

DOCUMENTO redatto da AEDES Software (14.10.2013)

PER GLI UTENTI della Regione EMILIA ROMAGNA:

Considerazioni sulla valutazione di vulnerabilità ai fini dell'Ordinanza n.86 del 6.12.2012.

Quesito:

La valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici richiede il calcolo del fattore di accelerazione f_{aSLV} (coincidente con l'indicatore di rischio sismico in termini di accelerazione, in PCM indicato con: α_v, PGA , con $PGA=ag$), e distingue 3 fasce di vulnerabilità in base al valore di tale fattore:

bassa se $f_{aSLV} > 0.5$, media se $0.3 \leq f_{aSLV} \leq 0.5$, alta se $f_{aSLV} < 0.3$.

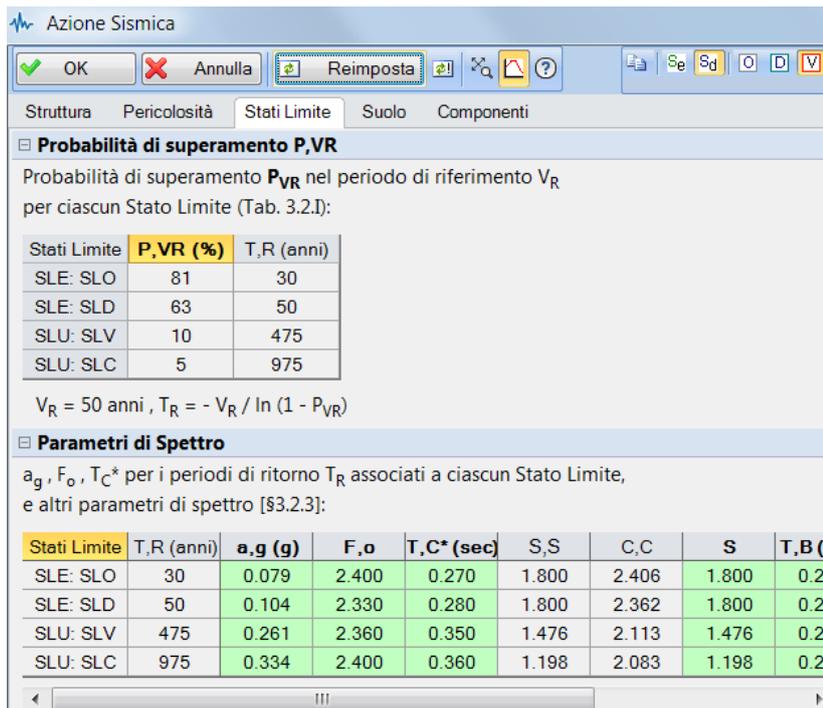
Il DM 14.1.2008 in §12 afferma che se "TR<30 anni si porrà TR=30 anni": questo di fatto implica che tutte le analisi sismiche si svolgono per valori non inferiori a TR=30 anni, con corrispondente ag (da reticolo sismico). Nel caso che la struttura non risulti verificata neppure per TR=30 (abbia cioè un TR<30), non si può conoscere quale sia la capacità in termini di ag : nei calcoli che legano TR ad ag e agli altri parametri di spettro (durante questi calcoli iterativi si cerca il TR che segna la verifica soddisfatta, e quindi la corrispondente ag) non è possibile scendere sotto 30 anni, e PCM di conseguenza fornisce valori di capacità in termini di TR≤30 anni.

Tuttavia, per edifici per i quali TR<30 (e questo è noto, perché la verifica non è soddisfatta per TR=30), esiste un metodo per ottenere una capacità in termini di ag , necessaria per la definizione del 'fattore di accelerazione'? Altrimenti, tale fattore (a_{SLV} / a_{gSLV}) non può mai scendere sotto il valore $a_{g(30)}/a_{g(475)}$, e se questo valore è > 0.3 risulta impossibile per qualsiasi edificio di tale sito riscontrare una 'vulnerabilità alta'. Ciò contrasta con l'evidenza di edifici aventi gravi carenze, e per i quali peraltro i modelli di calcolo indicano che la capacità in termini di PGA (ag) è inferiore al valore corrispondente a TR=30 anni.

Risposta:

Con PCM è possibile calcolare f_{aSLV} anche nel caso di $TR < 30$ anni secondo la seguente procedura.

Premessa. Si è eseguita la verifica sismica. Si è ottenuto un $\alpha_{v,PGA}$ (indicatore di rischio sismico in termini di PGA = fattore di accelerazione $f_{aSLV} \leq [ag(30)/ag(475)]$, in quanto la capacità in termini di TR risulta ≤ 30 anni. E' necessario quindi trovare la capacità ag^* che sostituisce $ag(30)$ al numeratore di f_{aSLV} . Ovviamente: $ag^* \leq ag(30)$, e supponiamo sia strettamente minore in quanto siamo nell'ipotesi di struttura non verificata per $TR=30$. I dati originari sull'Azione Sismica siano ad esempio i seguenti:



The screenshot shows the 'Azione Sismica' software interface. It has a menu bar with 'Struttura', 'Pericolosità', 'Stati Limite', 'Suolo', and 'Componenti'. The 'Stati Limite' tab is active, showing two sections: 'Probabilità di superamento P,VR' and 'Parametri di Spettro'.

Probabilità di superamento P,VR
Probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per ciascun Stato Limite (Tab. 3.2.I):

Stati Limite	P,VR (%)	T,R (anni)
SLE: SLO	81	30
SLE: SLD	63	50
SLU: SLV	10	475
SLU: SLC	5	975

$V_R = 50$ anni, $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$

Parametri di Spettro
 a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascun Stato Limite, e altri parametri di spettro [§3.2.3]:

Stati Limite	T,R (anni)	a_g (g)	F_o	T_C^* (sec)	S,S	C,C	S	T,B (sec)
SLE: SLO	30	0.079	2.400	0.270	1.800	2.406	1.800	0.2
SLE: SLD	50	0.104	2.330	0.280	1.800	2.362	1.800	0.2
SLU: SLV	475	0.261	2.360	0.350	1.476	2.113	1.476	0.2
SLU: SLC	975	0.334	2.400	0.360	1.198	2.083	1.198	0.2

e dunque $ag_{SLV} = ag(475) = 0.261$ g, $ag(30) = 0.079$.

Supponiamo di aver ottenuto nei risultati: $TR_{CLV} \leq 30$ anni, e un indicatore di rischio $\alpha_{v,PGA}$ (o fattore di accelerazione) $\leq 0.079/0.261 = 0.302$. Per ottenere il valore di ag^* , procediamo con i punti seguenti.

1. Si crea un nuovo modello ottenuto per Copia dall'edificio in esame
2. Nei parametri in input relativi all'Azione Sismica, si specifica $P_{VR}=81\%$ per i 3 stati limite: SLO, SLD, SLV:

Azione Sismica

OK Annulla Reimposta

Struttura Pericolosità Stati Limite Suolo Componenti

Probabilità di superamento P_{VR}

Probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per ciascun Stato Limite (Tab. 3.2.I):

Stati Limite	P, VR (%)	T, R (anni)
SLE: SLO	81	30
SLE: SLD	81	30
SLU: SLV	81	30
SLU: SLC	5	975

$V_R = 50$ anni, $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$

Parametri di Spettro

a_g, F_o, T_{C^*} per i periodi di ritorno T_R associati a ciascun Stato Limite, e altri parametri di spettro [§3.2.3]:

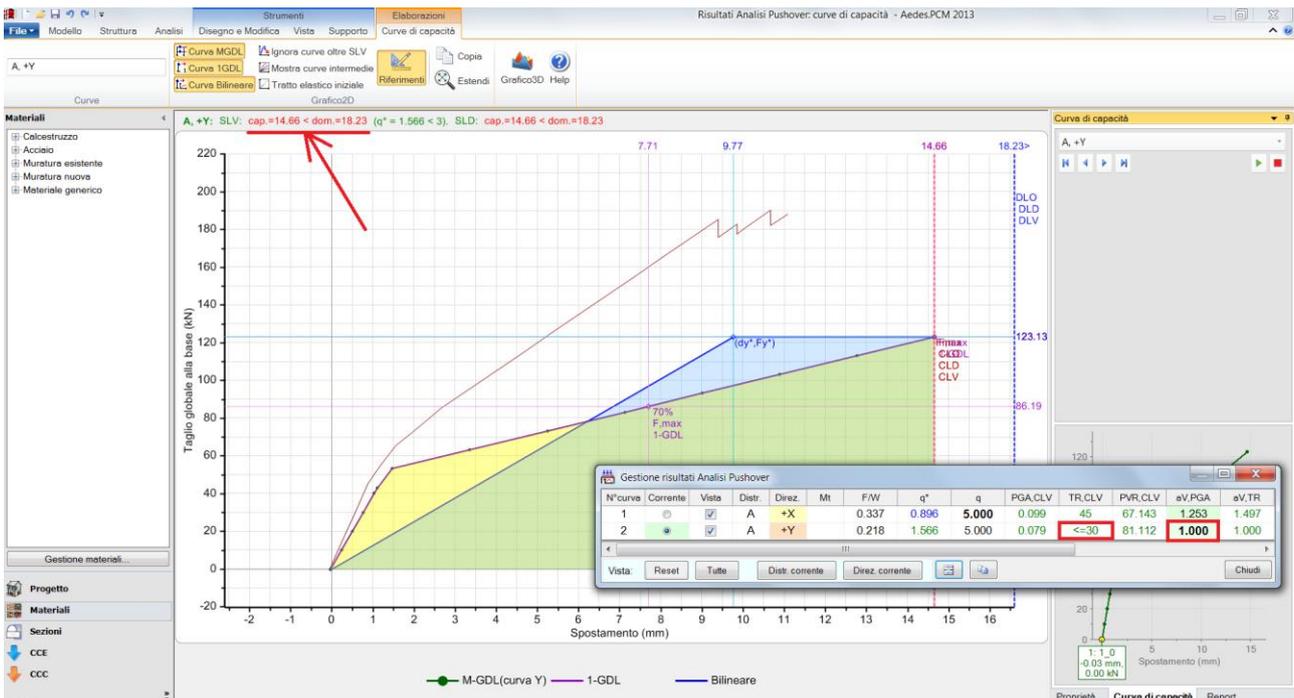
Stati Limite	T, R (anni)	a, g (g)	F, o	T, C* (sec)	S, S	C, C	S
SLE: SLO	30	0.079	2.400	0.270	1.800	2.406	1.800
SLE: SLD	30	0.079	2.400	0.270	1.800	2.406	1.800
SLU: SLV	30	0.079	2.400	0.270	1.800	2.406	1.800
SLU: SLC	975	0.334	2.400	0.360	1.198	2.083	1.198

In tal modo, il parametro di spettro a_g assume, per SLV (TR=475 anni), il valore uguale al valore minimo cioè il valore corrispondente a TR=30 anni (siamo nell'ipotesi di VR=50 anni; in caso di VR diversa si modificherà PVR in modo da ottenere TR=30 anni, cioè invece di PVR=81% si avrà un altro valore).

3A. Si esegue l'analisi, supponiamo non lineare (pushover) (la stessa analisi eseguita per il modello originario).

Alcuni risultati relativi alle curve esaminate presenteranno un $\alpha_{V,PGA} = 1.000$ (sono le curve che nel modello originario presentavano $TR \leq 30$ anni, ed anche ora per tali curve si ha $TR \leq 30$).

Esaminando queste curve, per ognuna di esse si rilevano la capacità e la domanda in termini di spostamento, come risulta dal grafico (nell'esempio in figura, la curva più sfavorevole è la (A)+Y):



In questo esempio, in termini di spostamento: capacità = 14.66 mm, domanda = 18.23 mm.
 Dalla definizione degli Spettri di Risposta, è noto che lo spettro in spostamento è proporzionale all'accelerazione. Ipotizzando che gli altri parametri di spettro (S, Fo, TC*) per valori di TR<30 anni siano costanti e pari al valore che assumono per TR=30, si può sfruttare la proporzionalità diretta tra spettro in spostamenti e accelerazione ag, per cui il rapporto capacità/domanda può essere applicato alla ag(30) per trovare ag*. Nel caso in esame:
 $ag^* = (14.66/18.23) * 0.079 = 0.064$
 e di conseguenza si può calcolare α_V, PGA (cioè: $f_{aSLV} = 0.064/0.261 = 0.245$)
 che risulta, ovviamente, < 0.302.

3B. Se invece di eseguire l'analisi non lineare si è valutata la capacità con **analisi lineare**, le verifiche di sicurezza vengono svolte confrontando le resistenze con le sollecitazioni di calcolo, e quindi non è possibile applicare una relazione tra gli spostamenti come in pushover.

Si può però procedere per tentativi, ottenendo comunque il corretto risultato in termini di ag.
 Il percorso operativo consigliato è il seguente.

- Come già illustrato ai punti precedenti, nei parametri in input relativi all'Azione Sismica, si specifica PVR=81% per i 3 stati limite: SLO, SLD, SLV. Questo imposta automaticamente i valori di ag per SLO,SLD e SLV al valore minimo previsto dal reticolo di Normativa: ag(30), e gli altri parametri di spettro (S, Fo e TC*) ai valori corrispondenti. Si ricorda che per S, Fo e TC* si suppongono valori costanti per ag < ag(30), e pari ai valori corrispondenti ad ag(30).
- Si specifica per ag SLO e SLD un valore minimo (0.001 g) (in input, il valore di agSLV deve essere superiore ad agSLD e agSLO). Questo consente di iniziare i tentativi a partire da ag=0.001 g (valore minimo possibile significativo per l'azione sismica). Si osservi che digitando tali valori, le caselle in input sono evidenziate in giallo al fine di indicare che non corrispondono direttamente ai valori del reticolo sismico (infatti, ci siamo proposti di studiare la risposta della struttura per valori di ag minori di quelli previsti dal reticolo di Normativa).
- Ogni volta che si modifica agSLV si riesegue l'analisi; ad ogni tentativo successivo, il valore di agSLV viene progressivamente aumentato. Ad un certo punto si trova il valore di ag che segna il passaggio da verifica soddisfatta a non soddisfatta: la più alta ag cui corrisponde verifica soddisfatta è il valore sostenibile dall'edificio, cioè la sua capacità. Segue immediatamente il calcolo dell'indicatore di rischio α_V, PGA (cioè: f_{aSLV}).

In figura, si riporta un esempio della tabella dei parametri di spettro durante la fase dei tentativi successivi:

Probabilità di superamento P,VR
 Probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R
 per ciascun Stato Limite (Tab. 3.2.I):

Stati Limite	P,VR (%)	T _R (anni)
SLE: SLO	81	30
SLE: SLD	81	30
SLU: SLV	81	30
SLU: SLC	5	975

$V_R = 50$ anni, $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$

Parametri di Spettro
 a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascun Stato Limite,
 e altri parametri di spettro [§3.2.3]:

Stati Limite	T _R (anni)	a.g (g)	F.o	T _C * (sec)	S,S	C,C	S	T _B (sec)	T _C (sec)	T _D (sec)	F.v
SLE: SLO	30	0.001	2.400	0.270	1.800	2.406	1.800	0.217	0.650	1.916	0.102
SLE: SLD	30	0.001	2.400	0.270	1.800	2.406	1.800	0.217	0.650	1.916	0.102
SLU: SLV	30	0.035	2.400	0.270	1.800	2.406	1.800	0.217	0.650	1.916	0.606
SLU: SLC	975	0.334	2.400	0.360	1.198	2.083	1.198	0.250	0.750	2.936	1.872

E' opportuno evidenziare che **la via dell'analisi non lineare è sempre preferibile**: le valutazioni di vulnerabilità che richiedono un valore assoluto 'preciso', devono utilizzare metodi che possano identificarlo in modo appropriato (è noto che l'analisi lineare non è in grado di tener conto della redistribuzione degli sforzi che avviene nella struttura muraria a causa della fessurazione).

4. Osservazioni complementari.

4.1. Se il fattore di accelerazione richiede l'accelerazione al suolo che contiene gli effetti di suolo (e quindi non l'accelerazione su roccia), occorre considerare che a_g è data dal prodotto $a_g \cdot S$, ma le considerazioni svolte restano tutte uguali (si suppone che S per $TR < 30$ anni resti costante e uguale al valore che assume per $TR = 30$).

4.2. Secondo le indicazioni di Normativa, non è possibile associare una capacità in termini di periodo di ritorno TR ad a_g^* . Possiamo comunque sfruttare una relazione fra gli indicatori di rischio proposta da alcuni documenti normativi (ad. es.: Regione Toscana, Istruzioni tecniche per edifici pubblici strategici e rilevanti): all'indicatore di rischio in termini di TR si applica un elevamento a potenza a 0.41 (coefficiente derivato dall'analisi statistica delle curve di pericolosità a livello nazionale) al fine di ottenere una scala analoga a quella degli indicatori in PGA. Si può quindi scrivere, con approssimazione accettabile:

$$0.245 \cong (TR_{CLV} / TR_{DLV})^{0.41}$$

ed essendo $TR_{DLV} = 475$, si ottiene: $TR_{CLV} = 15$ anni.