

AICAP 2011

Padova 19-20 maggio 2011

Il software e la progettazione strutturale: opportunità e limitazioni

Prof. Gaetano Manfredi
gamanfre@unina.it



SOFTWARE E PROGETTAZIONE

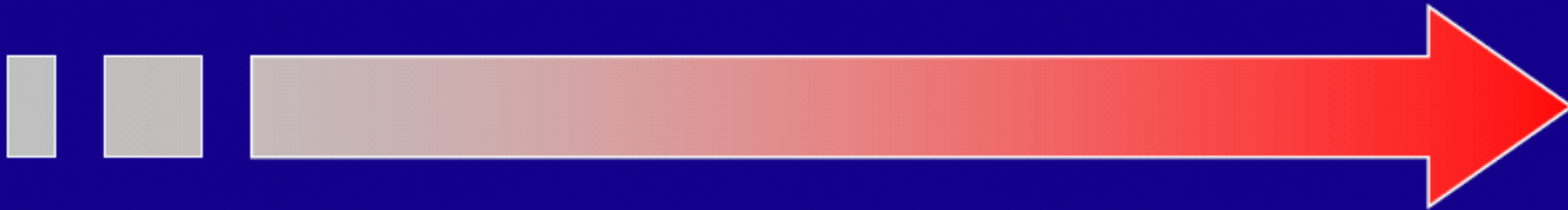
L'EVOLUZIONE DEL SOFTWARE

1980

1990

2000

2010



**da AUTOMAZIONE
DI CALCOLI
EFFETTUATI
MANUALMENTE...**

**... a NECESSITA' PER
L'APPLICAZIONE DEI
NUOVI METODI DI
CALCOLO**

SOFTWARE E PROGETTAZIONE

**UNIVERSITA'
RICERCA**

**ENTE
PUBBLICO
NORMATIVE**

**SOFTWARE
TECNICO**

**IMPRESSE
COSTRUZIONI**

**INDUSTRIA
PRODUZIONE**

PROGETTISTI



SOFTWARE NELL'AMBITO DELLE NTC '08

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (D.M. 14/01/2008)

§10.2 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

Affidabilità dei codici utilizzati

"Il progettista dovrà esaminare preliminarmente la **documentazione a corredo del software** per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico".

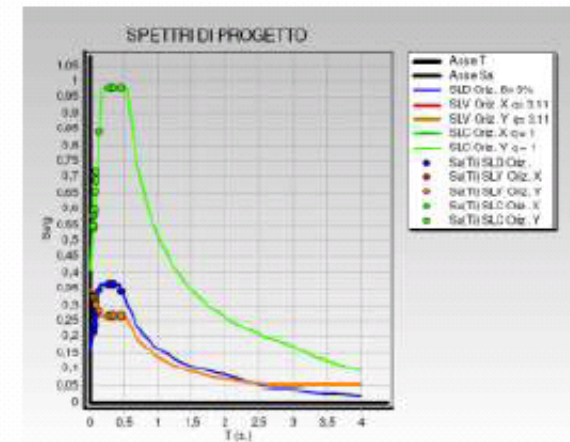
La documentazione, **fornita dal produttore o dal distributore del software**, dovrà:

- contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati*
- individuare i campi d'impiego del software*
- riportare casi prova (benchmark) interamente risolti e commentati*

IL SOFTWARE: ASPETTI CHIAVE AI FINI DEL PROGETTO

Definizione Dati di Input

1. **Geometrie:** dimensioni in pianta, numero piani, altezza fuori terra, etc.;
2. **Disegni sintetici e significativi:** piante, prospetti, sezioni, assonometrie
3. **Caratteristiche dei materiali** (in caso di edifici esistenti, prove effettuate, LC, FC)
4. **Azioni e combinazioni delle azioni**
5. **Parametri sismici** (vita nominale, classe d'uso, periodo di riferimento V_R , categoria del sottosuolo, categoria topografica, amplificazione topografica ST, zona sismica del sito, coordinate del sito Long. Lat)



IL SOFTWARE: ASPETTI CHIAVE AI FINI DEL PROGETTO

□ DESCRIZIONE DELLE FORMULAZIONI TEORICHE E DEGLI ALGORITMI IMPIEGATI:

- *Metodo degli elementi finiti (FEM)*
- *Metodo degli elementi al contorno (BEM)*
- *Altro..*

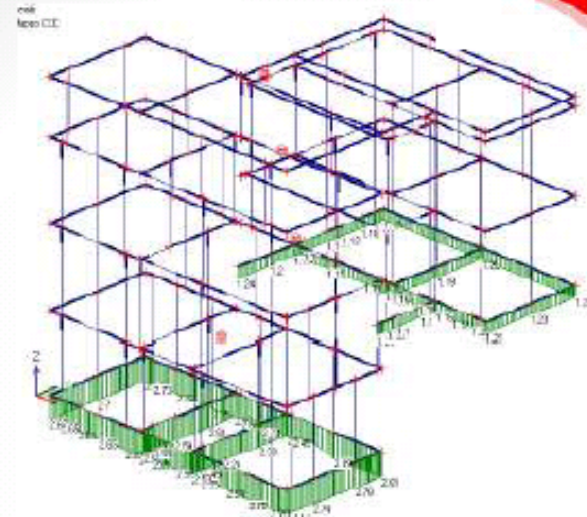
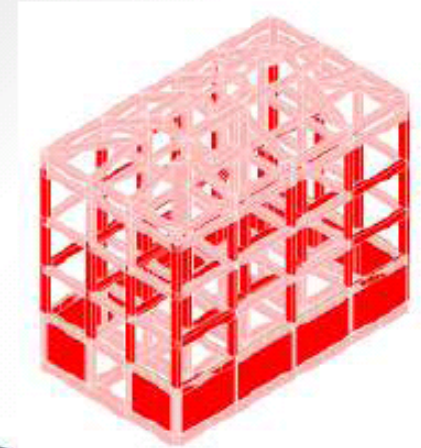
□ ELENCO TIPOLOGIA DI ELEMENTI, CIASCUNO CORREDATO DA:

- *Breve descrizione (Link, beam, truss, plane, brick, shell, pipe, contact, etc..)*
- *Sistema di convenzione dei segni e degli assi locali*
- *Tipologia di analisi (plane stress, plane strain, axisymmetric, 3-D modeling, etc..);*
- *Campi di applicazione (elasticity, plasticity, hyperelasticity, large deflection, etc..)*
- *Formulazione dell'elemento (funzioni di forma nel caso di elementi finiti)*
- *Simulazione del tipo di Materiale (isotropo, ortotropo, anisotropo, graded)*
- *N. nodi che caratterizzano l'elemento*
- *N. gradi di libertà per nodo*
- *Capacità di modellazione geometrie lineari, distorte, etc..*
- *Attributi da assegnare all'elemento (carichi, vincoli, sezione/spessori)*

IL SOFTWARE: ASPETTI CHIAVE AI FINI DEL PROGETTO

Criteria di progettazione e modellazione (par. 7.2):

- classe di duttilità
- regolarità in pianta ed in alzato
- periodo del modo principale di vibrare della struttura, T_1
- fattore di struttura q e relativa giustificazione
- giunti di separazione fra strutture contigue
- criteri per la valutazione degli elementi non strutturali
- requisiti delle fondazioni e collegamenti tra fondazioni



IL SOFTWARE: ASPETTI CHIAVE AI FINI DEL PROGETTO

□ LISTA DELLE TIPOLOGIE DI ANALISI EFFETTUATE:

- Analisi Statica Lineare
- Analisi Statica Non Lineare (non linearità Geometriche e di Materiale)
- Analisi Dinamica Modale
- Analisi Statica Non Lineare (Pushover)
- Time History Lineare
- Time History Non Lineare
- Analisi di Buckling
- Altro...



RIFERIMENTI TEORICI NECESSARI, FINALIZZATI AD IDENTIFICARNE I LIMITI DI APPLICABILITÀ

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

L'USO DEI SOFTWARE NEL CALCOLO STRUTTURALE

Vantaggi/opportunità: i software attuali consentono di:

- Studiare strutture anche di grande complessità con un impegno (di tempo) ragionevole;
- Utilizzare un modello strutturale più aderente possibile alla struttura reale;
- Considerare “tutte” le possibili combinazioni di carico che possono realizzarsi durante la vita della struttura, compresa ad es. l'azione sismica proveniente da differenti direzioni;
- Realizzare disegni esecutivi nel caso di strutture ricorrenti;
- Condurre analisi non lineari della struttura per verificare le effettive risorse ultime della stessa (fondamentale nel caso di edifici esistenti);

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

L'USO DEI SOFTWARE NEL CALCOLO STRUTTURALE

Cosa non fa un programma di calcolo strutturale:

- I software sono strumenti di verifica, non di progetto, che deve essere pertanto svolto dal progettista che è responsabile di tutte le scelte;

Quali aspetti necessitano di grande attenzione da parte del progettista:

- Sempre più spesso i software tendono a specializzare i propri elementi base, la modellazione va fatta di conseguenza;
- Sempre necessario condurre una serie di verifiche "globali" dei risultati ottenuti, per verificarne l'affidabilità;
- La relazione di calcolo deve sempre contenere una sezione introduttiva che descrive i criteri utilizzati e le basi del progetto;
- Particolare attenzione nel caso di programmi che conducono analisi non lineari.

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

L'USO DEI SOFTWARE NEL CALCOLO STRUTTURALE

QUESTIONI INTERPRETATIVE delle NTC2008-

- Come tradurre un requisito normativo in una regola applicabile in modo quasi automatico dal software (ancora qualche confusione sulle caratteristiche prestazionali o cogenti delle attuali NTC 2008);

ALTRI ASPETTI CRITICI nella redazione di un software strutturale -

- Il progettista deve essere un soggetto attivo nel processo (non significa solamente dove mettere dati e parametri nel programma);
- -> fondamentale per la realizzazione di un corretto modello strutturale e realizzazione degli esecutivi;
- Condurre verifiche del proprio software, in particolare sulle ipotesi alla base dello stesso e sulla compatibilità di elementi diversi;
- Migliorare significativamente i programmi di verifica non lineari!!

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

**MAGGIORE NOVITA' INTRODOLTA DALLE RECENTI NORME DI
PROGETTAZIONE IN ZONA SISMICA**

RISPETTO DELLA GERARCHIA DELLE RESISTENZE

Al fine di assicurare un'adeguata duttilità della struttura, si devono evitare i meccanismi di rottura fragile:

GERARCHIA DELLE RESISTENZE



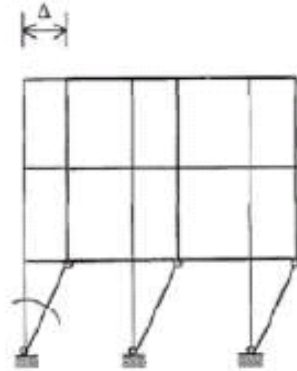
certi elementi strutturali sono progettati in modo da assicurare sempre una resistenza superiore a quella degli elementi che trasferiscono ad essi le azioni

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

GERARCHIA DELLE RESISTENZE TRAVE - PILASTRO



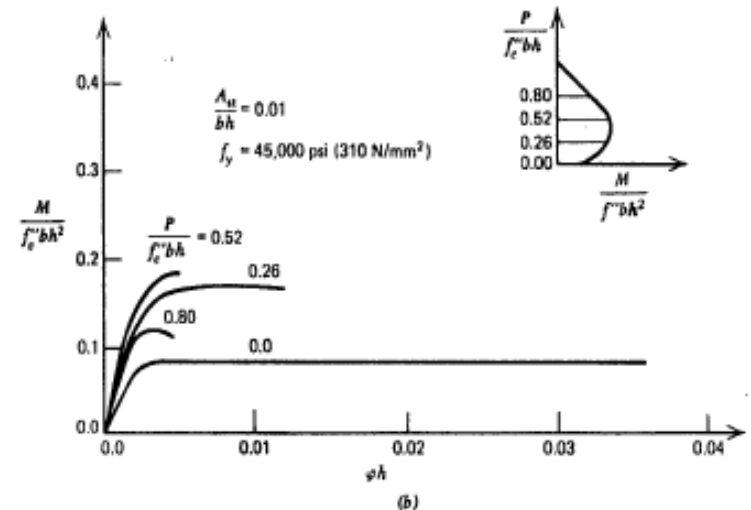
Meccanismo globale duttile
(plasticizzazioni controllate e diffuse)



Meccanismo di piano fragile
(elevate plasticizzazioni concentrate)

Meccanismo di
collasso da evitare !

Lo sforzo normale riduce
molto la duttilità delle
sezioni inflesse



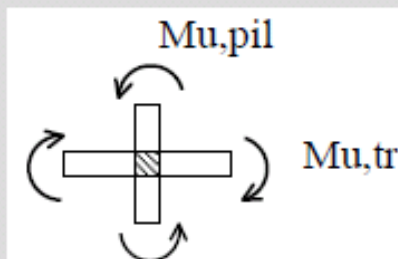
IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

**GERARCHIA DELLE RESISTENZE
TRAVE - PILASTRO**



IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

EQUILIBRIO ALLA ROTAZIONE DEL NODO TRAVE-PILASTRO ALLO S.L.U.



$$\Sigma Mu,pil > \gamma_{Rd} \Sigma Mu,tr$$

Amplificazione dei momenti ottenuti dall'analisi nei pilastri di un fattore α

$$\alpha = \gamma_{Rd} \frac{|\Sigma M_{Rd,travi}|}{|\Sigma M_{Sd,pilastri}|}$$

Somma dei momenti resistenti delle travi convergenti in un nodo aventi segno concorde

Somma dei momenti ottenuti dall'analisi nei pilastri al di sopra e al di sotto del nodo

γ_{Rd}

sovrarresistenza legata all'incrudimento dell'acciaio (non computato nel calcolo del momento resistente)

- α deve essere calcolato per entrambi i versi dell'azione sismica
- α non si applica alle sezioni di sommità dei pilastri dell'ultimo piano
- nella sezione di base si considera il maggiore tra il momento dedotto dall'analisi e quello utilizzato per la sezione di sommità del pilastro
- Al momento di calcolo ottenuto dall'amplificazione si associa lo sforzo normale più sfavorevole ottenuto per ciascun verso dell'azione sismica

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

GERARCHIA DELLE RESISTENZE FLESSIONE - TAGLIO



IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

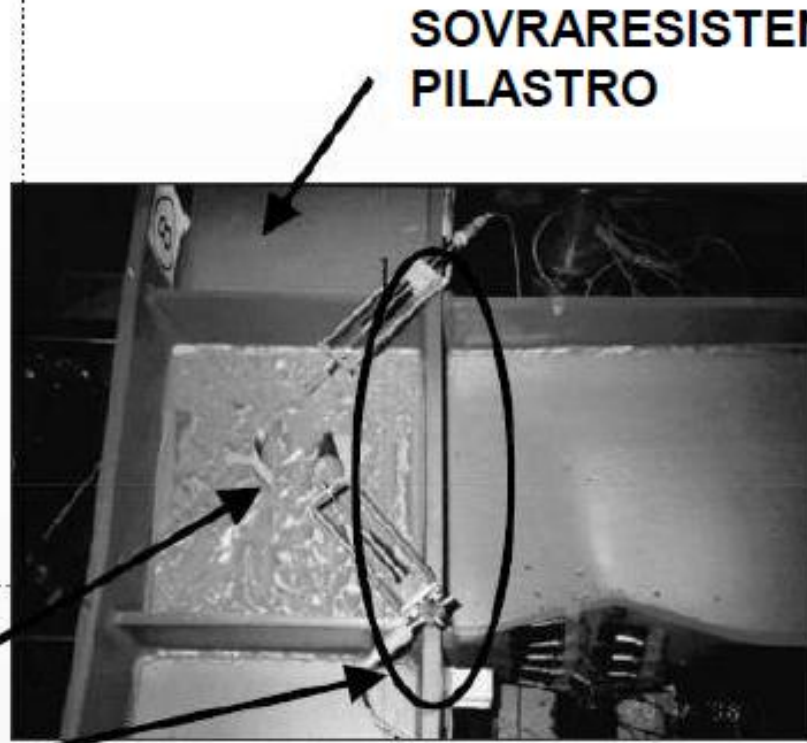
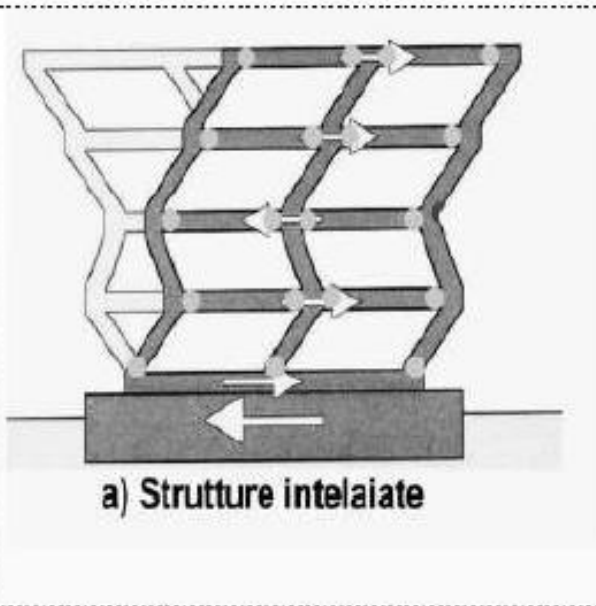
GERARCHIA DELLE RESISTENZE NODO - PILASTRO



**NTC2008 fornisce dei criteri per la
verifica dei nodi**

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

GERARCHIA DELLE RESISTENZE NELLE STRUTTURE IN ACCIAIO



SOVRARESISTENZA DEL PILASTRO

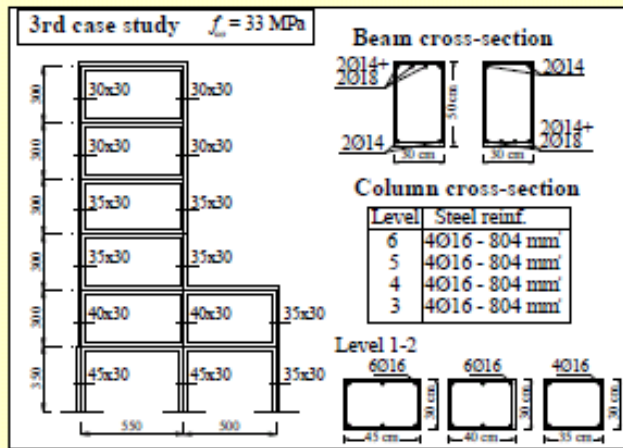
SOVRARESISTENZA DEL NODO

$$\gamma_{Rd} \cdot s \cdot M_{b.R}$$

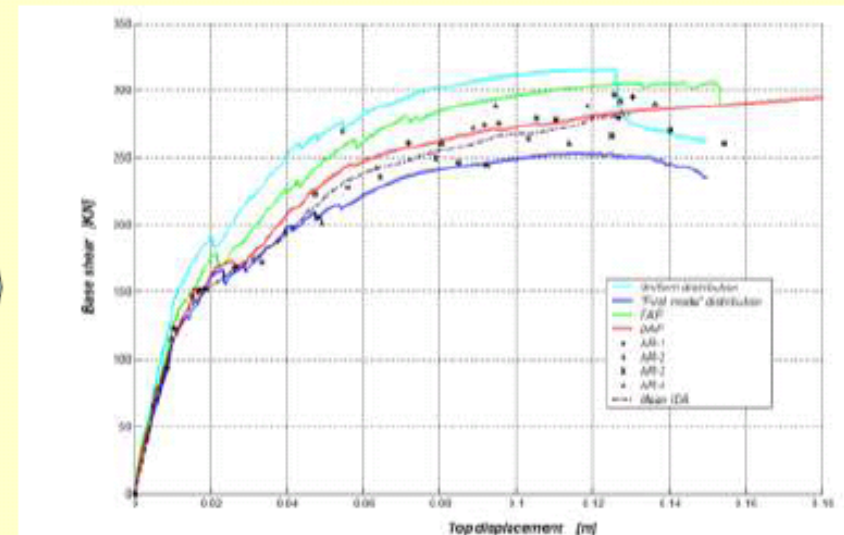
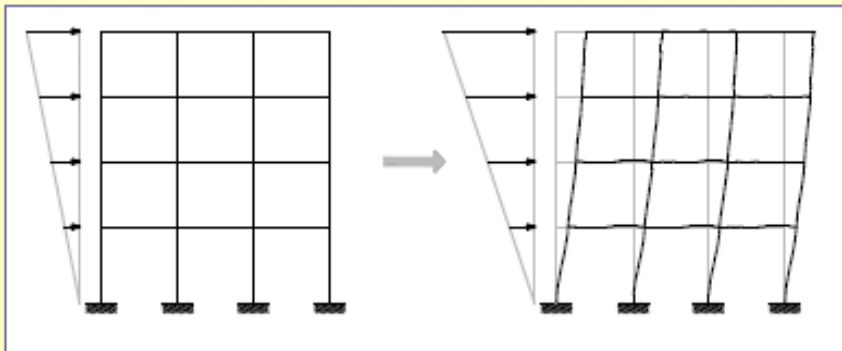


IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

CALCOLO NON LINEARE MEDIANTE SOFTWARE COMMERCIALI



Analisi di pushover di strutture a telaio



IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

CALCOLO NON LINEARE MEDIANTE SOFTWARE COMMERCIALI

PREMESSA:

- L'utilizzo di modellazioni non lineari è INELUDIBILE in molti casi, certamente nel caso di verifica della sicurezza di EDIFICI ESISTENTI;
- Un'analisi non lineare è “meno intuitiva” di un calcolo per combinazione modale, ma dovrebbe essere più aderente al comportamento reale della struttura;

PROBLEMI DA AFFRONTARE:

- Parecchio deve essere ancora fatto per molti software per raggiungere un adeguato livello di affidabilità;
- Ancora molto lavoro da fare nel caso di strutture irregolari in pianta o in altezza,

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

A) LOCALIZZAZIONE DELLE DEFORMAZIONI NELLE ANALISI NON LINEARI DI STRUTTURE IN C.A.

In analisi non lineari agli elementi finiti con materiali aventi legami costitutivi con softening intervengono problemi numerici detti di

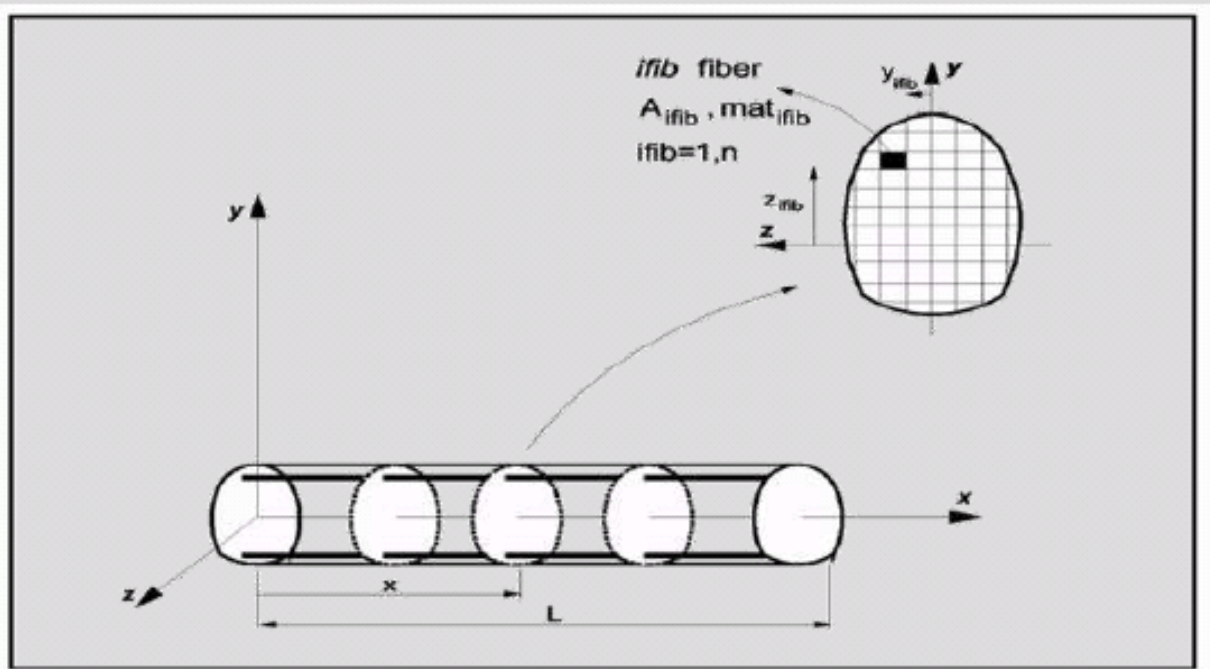
LOCALIZZAZIONE DELLE DEFORMAZIONI.

I modelli numerici impiegati per questo tipo di analisi devono essere tarati preventivamente perché in analisi di questo tipo si hanno problemi di dipendenza dalla mesh e dal numero di punti di integrazione usati per ciascun elemento finito. Sono modelli definiti di **MESH DEPENDENT**.

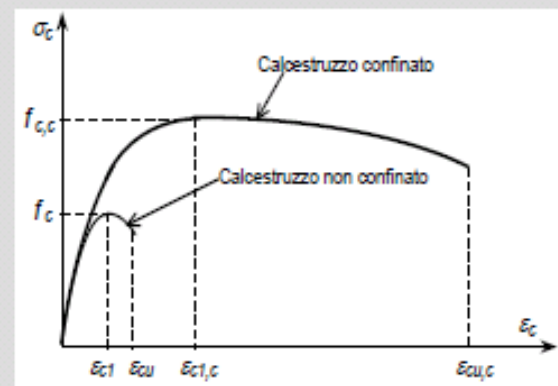
IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

ANALISI CON ELEMENTI FINITI A PLASTICITA' DISTRIBUITA

Il tipo di Elemento Finito 1D usato è un elemento a fibre formulato secondo l'approccio agli spostamenti. Tale elemento finito pur tenendo conto della deformabilità tagliante non è in grado di cogliere le eventuali rotture per taglio.



Legame softening del calcestruzzo (degradante)



IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

L'edilizia esistente



Tipologia di degrado	Migliaia di alloggi a rischio	val. % sul totale generale
<i>Degrado per vetustà</i>		
Edilizia storica nelle grandi città	105	2,9
Edilizia storica nel resto del territorio nazionale	430	12,1
Edifici con oltre 40 anni di vita	770	21,5
Totale	1.305	36,5
<i>Degrado per ragioni costruttive</i>		
Boom edilizio di fine anni '60	680	19,0
Edifici abusivi multipiano (1)	1.590	44,5
Totale	2.270	63,5
Totale Generale	3.575	100,0

14 CENSIMENTO GENERALE DELLA POPOLAZIONE E DELLE ABITAZIONI (2001)

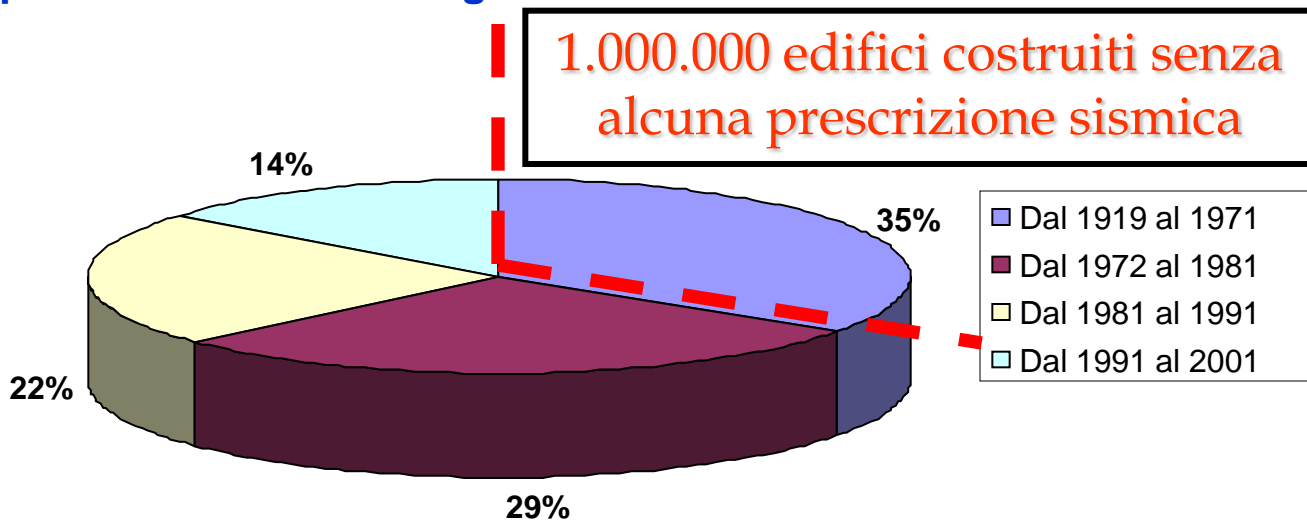
Evoluzione normativa

sismica italiana

- 1974 (L. 64/1974)
- 1996 (D.M.16/1/1996)
- 2003 (O.P.C.M.3274)
- 2008 (NNT 14/01/08)

EPOCA DI COSTRUZIONE	Edifici in c.a.
Prima del 1919	0
Dal 1919 al 1945	83413
Dal 1946 al 1961	288784
Dal 1962 al 1971	591702
Dal 1972 al 1981	789163
Dal 1982 al 1991	620698
Dopo il 1991	394445
TOTALE	2768205

Epoca di costruzione degli edifici in calcestruzzo armato in Italia



IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

VALUTAZIONE ED ADEGUAMENTO IL PROCESSO LOGICO

- **Conoscenza**
 - ✓ Geometria
 - ✓ Caratteristiche dei materiali
 - ✓ Condizioni di conservazione
- **Definizione delle prestazioni richieste**
 - ✓ Sismicità dell'area
 - ✓ Destinazione d'uso
 - ✓ Livello di protezione richiesto/accettato
- **Valutazione della struttura esistente**
 - ✓ Definizione del modello
 - ✓ Analisi sismica
 - ✓ Verifica di sicurezza
- **Progetto di adeguamento**
 - ✓ Scelta in relazione a vincoli e prestazioni richieste
 - ✓ Dimensionamento dell'intervento
- **Valutazione della struttura adeguata**

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

VALUTAZIONE ED ADEGUAMENTO

• **Conoscenza**

- ✓ Geometria
- ✓ Caratteristiche dei materiali

- NTC08 (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008)
Paragrafo 11.2.6. Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera (NUOVE COSTRUZIONI)
Paragrafo 8.5.3 Caratterizzazione meccanica dei materiali (COSTRUZIONI ESISTENTI)

- Circolare 02 febbraio 2009 n°617/ C.S.LL.PP.
C8A.1.B Costruzioni in calcestruzzo armato: dati necessari per la valutazione;
Tabella C8A.1.3°

- Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive (Servizio Tecnico Centrale);
- Linee Guida: modalità di indagine sulle strutture e sui terreni per i progetti di riparazione/miglioramento/ricostruzione di edifici inagibili. Bozza Marzo 2010 (DPC, STM, ReLUIS, ALIG, ALGI).

LINEE GUIDA

Modalità di indagine sulle strutture e sui terreni per i progetti di riparazione/miglioramento/ricostruzione di edifici inagibili

Dipartimento Protezione Civile
Struttura Tecnica di Missione Abruzzo
ReLUIS
ALIG
ALGI



BOZZA – MARZO 2010

Il testo e gli schemi riportati in questo documento vogliono costituire un supporto al tecnico che debba affrontare il delicato problema della progettazione di un piano di indagini strutturali e geotecniche e della successiva interpretazione dei risultati ai fini della valutazione della capacità sismica di strutture danneggiate a seguito del terremoto del 6 aprile 2009. Data l'urgenza del problema, anche a seguito dell'emanazione della Circolare del Vice Commissario Delegato n. 484 del 5/1/10, si è ritenuto di pubblicare il presente documento anche nell'attuale forma di bozza, fermo restando che il singolo progettista si assume la piena responsabilità della progettazione di indagini e della interpretazione dei risultati, anche se ispirati da questo documento.

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

VALUTAZIONE ED ADEGUAMENTO

- **Conoscenza**

- ✓ Geometria
- ✓ Caratteristiche dei materiali
- ✓ Condizioni di conservazione

C8A.1.B.3 Proprietà dei Materiali

Tabella C8A.1.3a Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in c.a.

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)(a)	Prove (sui materiali) (b)(c)
	Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

VALUTAZIONE ED ADEGUAMENTO

- **Definizione delle prestazioni richieste**

- ✓ Sismicità dell'area
- ✓ Destinazione d'uso
- ✓ Livello di protezione richiesto / accettato

8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La **valutazione della sicurezza** e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti **potranno essere** eseguiti con riferimento ai soli **SLU (Stati Limiti Ultimi)**.

Nel caso in cui si effettui la verifica anche nei confronti degli **SLE (Stati limiti Esercizio)** i **relativi livelli di prestazione** possono essere stabiliti dal Progettista di concerto con il Committente.

Le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto:

- alla condizione di **Salvaguardia della Vita Umana (SLV)**
- o in alternativa, alla **Condizione di Collasso (SLC)**.

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

VALUTAZIONE ED ADEGUAMENTO

- **Valutazione della struttura esistente**

- ✓ Definizione del modello
- ✓ Analisi sismica
- ✓ Verifica di sicurezza

Importanza del fattore di struttura

		ANALISI LINEARE CON SPETTRO ELASTICO RIDOTTO		ANALISI NON LINEARE	
		DOMANDA	CAPACITÀ	DOMANDA	CAPACITÀ
Tipologia di elemento o meccanismo di crisi	Duttile	Dall'analisi. (effettuata con fattore di struttura $q=1.5-3.0$)	In termini di resistenza. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC)	Dall'analisi.	In termini di deformazione. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC)
	Fragile	Dall'analisi. (effettuata con fattore di struttura $q=1.5$)	In termini di resistenza. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale)	Dall'analisi.	In termini di resistenza. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale)

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

VALUTAZIONE ED ADEGUAMENTO

• Valutazione della struttura esistente

- ✓ Definizione del modello
- ✓ Analisi sismica
- ✓ Verifica di sicurezza

Limiti di applicabilità analisi non lineare

7.3.4 ANALISI NON LINEARE STATICA O DINAMICA

7.3.4.1 Analisi non lineare statica

L'analisi non lineare statica consiste nell'applicare alla struttura i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, un sistema di forze orizzontali distribuite, ad ogni livello della costruzione, proporzionalmente alle forze d'inerzia ed aventi risultante (taglio alla base) F_b . Tali forze sono scalate in modo da far crescere monotonamente, sia in direzione positiva che negativa e fino al raggiungimento delle condizioni di collasso locale o globale, lo spostamento orizzontale d_c di un punto di controllo coincidente con il centro di massa dell'ultimo livello della costruzione (sono esclusi eventuali torrioni). Il diagramma $F_b - d_c$ rappresenta la curva di capacità della struttura.

Questo tipo di analisi può essere utilizzato soltanto se ricorrono le condizioni di applicabilità nel seguito precisate per le distribuzioni principali (Gruppo 1); in tal caso esso si utilizza per gli scopi e nei casi seguenti:

- valutare i rapporti di sovrarresistenza α_w/α_t di cui ai §§ 7.4.3.2, 7.4.5.1, 7.5.2.2, 7.6.2.2, 7.7.3, 7.8.1.3 e 7.9.2.1;
- verificare l'effettiva distribuzione della domanda inelastica negli edifici progettati con il fattore di struttura q ;
- come metodo di progetto per gli edifici di nuova costruzione sostitutivo dei metodi di analisi lineari;
- come metodo per la valutazione della capacità di edifici esistenti.

Si devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

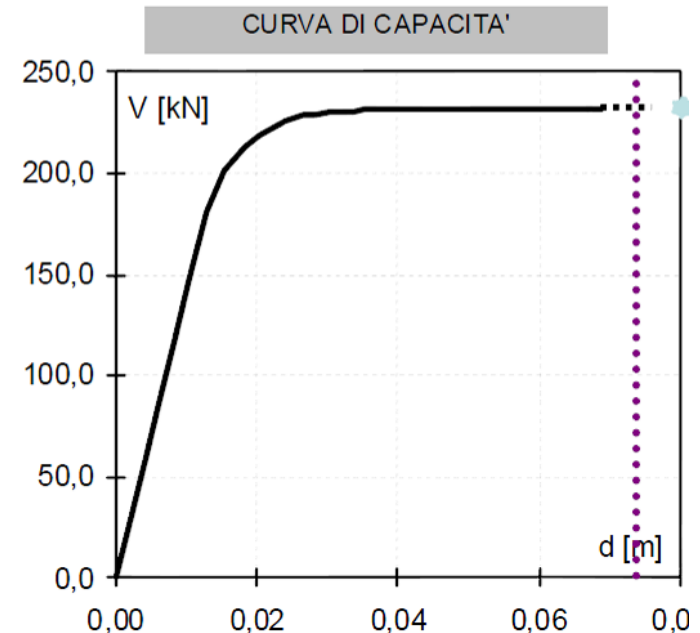
Gruppo 1 - Distribuzioni principali:

- distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% ed a condizione di utilizzare come seconda distribuzione la 2 a);
- distribuzione corrispondente ad una distribuzione di accelerazioni proporzionale alla forma del modo di vibrare, applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75%;
- distribuzione corrispondente alla distribuzione dei tagli di piano calcolati in un'analisi dinamica lineare, applicabile solo se il periodo fondamentale della struttura è superiore a T_C .

Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:

- distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;
- distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura.

L'analisi richiede che al sistema strutturale reale venga associato un sistema strutturale equivalente ad un grado di libertà.



IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

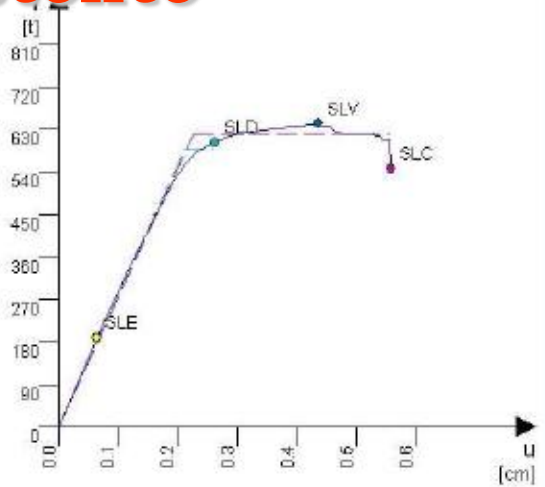
• Valutazione della struttura esistente

- ✓ Definizione del modello
- ✓ Analisi sismica
- ✓ Verifica di sicurezza

Lo stato limite di collasso viene considerato solo per costruzioni di calcestruzzo armato o di acciaio.

(C8.3 della circolare)

Per le gli edifici in MURATURA l'unico stato limite ult da considerare è SLV.



Punto SLD

Rappresenta lo stato limite di danno, raggiunto quando per la prima volta un setto registra uno spostamento relativo pari allo spostamento limite definito dalla duttilità limite di danno.

Punto SLV

Rappresenta lo stato limite di salvaguardia vita, raggiunto quando per la prima volta un setto registra uno spostamento relativo pari allo spostamento limite ultimo, il setto arriva cioè a collasso. In funzione delle caratteristiche di resistenza del setto, il collasso potrà avvenire per taglio o per pressoflessione longitudinale e, nei due casi, lo spostamento ultimo sarà definito dalla corrispondente duttilità ultima (a taglio o a pressoflessione). Un setto che ha raggiunto la soglia di collasso non darà più contributi di portanza per i passi di carico successivi e da questo punto in poi si registra in genere un calo di portanza.

Punto SLC

Rappresenta lo stato limite di collasso, raggiunto quando per effetto della progressiva eliminazione dei setti arrivati a collasso si misura una caduta della forza resistente superiore ad un valore limite predefinito, tipicamente impostato fra il 15% e il 20% della forza massima raggiunta.

VALUTAZIONE ED ADEGUAMENTO

- **Progetto di adeguamento**
 - ✓ Scelta in relazione a vincoli e prestazioni richieste
 - ✓ Dimensionamento dell'intervento
- **Valutazione della struttura adeguata**

Capitolo 8: Costruzioni Esistenti

- **Categorie degli Interventi**

- ✓ **interventi di adeguamento**

atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle presenti norme;

- ✓ **interventi di miglioramento**

atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle presenti norme;

- ✓ **riparazioni o interventi locali**

che interessino elementi isolati, e che comunque comportino miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

Gli interventi di adeguamento e miglioramento devono essere sottoposti a collaudo statico.

IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

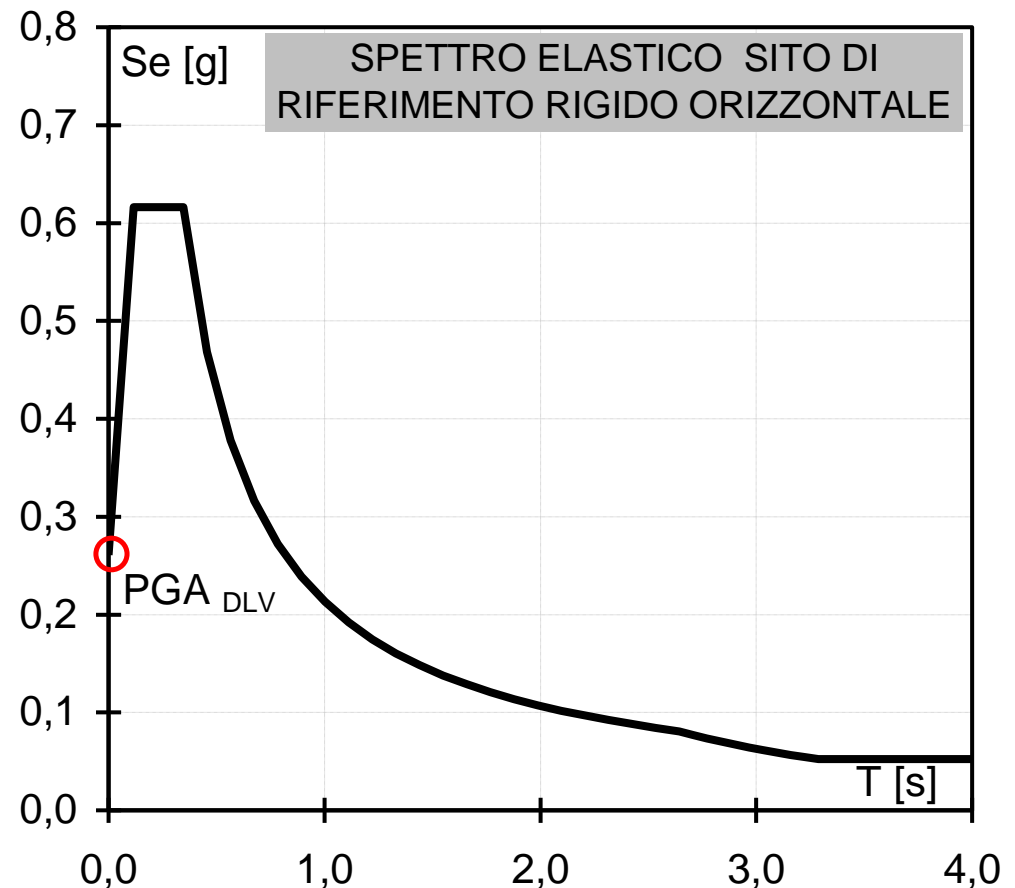
MIGLIORAMENTO SISMICO - INDICATORE DI RISCHIO

QUALE PARAMETRO SI UTILIZZA PER QUANTIFICARE IL RAPPORTO CAPACITA'/DOMANDA?

$$\alpha = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}}$$

PGA_{CLV} = accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale che può essere sostenuta dall'edificio rispettando lo SLV

PGA_{DLV} = accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale che ha una probabilità di essere superato pari al 10% ($P_{Vr}=10\%$) in un tempo pari al periodo di riferimento dell'opera



IL SOFTWARE: OPPORTUNITA' E LIMITAZIONI

UN VALIDO STRUMENTO DI CONTROLLO E DI VERIFICA DELLE SCELTE PROGETTUALI EFFETTUATE DURANTE IL PROCESSO DI MODELLAZIONE E' FONDAMENTALE PER UNA CORRETTA MODELLAZIONE

DOCUMENTO DI SINTESI:

- **Fornire in maniera sintetica tutte le informazioni salienti riguardanti il progetto**
- **Consentire una prima rapida istruttoria del progetto mettendo in luce eventuali aspetti da chiarire**
- **Consentire di effettuare un controllo mirato per approfondimenti al tabulato di calcolo**
- **Non sostituire la relazione di calcolo**