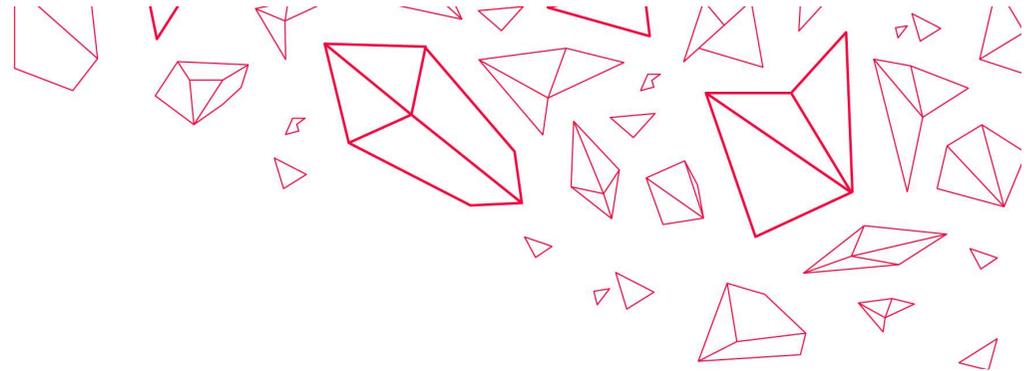
**ATC 40**



## APPROCCIO PRESTAZIONALE



*Da Performance Based Seismic Design of Reinforced Concrete Building  
D.J.Chaudhari et Al.*

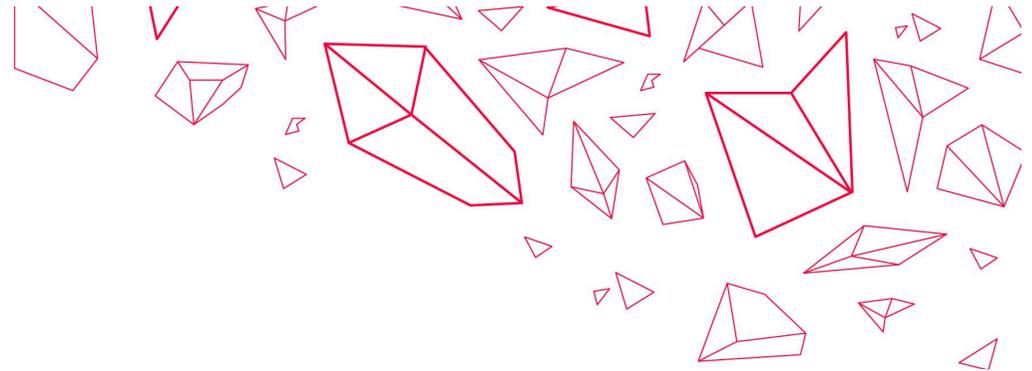


### C3.2.1 CIRCOLARE

In un quadro operativo finalizzato a sfruttare al meglio la puntuale definizione della pericolosità di cui si dispone, si è ritenuto utile consentire, quando opportuno, il riferimento a 4 stati limite per l'azione sismica.

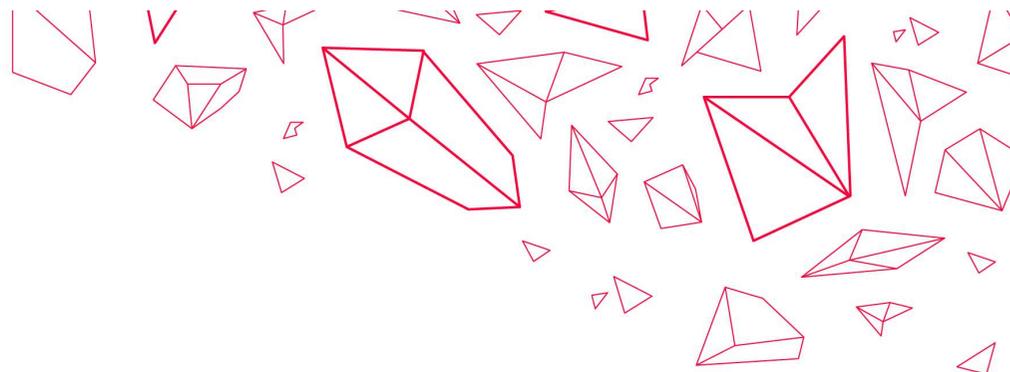
Ci si riferisce dunque a due **Stati Limite di Esercizio (SLE)**, lo **Stato Limite di immediata Operatività (SLO)**, particolarmente utile come riferimento progettuale per le opere che debbono restare operative durante e subito dopo il terremoto (ospedali, caserme, centri della protezione civile, etc.) e lo **Stato Limite di Danno (SLD)** – definito come stato limite da rispettare per garantire inagibilità solo temporanee nelle condizioni post-sismiche, in tal modo articolando le prestazioni della struttura in termini di esercizio.

In modo analogo, ci si riferisce a due **Stati Limite Ultimi (SLU)** facendo seguire allo **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**, individuato definendo puntualmente lo stato limite ultimo, lo **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**, particolarmente utile come riferimento progettuale per alcune tipologie strutturali (strutture con isolamento e dissipazione di energia) e, più in generale, nel quadro complessivo della progettazione antisismica.



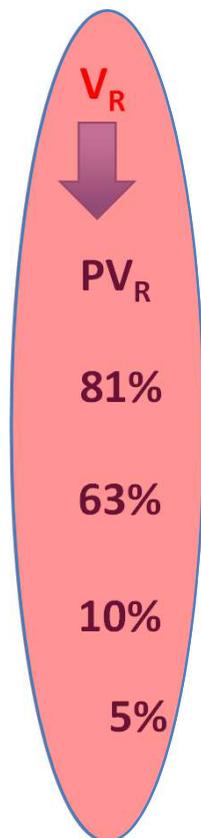
I quattro stati limite così definiti, consentono di individuare **quattro situazioni diverse** che, al crescere progressivo dell'azione sismica, ed al conseguente progressivo superamento dei quattro stati limite ordinati per azione sismica crescente (**SLO, SLD, SLV, SLC**), fanno corrispondere una **progressiva crescita del danneggiamento all'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti, per individuare così univocamente ed in modo quasi "continuo" le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione.**

Ai quattro stati limite sono attribuiti (v.Tabella3.2.IdelleNTC) valori della **probabilità di superamento** pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, valori che restano immutati quale che sia la classe d'uso della costruzione considerata; tali probabilità, valutate nel periodo di riferimento  **$V_R$**  proprio della costruzione considerata, consentono di individuare, per ciascuno stato limite, l'azione sismica di progetto corrispondente.



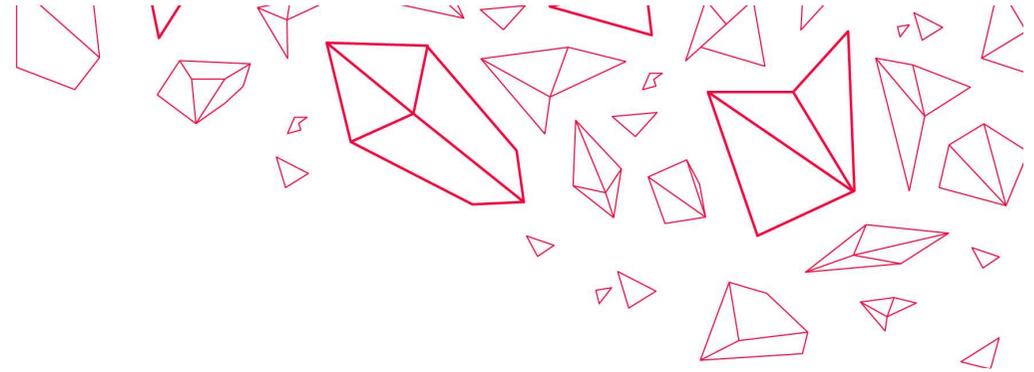
## APPROCCIO PRESTAZIONALE NTC-ATC

### PERIODO DI RIFERIMENTO



Prestazione	Operativo	Immed. Occupabile	Sicurezza Vita	Prevenzione Collasso
<b>Evento</b>				
<b>Frequente</b>	★			
<b>Occasionale</b>	★	★		
<b>Raro</b>	★	★	★	
<b>Molto Raro</b>		★	★	★

ATC 40



## PERIODO DI RITORNO

$$T_R = - V_R / \ln (1- P_{V_R}) \quad \mathbf{3.2.1 NTC2018}$$

Periodo di Ritorno

$$T_R$$

Probabilità che non si abbia un evento in un anno

$$1 - \frac{1}{T_R}$$

Probabilità che si abbia un evento superiore ad una fissata soglia in un anno

$$\frac{1}{T_R}$$

Probabilità che non si abbia un evento in n anni

$$\left( 1 - \frac{1}{T_R} \right)^n$$

Probabilità che si abbia un evento in n anni

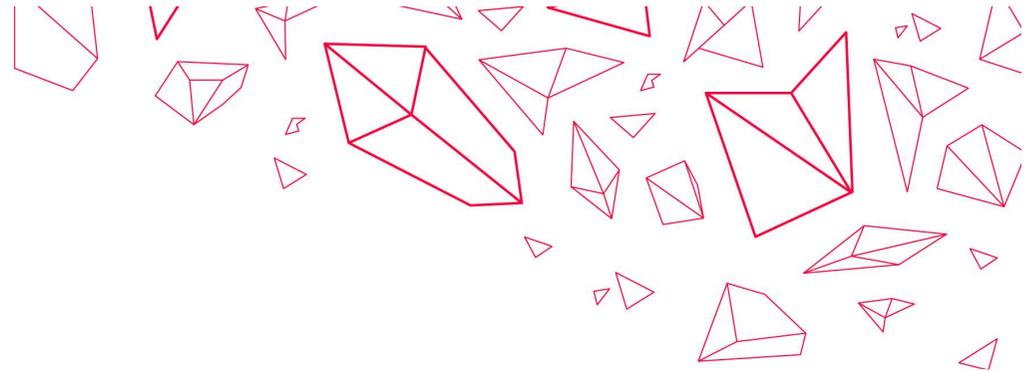
$$p = 1 - \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right)^n$$



**RELAZIONE:  
PERIODO DI RITORNO STATI LIMITE  
PERIODO DI RIFERIMENTO**

**Tabella C.3.2.I – Valori di  $T_R$  espressi in funzione di  $V_R$**

Stati Limite		Valori in anni del periodo di ritorno $T_R$ al variare del periododi riferimento $V_R$
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	$^{(1)}30 \text{ anni} \leq T_R = 0,60 \cdot V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati Limite	SLV	$T_R = 9,50 \cdot V_R$
Ultimi (SLU)	SLC	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni } ^{(1)}$



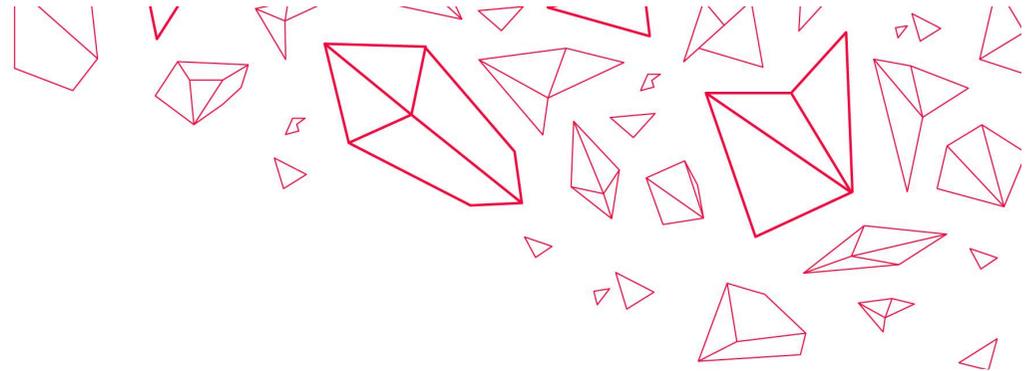
## C1 CIRCOLARE

... La normativa, proprio per il suo carattere eminentemente contrattuale e sociale, non si occupa della **concezione**, ma solo della **verifica**, della **esecuzione** e del **controllo**.

In questo ambito, certamente più ristretto, dello sviluppo progettuale, assumono importanza preminente, per gli obiettivi innanzi dichiarati, il **modello di calcolo** e il **metodo di analisi**, tenendo presente che le costruzioni civili, rispetto ai prodotti industriali, ad esempio, costituiscono sempre “oggetti unici”, cioè “prototipi”. Per quest’ultimo motivo è utile identificare e riconoscere, da subito, quegli elementi unificanti, validi cioè per ogni costruzione, necessari per l’individuazione del **modello di calcolo** e la scelta del **metodo di analisi**.

...

La normativa lascia il **modello di calcolo** alla sostanziale discrezionalità del progettista, con alcune **prescrizioni minime ineludibili**. Ai fini della modellazione, quanto prescritto dalle Norme al § 6.2.2 (Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica) e al § 7.2.6 (Criteri di modellazione della struttura e dell’azione sismica) costituisce certamente un elemento comune a tutte le costruzioni civili.



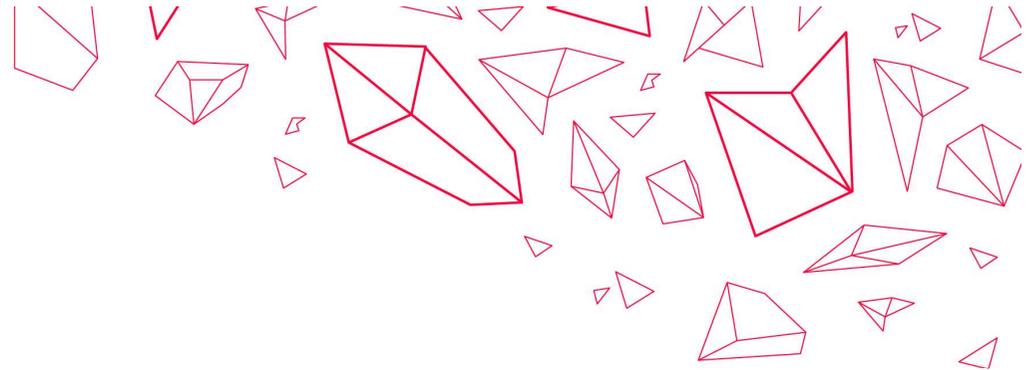
### 7.2.6 NTC2018

Il modello della struttura deve essere tridimensionale e rappresentare in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidezza e resistenza, con particolare attenzione alle situazioni nelle quali componenti orizzontali dell'azione sismica possono produrre forze d'inerzia verticali (travi di grande luce, sbalzi significativi, ecc.). ...

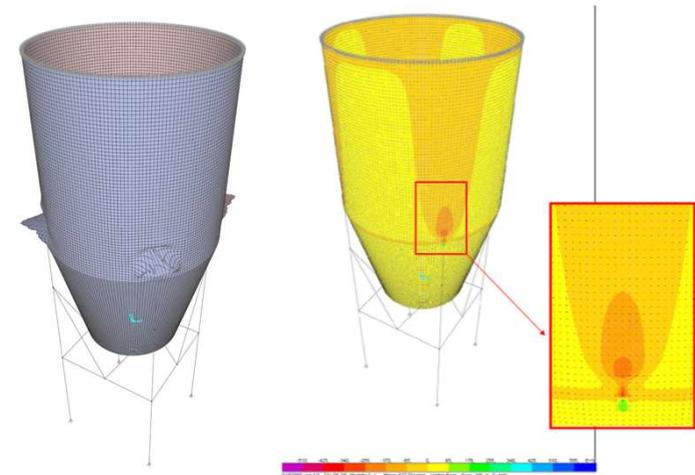
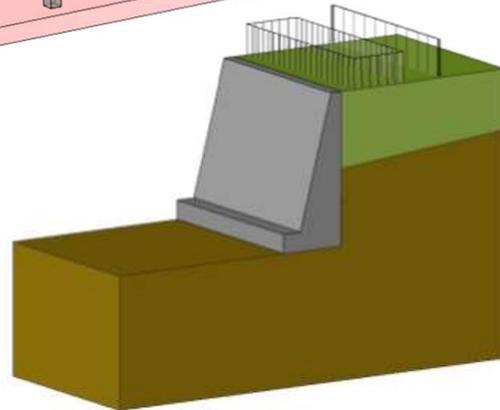
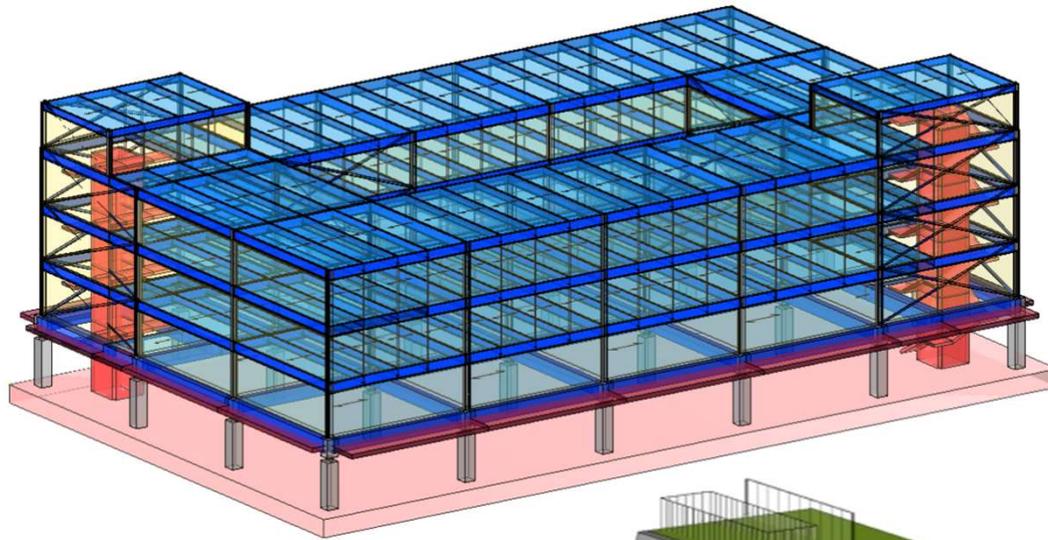
... Nel rappresentare la rigidezza degli elementi strutturali si deve tener conto della fessurazione. ...

... A meno di specifiche valutazioni e purchè le aperture presenti non ne riducano significativamente la rigidezza, gli orizzontamenti piani possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano medio a condizione...

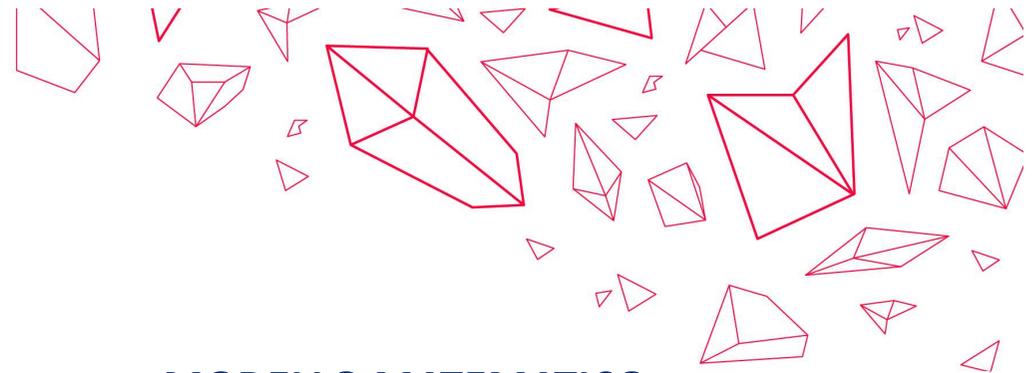
... Nella definizione del modello, gli elementi non strutturali non appositamente progettati come collaboranti (quali tamponature e tramezzi) possono essere rappresentati unicamente in termini di massa; il loro contributo al comportamento del sistema strutturale in termini di rigidezza e resistenza sarà considerato solo qualora abbia effetti negativi ai fini della sicurezza.



## IL MODELLO DI CALCOLO



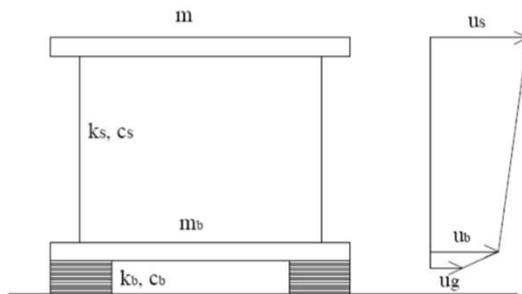
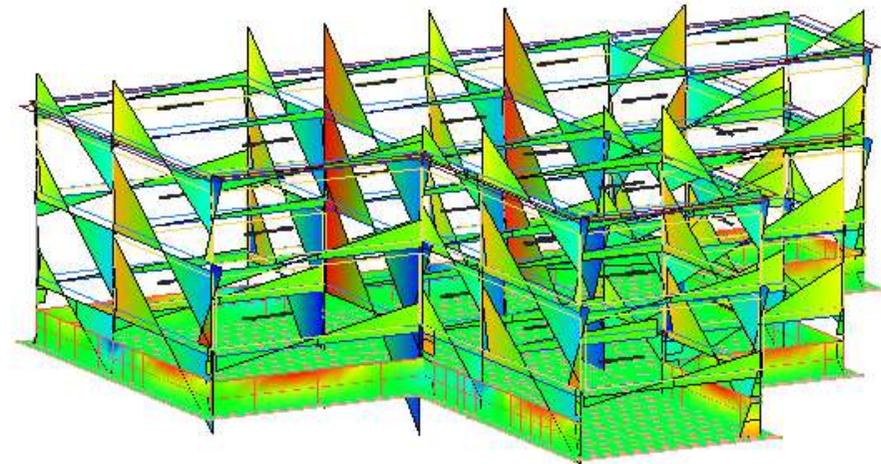
**REALTÀ**



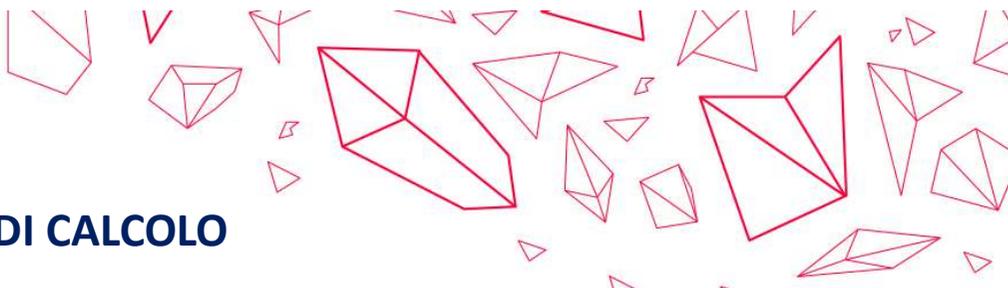
**MODELLO MATEMATICO**

$$[m]\{\ddot{q}(t)\} + [c]\{\dot{q}(t)\} + [k]\{q(t)\} = \{Q(t)\}$$

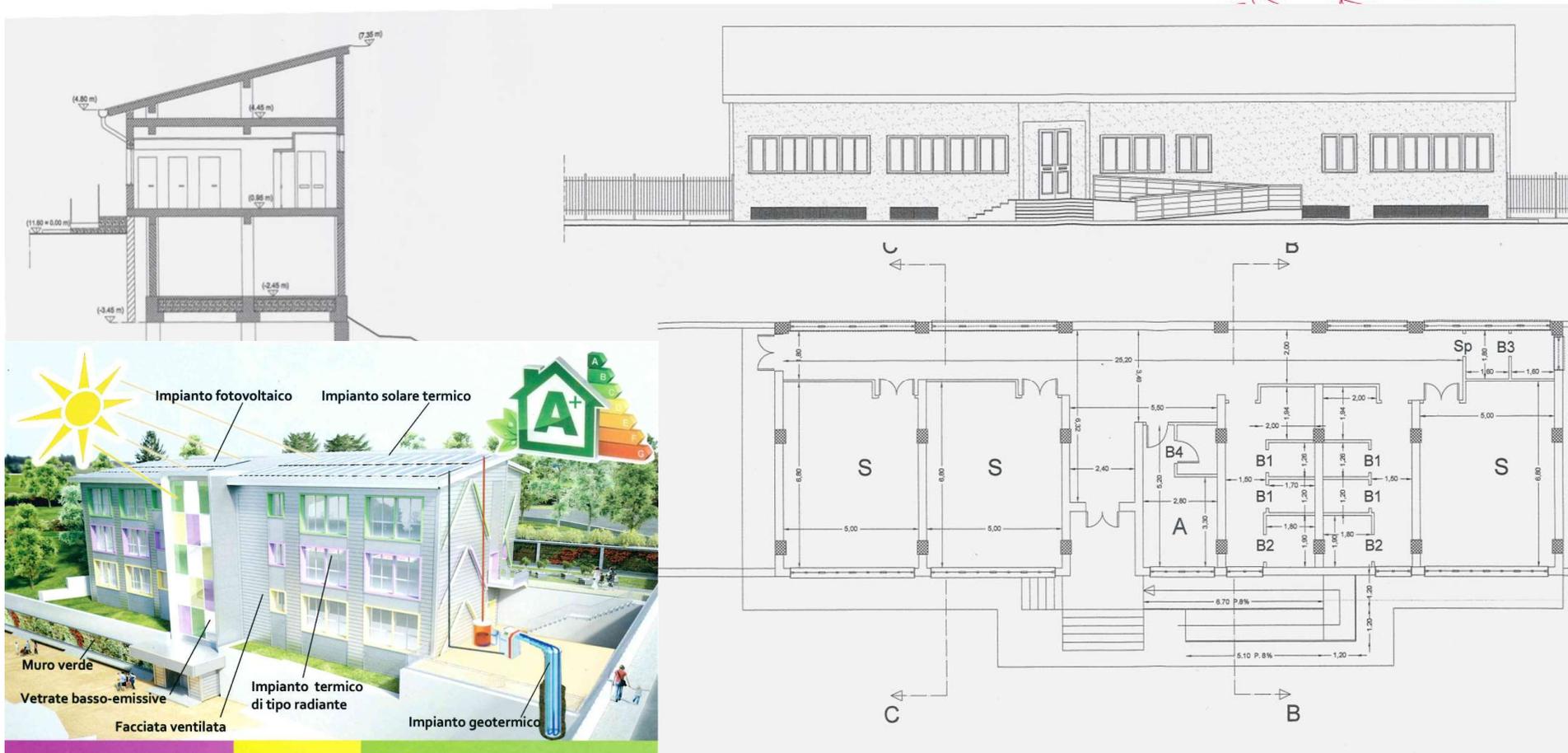
**MODELLO FEM**



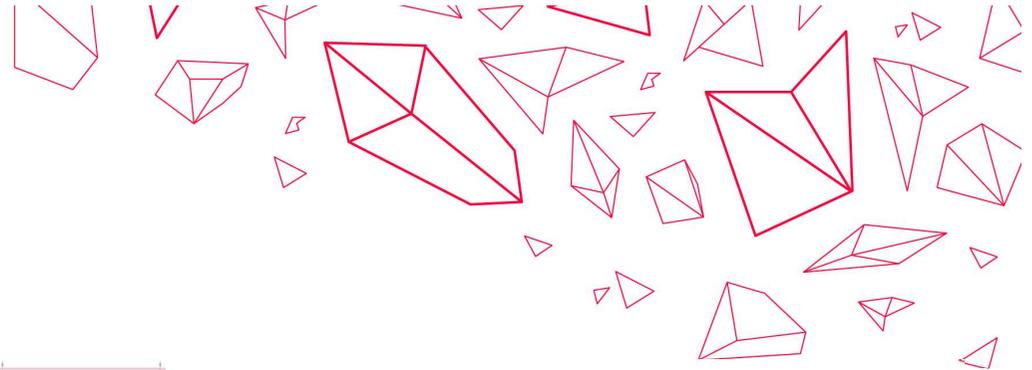
**MODELLO MECCANICO**



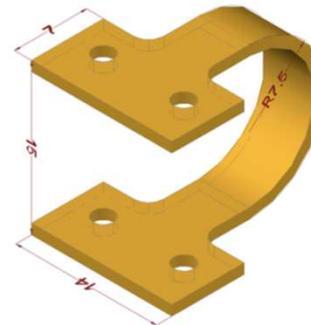
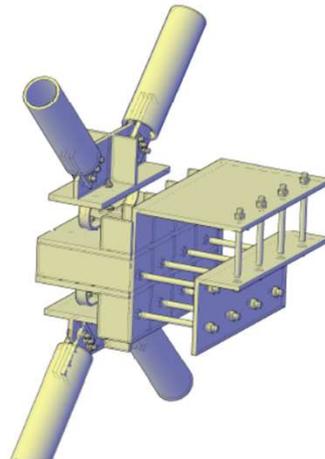
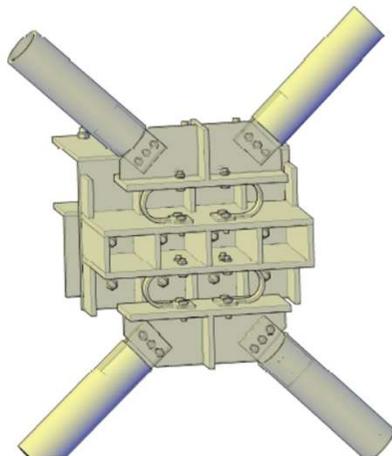
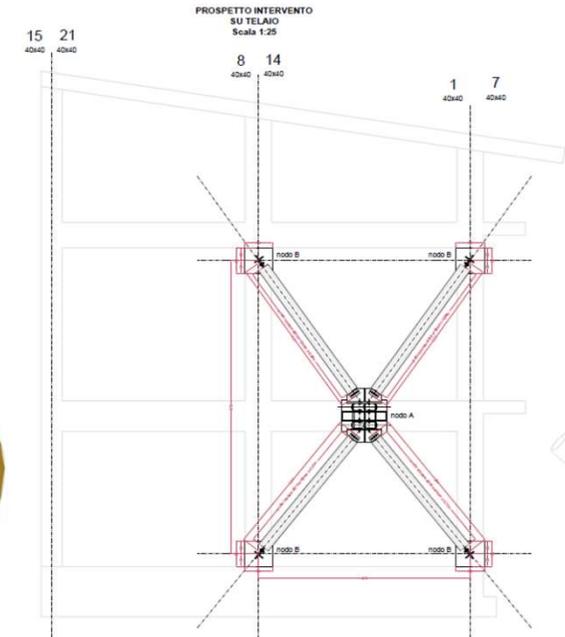
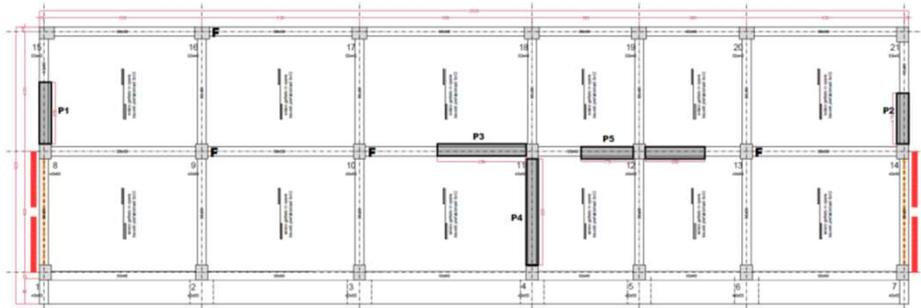
## IL MODELLO DI CALCOLO



### Eco scuola – Miglioramento Sismico



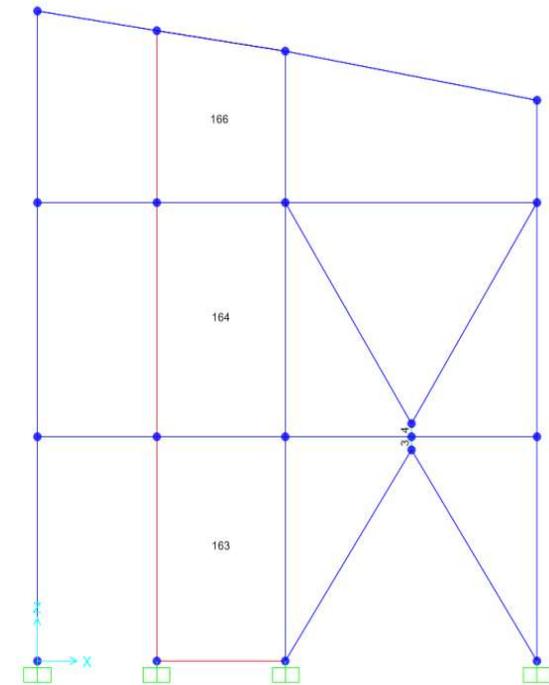
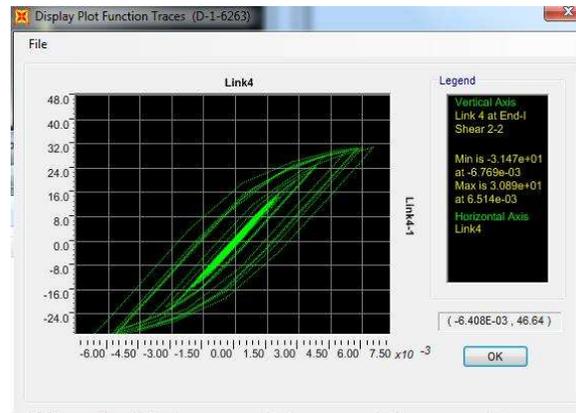
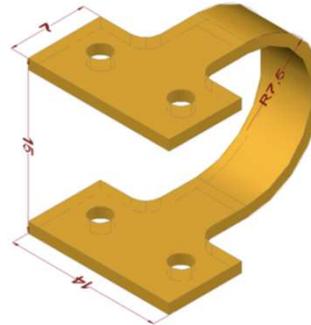
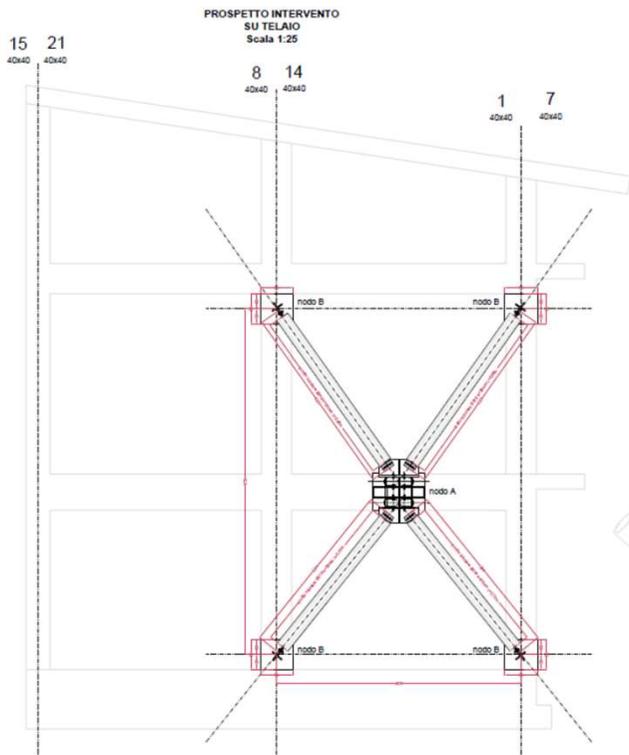
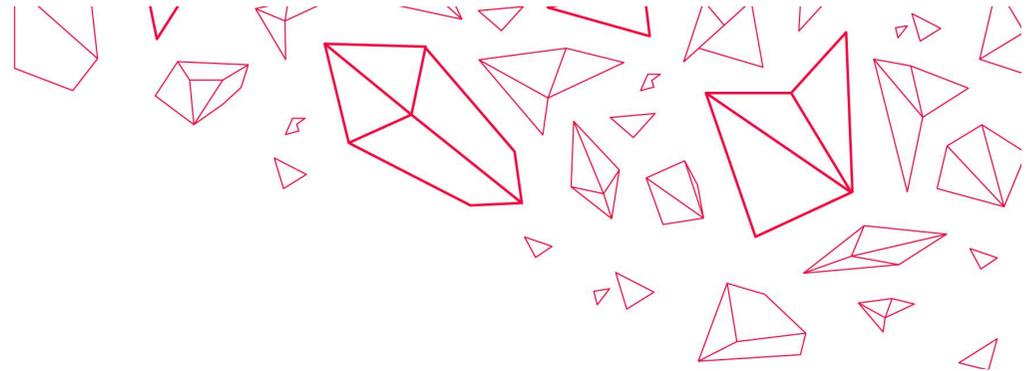
## IL MODELLO DI CALCOLO



*Eco scuola – Miglioramento Sismico*

## IL MODELLO DI CALCOLO

### Modelli dispositivi NL

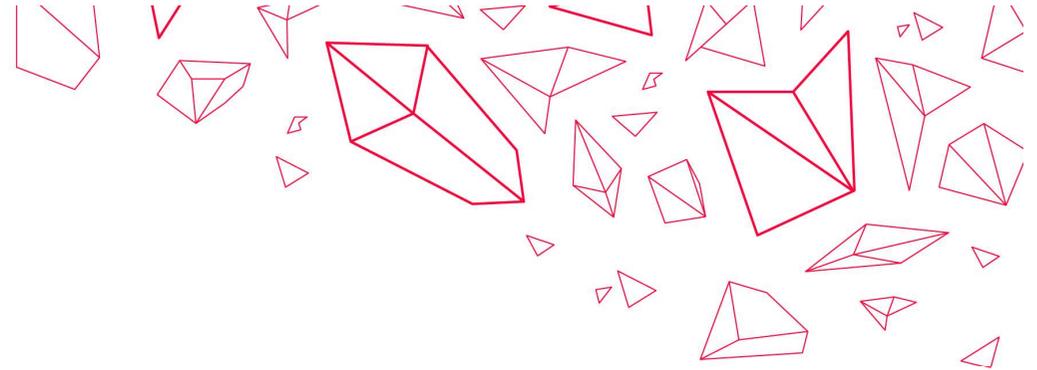


### Eco scuola – Miglioramento Sismico

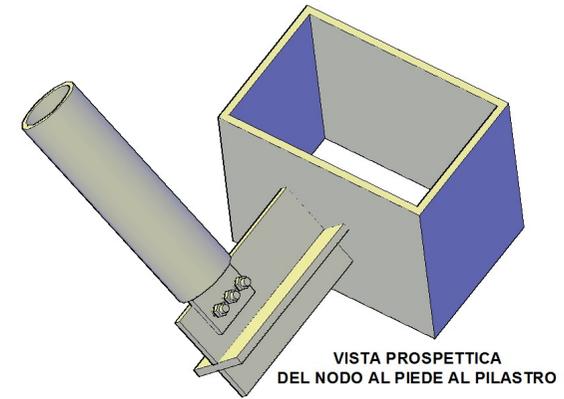
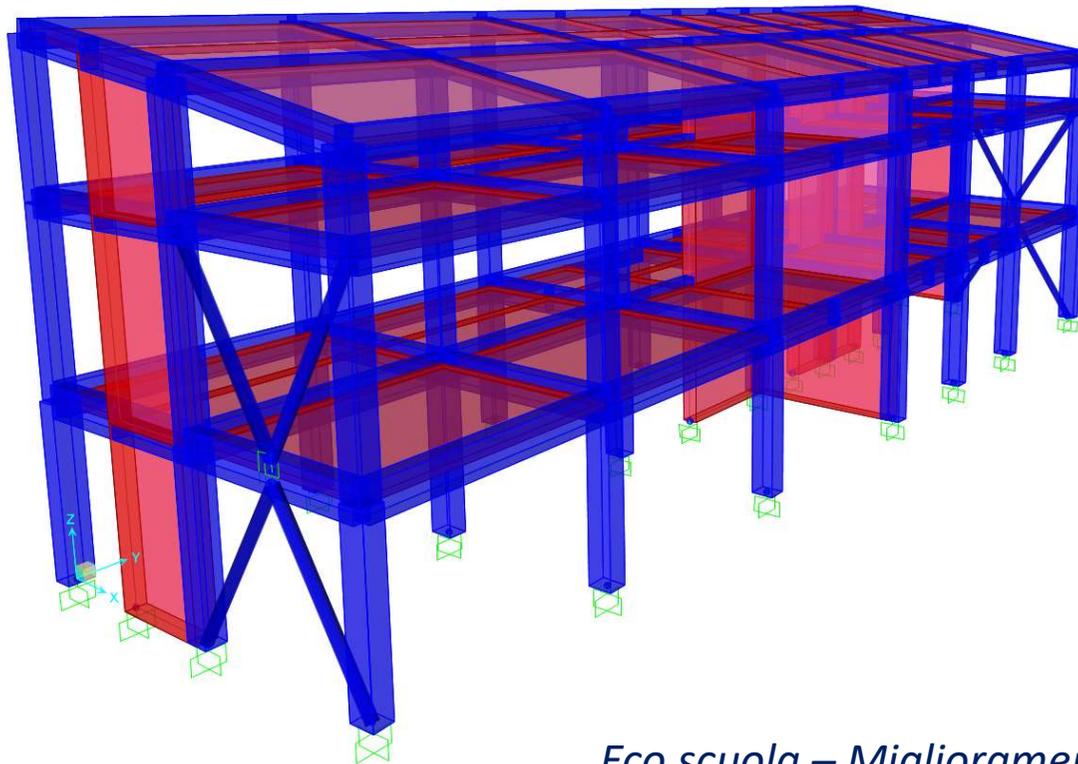


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

## IL MODELLO DI CALCOLO



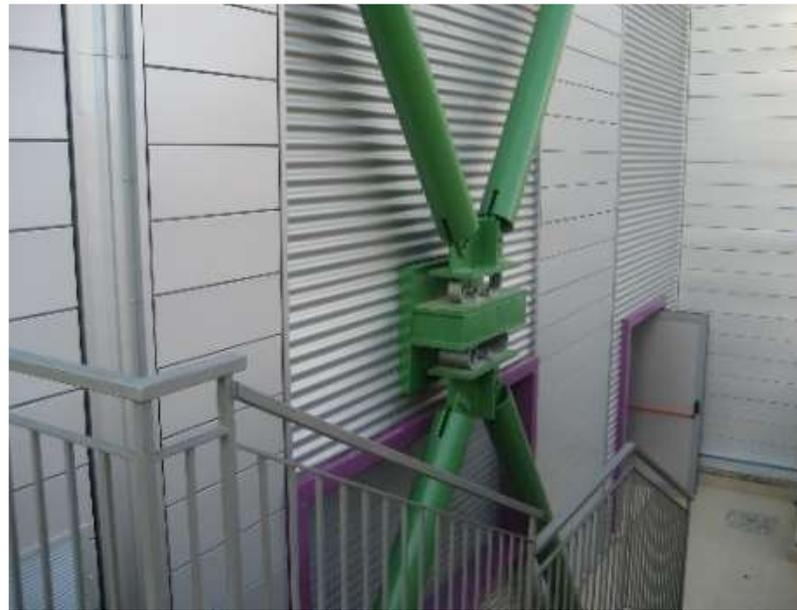
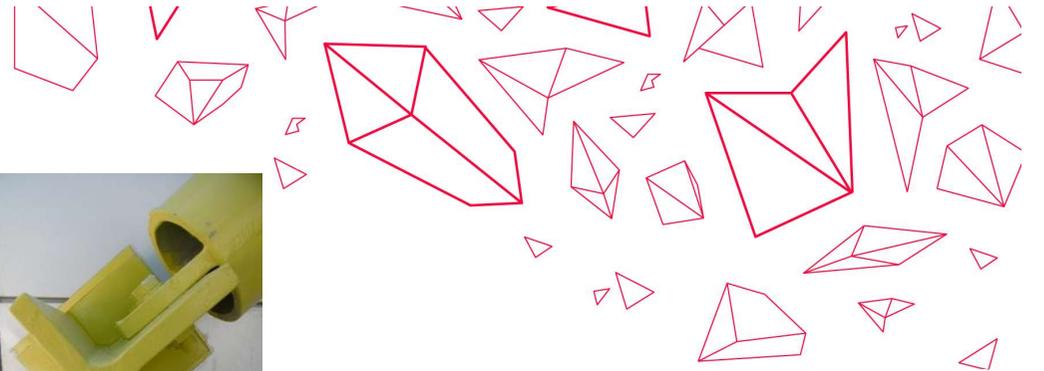
### *Modello Complessivo NL*



### *Modelli locali L*

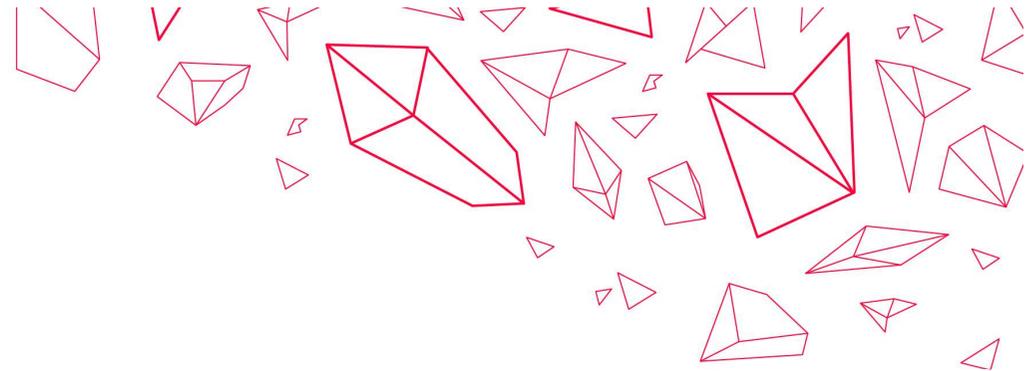
## *Eco scuola – Miglioramento Sismico*

## IL MODELLO DI CALCOLO



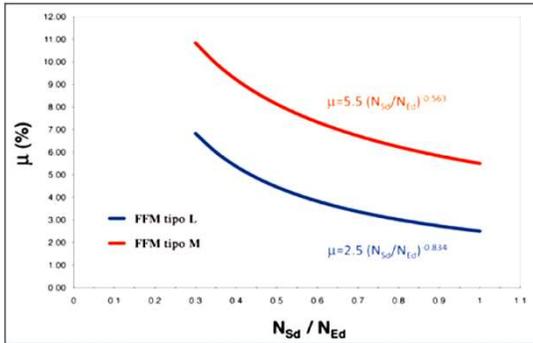
*Eco scuola – Miglioramento Sismico*

## IL MODELLO DI CALCOLO



*Esempio di struttura isolata alla base*

## IL MODELLO DI CALCOLO



pilastri	N SLC	N SLC
	kg	kN
1-24	107525	1055
2-23	224183	2199
3-22	221825	2176
7-18	204115	2002
8-17	353204	3465
9-16	320275	3142
13-12	235212	2307
14-11	354755	3480
15-10	324190	3180
19-6	126296	1239
20-5	228636	2243
21-4	224731	2205

pilastri	N SLC	N SLC	μ	ξe isolatore	Ke	Ned*ξe	Ned*μ	Ke*d
	kg	kN						
1-24	107525	1055	8,94%	0,273	499,41	288,33	94,30	219,74
2-23	224183	2199	5,91%	0,211	889,86	465,13	130,01	391,54
3-22	221825	2176	5,95%	0,212	882,25	462,07	129,41	388,19
7-18	204115	2002	6,23%	0,219	824,79	438,56	124,79	362,91
8-17	353204	3465	2,70%	0,118	1149,09	408,37	93,56	505,60
9-16	320275	3142	2,93%	0,126	1058,36	395,57	92,05	465,68
13-12	235212	2307	5,75%	0,208	925,37	479,24	132,77	407,16
14-11	354755	3480	2,69%	0,118	1153,36	408,94	93,62	507,48
15-10	324190	3180	2,90%	0,125	1069,16	397,16	92,23	470,43
19-6	126296	1239	8,17%	0,259	564,80	321,28	101,17	248,51
20-5	228636	2243	5,85%	0,210	904,22	470,86	131,13	397,86
21-4	224731	2205	5,90%	0,211	891,63	465,83	130,15	392,32

**FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO**

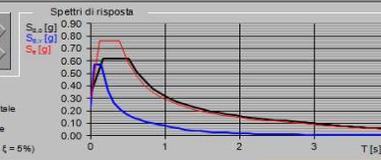
Stato Limite  
Stato Limite considerato: SLV

Risposta sismica locale  
Categoria di sottosuolo: B  
Categoria topografica: T1  
S<sub>a</sub> = 1,095  
C<sub>d</sub> = 1,330  
h/f = 0,000  
S<sub>v</sub> = 1,000

Compon. orizzontale  
Spettro di progetto elastico (SLE)  
Smorzamento ξ (%): 5  
τ<sub>1</sub> = 1,000  
Spettro di progetto inelastico (SLU)  
Fattore q<sub>0</sub>: 1,34  
Regol. in altezza: sì

Compon. verticale  
Spettro di progetto  
Fattore q: 1  
τ<sub>1</sub> = 1,000

Elaborazioni  
Grafici spettri di risposta  
Parametri e punti spettri di risposta



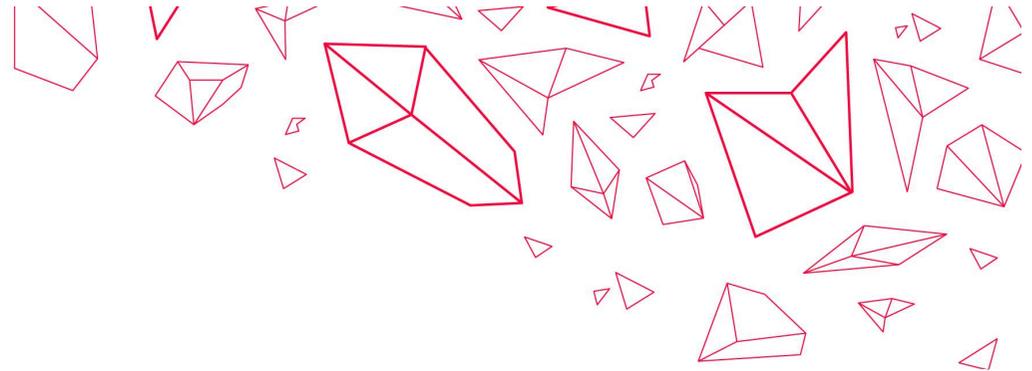
INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

$$\xi_e = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1}{\frac{d}{\mu \cdot R} + 1} \quad T_e = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{d}\right)}}$$

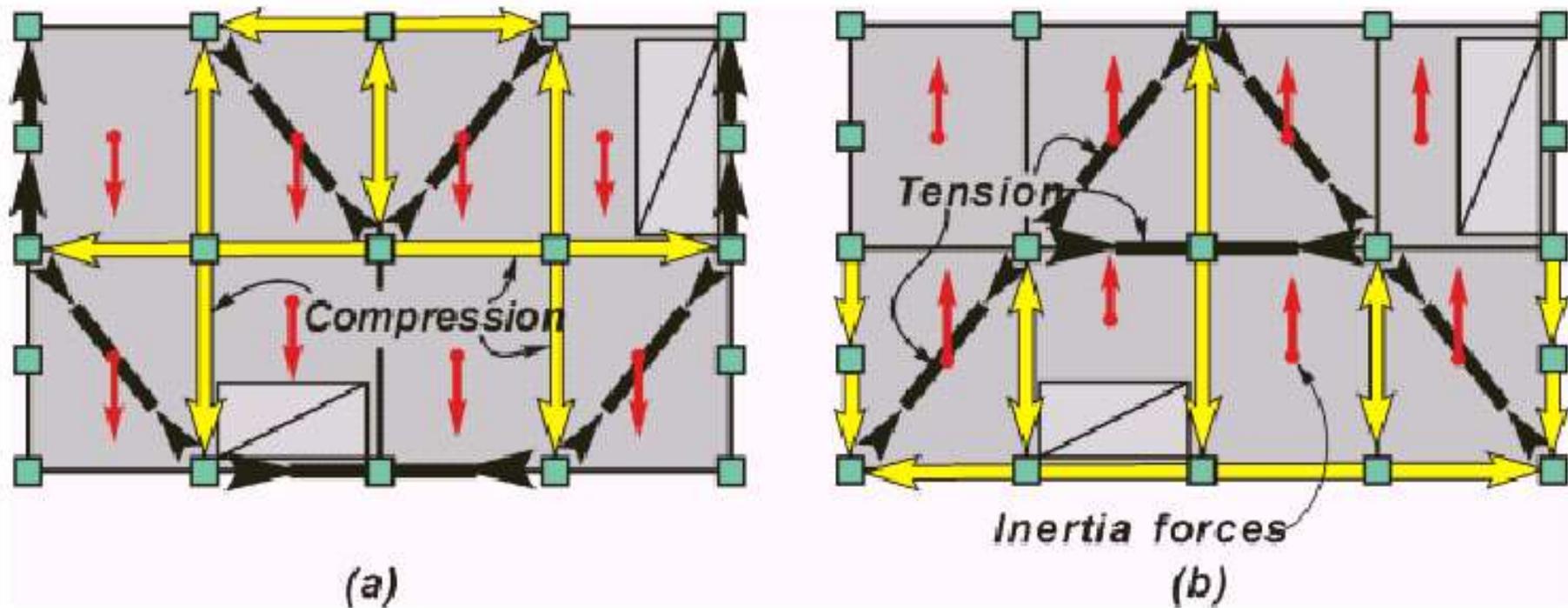
$$K_e = N_{Sd} \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{d}\right)$$

Ke tot	21624,64	kN/m	μ <sub>eff</sub>	0,023
ω	1,9226515	rad/sec	Sa	0,133
T	3,266	sec	Sd	0,4235
ξe sistema isolato	0,174	-		

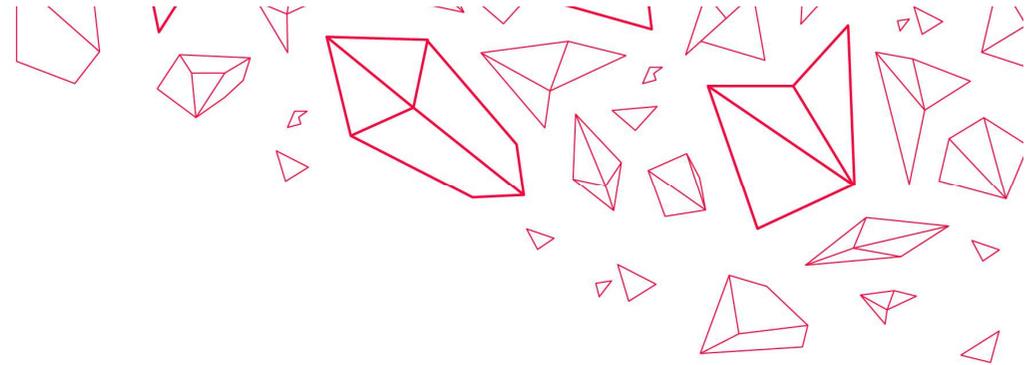
Esempio di struttura isolata alla base



## SOLAI RIGIDI

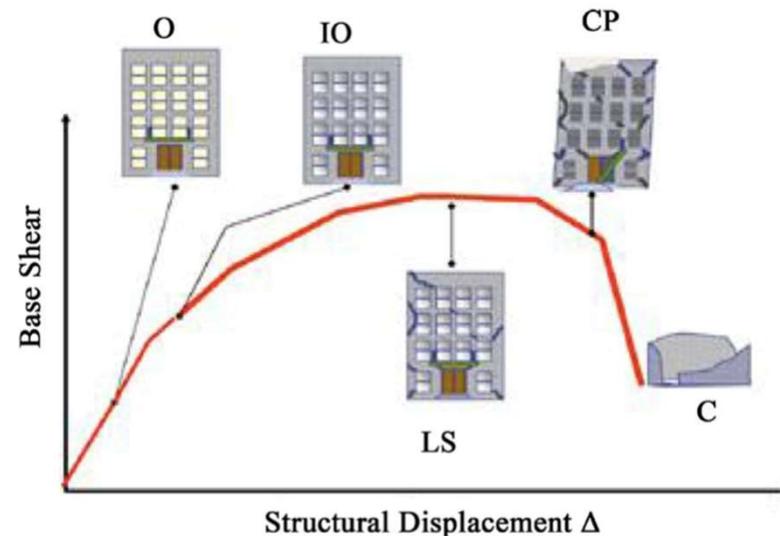
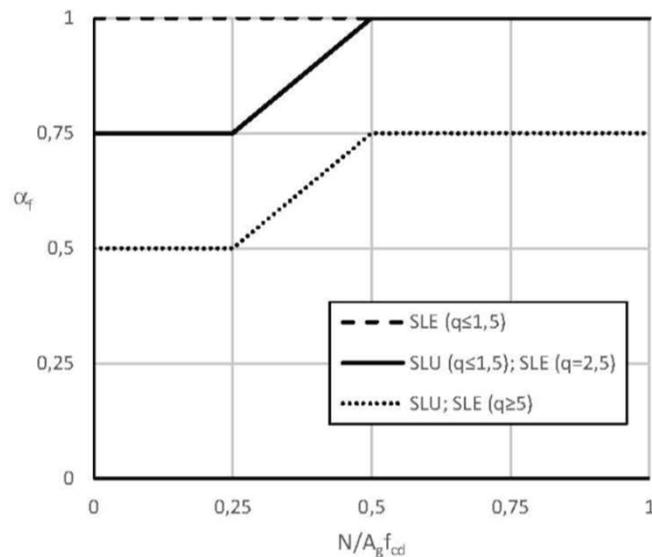


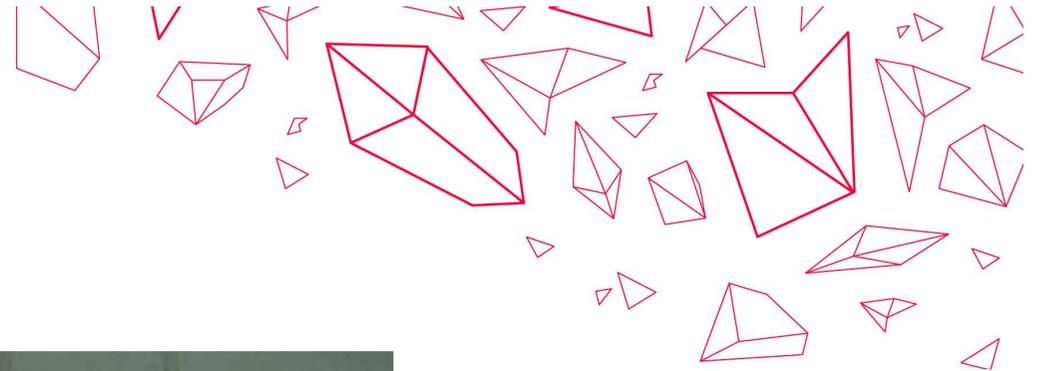
*Esempio di analisi - metodo Strut & Tie*



## C7.2.6 CIRCOLARE

... Per gli elementi in calcestruzzo armato si può, in maniera semplificata, adottare un coefficiente riduttivo della rigidità denominato **coefficiente di fessurazione**  $\alpha_f$  da applicare sia alla rigidità flessionale sia alla rigidità a taglio di ciascun elemento. ...

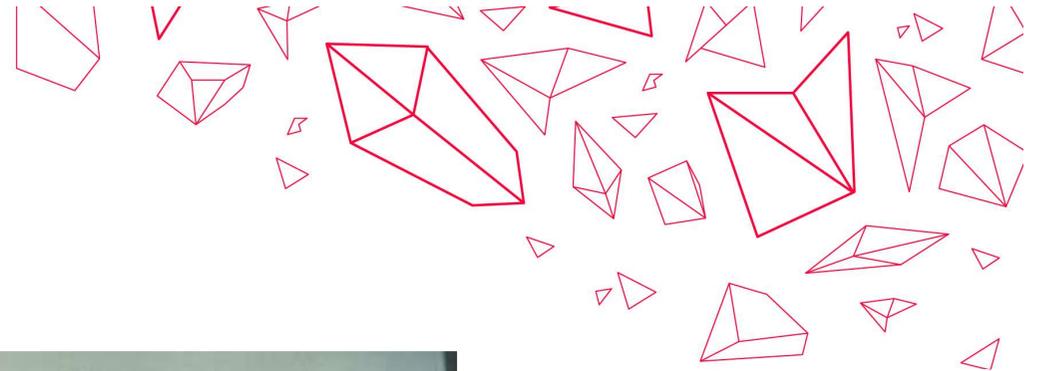




## ELEMENTI NON STRUTTURALI



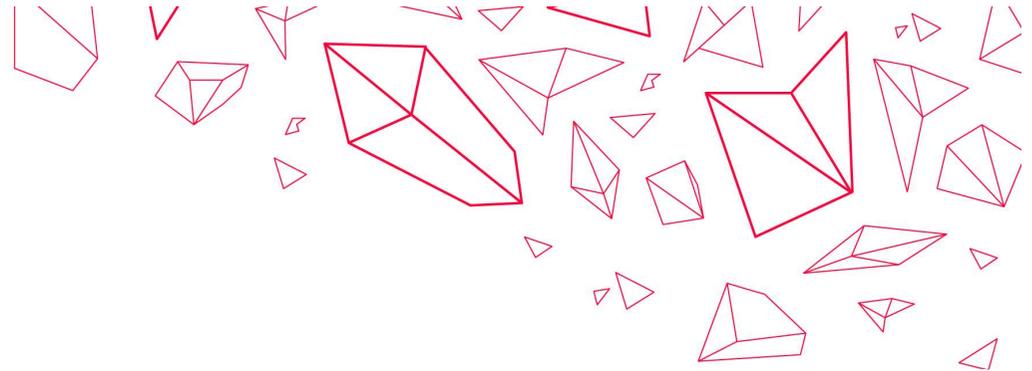
**Northridge – California**  
*Evento 1994*



## ELEMENTI NON STRUTTURALI



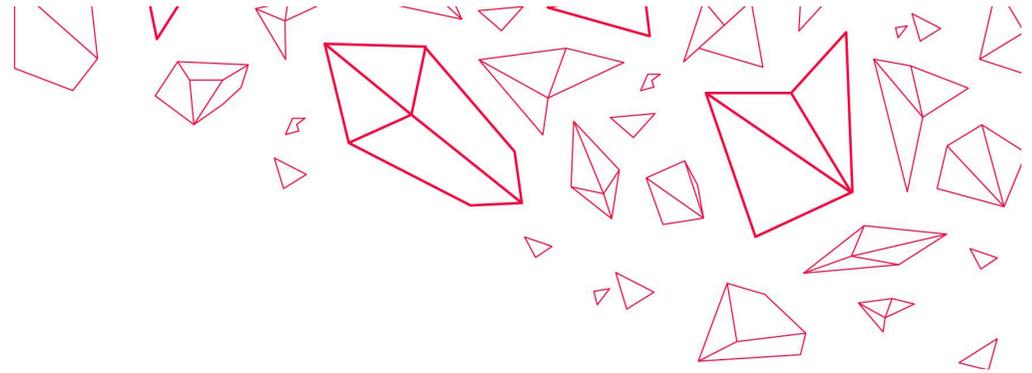
**Northridge – California**  
*Evento 1994*



## C1.1 CIRCOLARE

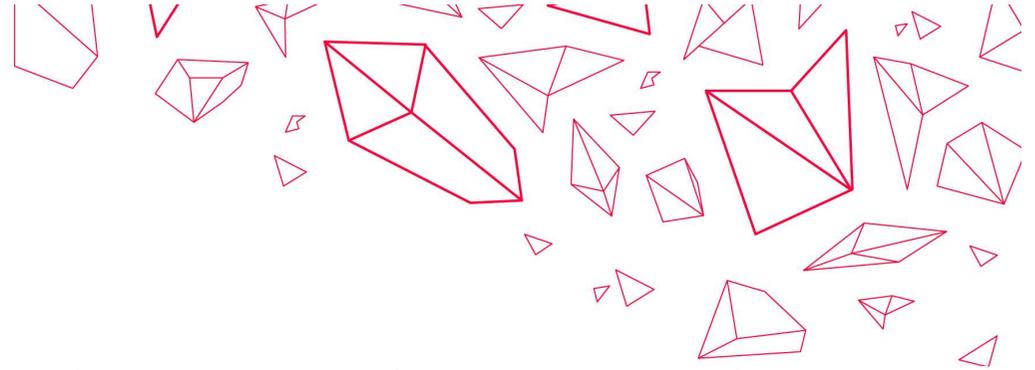
Un aspetto centrale della modellazione, con evidenti riflessi sulla scelta del metodo di analisi, è la **ricerca di una risposta duttile** della costruzione e del terreno di fondazione. Una risposta duttile permette di evitare, per quanto possibile, la formazione di meccanismi parziali; ciò avviene per effetto del comportamento di tipo incrudente positivo proprio di questa risposta, tale cioè da permettere ridistribuzioni delle sollecitazioni e da perseguire, al crescere delle azioni esterne, la formazione di meccanismi globali. ...

Le considerazioni innanzi espresse evidenziano i limiti concettuali, ai fini della valutazione della duttilità necessaria, delle analisi che fanno riferimento al solo modello di mezzo elastico lineare o al solo modello di mezzo rigido-plastico, mentre **tale obiettivo è perseguibile con modelli non lineari**, in grado di descrivere adeguatamente il comportamento duttile di una costruzione.



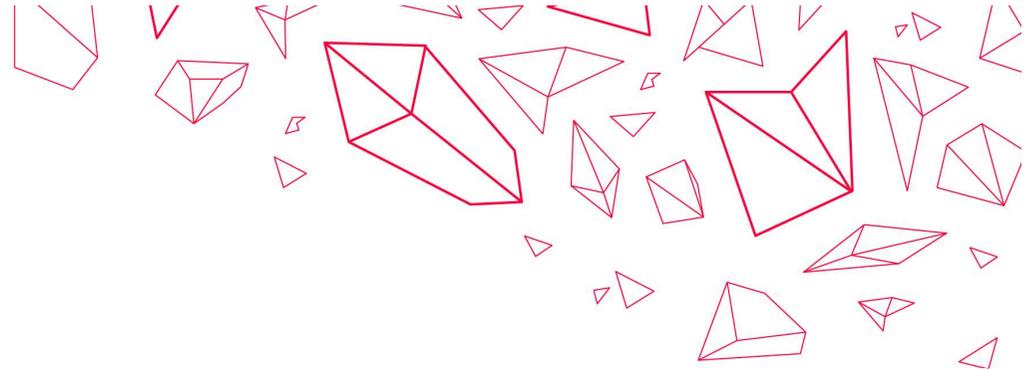
Il riferimento a modelli non lineari e a comportamento elastoplastico incrudente è ormai consolidato nell'ingegneria strutturale e geotecnica e i metodi di analisi che incorporano questi modelli sono ormai implementati in programmi di analisi di ampia diffusione. Peraltro il metodo di analisi più diffuso rimane quello che modella le strutture come elastiche lineari, eventualmente tenendo conto dei così detti effetti del 2° ordine mediante matrici di rigidezza geometriche. La dimestichezza che con esso hanno i progettisti, unita all'indubbia facilità d'uso, hanno fatto sì che le revisionate NTC lo utilizzino sistematicamente, favorendone l'adozione anche in presenza di azioni dinamiche di forte entità (il sisma eccezionale) e di comportamenti dei materiali fortemente non lineari per eccesso di deformazione, oltre che di tensione.

Da un lato, dunque, modello di analisi elastico lineare, dall'altro materiale deformato fortemente, ben oltre il limite elastico; questa evidente contraddizione ha motivazioni precise che è bene ricostruire.

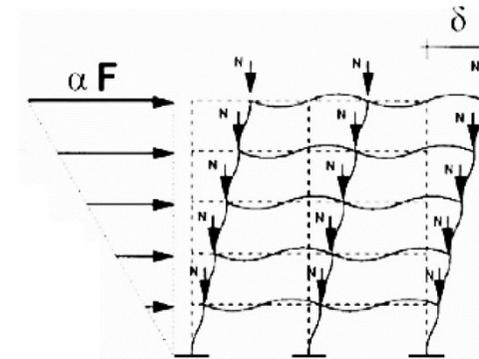
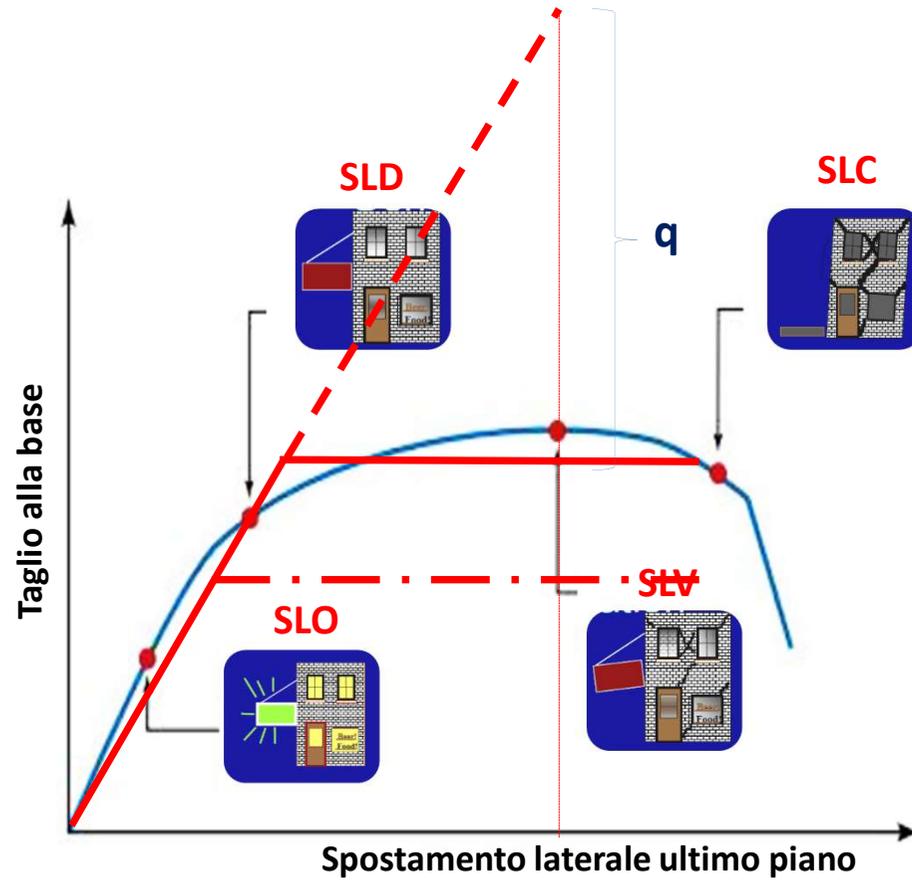


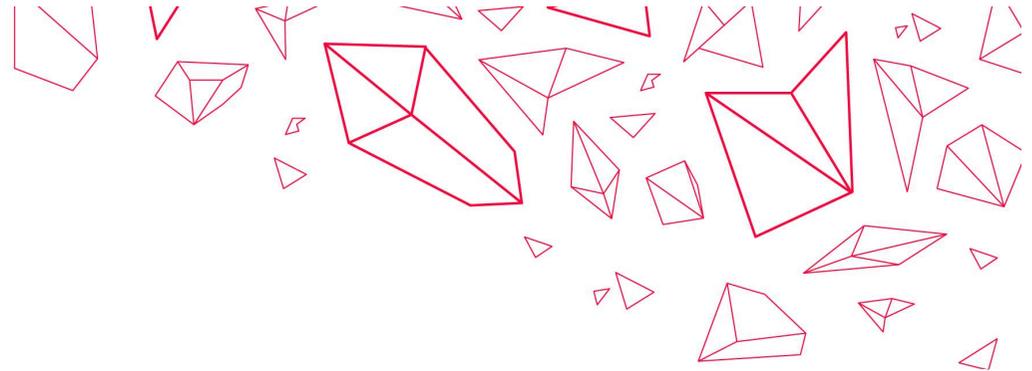
Nella continua ricerca di soluzioni sicure e più economiche, l'ingegneria civile è stata, di necessità, costretta a spingersi nel campo delle deformazioni plastiche, cercando nella plasticità e nella riduzione di rigidità che essa comporta un modo per favorire la naturale redistribuzione della domanda sia sulla singola sezione e sulla singola membratura, sia sull'intera costruzione; un modo, dunque, per conseguire costruzioni ad un tempo più sicure e più economiche.

Tale processo ha interessato, negli anni, dapprima la sezione e immediatamente dopo l'intera costruzione, sostanziandosi nelle metodologie tipiche dell'analisi limite (analisi plastica) e dell'analisi non lineare. Nello specifico, si è passati: per la sezione, dal valutare la capacità riferendosi alle tensioni (**metodo delle tensioni ammissibili**, non più ammesso dalle revisionate NTC) al valutarla riferendosi alle resistenze (**metodo a rottura**), per la costruzione, dal valutare la domanda con analisi lineari elastiche al valutarla con analisi plastiche o non lineari.



## METODI DI ANALISI E VERIFICA





## C1.1 CIRCOLARE

...A questo punto, è bene precisare che la ricerca di duttilità non è confinata ai casi in cui l'azione sismica sia dimensionante, anzi essa è basilare, in tutte le altre situazioni di carico, per conseguire la robustezza, ovvero la “capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali ...” e di eventuali errori di progettazione o di esecuzione.

Le accortezze costruttive, utili per conseguire sezioni, elementi, collegamenti, strutture duttili (indipendentemente dalla duttilità intrinseca del materiale impiegato), si possono dunque utilizzare sistematicamente, qualunque sia l'azione che produce la domanda; in particolare la progettazione in capacità e i particolari costruttivi illustrati nel Capitolo 7 migliorano il comportamento locale e d'insieme anche in presenza di azioni gravitazionali o di azioni eccezionali.

In tal senso sono utilmente generalizzabili la distinzione tra sezioni, elementi, collegamenti a comportamento fragile e a comportamento duttile e le accortezze finalizzate ad accoppiare correttamente gli uni con gli altri e a conseguire un comportamento duttile sia locale sia globale, evitando i collassi locali.



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

**Grazie**  
per l'attenzione

*Luigi Petti*



[petti@unisa.it](mailto:petti@unisa.it) [www.lacelab.net](http://www.lacelab.net)



[www.soft.lab.it](http://www.soft.lab.it)



# SOFT.LAB

SOFTWARE PER L'EDILIZIA

---

[info@soft.lab.it](mailto:info@soft.lab.it)

+39.0824.874.392

---



[www.soft.lab.it](http://www.soft.lab.it)