

La valutazione del rischio sismico nei DVR. Il caso degli edifici per uffici

1. Introduzione

Il D.Lgs. 81/08 (s.m.i.), che disciplina la sicurezza nei luoghi di lavoro prescrive la valutazione di tutti i rischi da parte del datore, ed è opinione consolidata che sono oggetto di tale valutazione quelle che hanno una ragionevole probabilità di manifestazione ed incidono sul luogo lavoro. Sotto tale profilo, come ha purtroppo dimostrato il sisma del 2012, il sisma “rispetta” entrambi i requisiti. Difatti, a partire dal 2003, e in ultima e definitiva emanazione, dal 1° luglio 2009, col DM 14/1/2008, tutto il territorio è soggetto a pericolosità sismica, più o meno elevata, ma in tutti i casi non nulla. Di conseguenza, il fatto di avere una pericolosità non nulla assoggetta ad un livello di rischio non nullo un territorio e ciò che vi insiste. Sorge, quindi, la necessità di predisporre un’adeguata valutazione del rischio sismico, segnatamente nei DVR delle aziende, e su questo vi è già la giusta attenzione, ma anche di luoghi di lavoro che apparentemente sembrerebbero non essere toccati da tale tema, ed in particolare: uffici privati e pubblici, scuole, edifici pubblici che ospitano dipendenti della PA.

Per essi valgono gli stessi principi di un’azienda, intesa in senso usuale: trattandosi di un luogo di lavoro il DVR deve prevedere la valutazione del rischio sismico.

A tal fine si propone una metodologia analitica basata su dati di carattere statistico che rappresenta lo stato dell’arte.

Essa sarà utile

- al datore di lavoro, per impostare una procedura virtuosa su tale aspetto;
- ai RSPP per rispondere al loro ruolo legislativo.

Concettualmente la procedura proposta può essere adeguatamente implementata con grado di approfondimento crescente.

La procedura consente ottenere risposte attendibili in tempi e con risorse coerenti con lo scopo del DVR, anche in presenza di innumerevoli edifici, consentendo di indirizzare in modo mirato ulteriori approfondimenti.

Tale valutazione, però, non deve essere confusa con la verifica di adeguamento: gli scopi sono differenti e le risposte sono differenti come è chiaro dal significato dei termini.

2. Prescrizioni sulla valutazione dei rischi nei luoghi di lavoro

Il D.Lgs. 81/08 s.m.i. contiene specifici precetti che riguardano le condizioni di sicurezza che devono essere garantite per lo svolgimento delle attività lavorative. A tal fine gli altri articoli di interesse nello studio sono i seguenti:

- **Art. 15.** *Misure generali di tutela; (Titolo I – PRINCIPI COMUNI)*
- **Art. 17 -** *Obblighi del datore di lavoro non delegabili*

- **Art. 29** - Modalità di effettuazione della valutazione dei rischi
- **Art. 63**. Requisiti di salute e di sicurezza; (Titolo II – LUOGHI DI LAVORO)
- **Art. 64** – Obblighi del datore di lavoro; (“)

Infine il TUSL, inoltre, dedica un intero allegato alla stabilità dell’ambiente di lavoro, e le cui prescrizioni ed implicazioni sono molto chiare:

- **ALLEGATO IV** – Requisiti dei luoghi di lavoro

Quali sono le azioni ambientali cui occorre riferirsi è chiarito delle NTC (2008) al §8.3, con riferimento agli interventi sugli edifici esistenti, sono “azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura)”.

Pertanto è in virtù di tali raccordi normativi che occorre:

- a) effettuare la valutazione del rischio sismico;
- b) verificare che il luogo di lavoro sia stabile rispetto ad esso.

E’ importante sottolineare che i due precetti sono complementari, nel senso che uno non può escludere l’altro, ma si completano ottemperando a due differenti prescrizioni normative.

3. Osservazioni sulla valutazione del rischio sismico nei luoghi di lavoro

Per gli scopi del presente studio il rischio sismico è dato dalla “combinazione” di due elementi base:

$$R = P \cdot V$$

- La pericolosità sismica **P** (definita anche sismicità del luogo) è costituita dalla probabilità che si verificano terremoti di una data entità, in una data zona ed in un prefissato intervallo di tempo.
- La vulnerabilità sismica **V** misura la predisposizione di una costruzione a subire danni per effetto di un sisma di prefissata entità.

È quindi chiaro che, anche in presenza di una bassa pericolosità **P**, elevati valori della vulnerabilità **V** possono portare ad un livello di rischio **R** significativo, e comunque non nullo.

E questo è quanto può accadere anche in zone a bassa sismicità dove si possono avere strutture sensibili all’input sismico (perché legalmente non realizzate nel contemplando tale azione) e con presenza significativa di persone.

4. Tipologie edilizie in Italia

La consistenza del patrimonio edilizio italiano ammonta a circa 11.2 milioni di edifici per un complesso di circa 65 milioni di unità censite al catasto.

La distribuzione sul territorio delle macro-tipologie costruttive è esposta nella Tabella 1 eseguita dall’ISTAT nel 2001.

Tipologia:	Muratura		Tipologia:	C.A.		Tipologia:	Altro
Anno costruzione	Numero abitazioni		Anno costruzione	Numero abitazioni		Anno costruzione	Numero abitazioni
1919	2.026.538		1919	-		1919	123.721
1945	1.183.869		1945	83.413		1945	116.533
1961	1.166.107		1961	288.784		1961	204.938
1971	1.056.383		1971	591.702		1971	319.872
1981	823.523		1981	789.163		1981	370.520
1991	418.914		1991	620.698		1991	250.890
>1991	228.648		>1991	394.445		>1991	167.934
Tot.	6.903.982		Tot.	2.768.205		Tot.	1.554.408

Tabella 1: Ripartizione complessiva delle tipologie costruttive (ISTAT 2001)

Le tipologie più diffuse sono quelle in calcestruzzo armato, con significative differenze tipologiche tra le varie aree geografiche, e quelle in muratura, con una notevole dispersione territoriale rispetto alla tipologia di muratura utilizzata.

Considerare la ripartizione anagrafica è importante alla luce delle variazioni delle mappe di pericolosità sismica adottate dal 2008 in avanti. Sotto tale aspetto, come noto, molti territori non classificati come interessati dal rischio sismico sono divenuti tali.

A tal proposito, infatti, le NTC08 ricordano che *“la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;*

- A. *possono essere insiti e non palesi difetti di impostazione e di realizzazione;*
- B. *la costruzione può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;*
- C. *le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.”*

Ed ancora, le istruzioni alle norme (Circ. 617/09) precisano che *“ Il problema della sicurezza delle costruzioni esistenti è di fondamentale importanza in Italia [...]”*

Si tratta quindi di un problema che può avere dei risvolti incompatibili con il normale esercizio di una attività.

5. Pericolosità sismica del territorio

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento atteso del suolo (descritto da un opportuno parametro) in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo; in altri termini essa rappresenta la probabilità che un certo valore del parametro di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006)

In questa fase di evoluzione normativa il territorio era diviso in quattro zone: da quella a maggiore pericolosità (zona 1) a quella a pericolosità ridotta (zona 4), con livelli di PGA costante all'interno della singola zona.

Successivamente rilasciate dall'INGV (progetto S1) una serie di mappe di pericolosità sismica riportanti:

- per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni i valori della PGA;
- per gli stessi periodi di ritorno, le accelerazioni spettrali.

Il territorio è stato suddiviso in una griglia di calcolo con maglia di lato pari a ~5 km, con parametri che descrivono la pericolosità sismica puntualmente in relazione alle coordinate geografiche del sito.

Il CSLP col D.M. del 14/1/2008 ha introdotto le Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC08) in cui l'azione sismica di riferimento si basa proprio sui dati tali di pericolosità.

La forma delle NTC08 non prevede la classificazione in zone dato che per ogni punto, sono definiti i parametri sismici. Pertanto è del tutto erroneo ritenere, oggi, un'area non soggetta al rischio sismico, dato che la pericolosità è non nulla ovunque.

La mappa della pericolosità sismica attualmente vigente è riportata alla successiva figura, ed evidente come non riporti zone "Non classificate" come nelle precedenti mappe (1984 a ritroso).

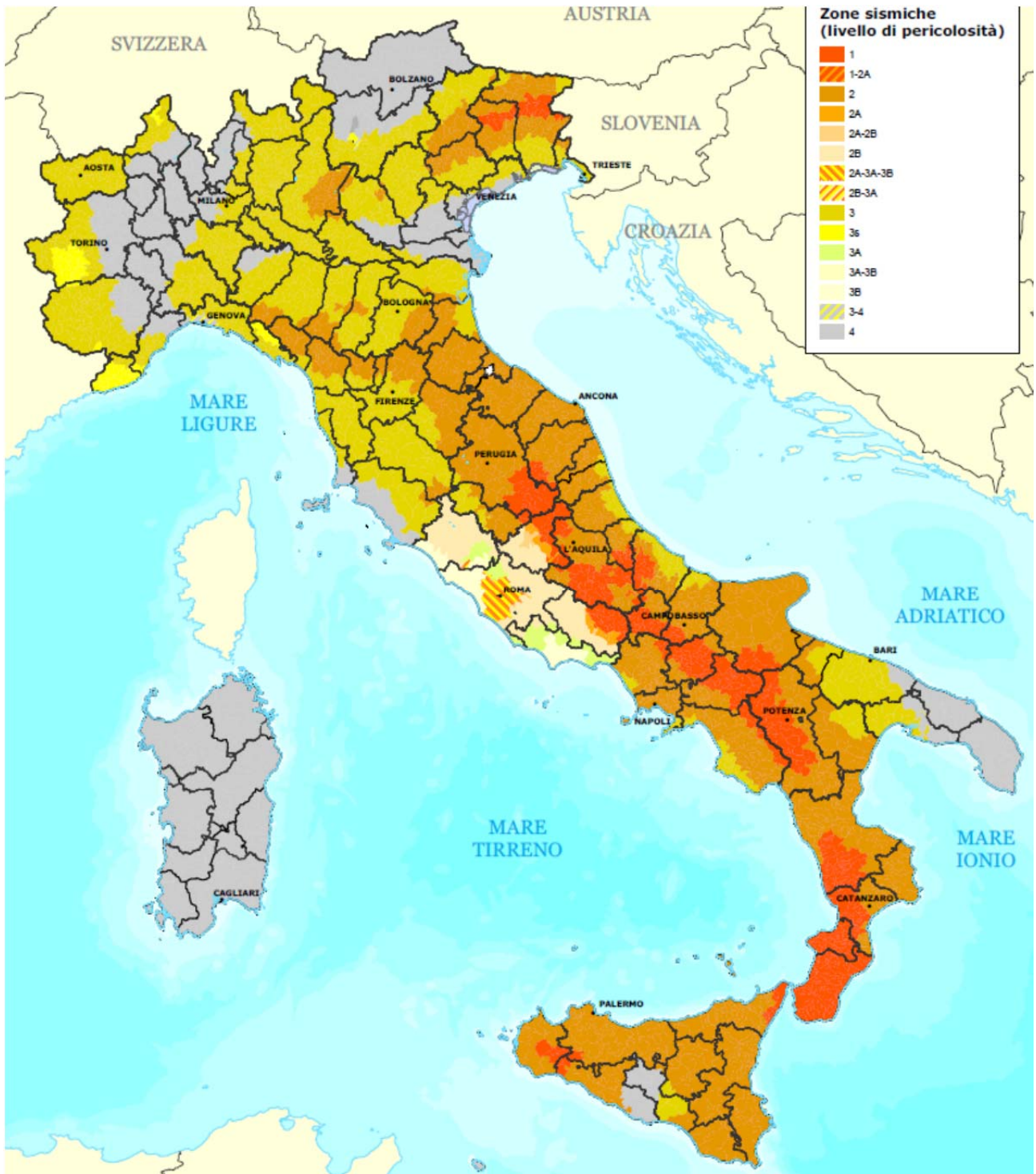


Figura 1: Classificazione sismica al 2015 – Valore di a_g (protezione civile)

E' possibile diagrammare per un sito il valore dell'accelerazione a_g al suolo data dalla norma rispetto al periodo di ritorno, o al suo inverso (frequenza): a_g-T_R o $a_g-(1/T_R)$.

Usando i dati forniti dalla norma, che rappresentano i valori medi statistici, ottenendo le curva seguente

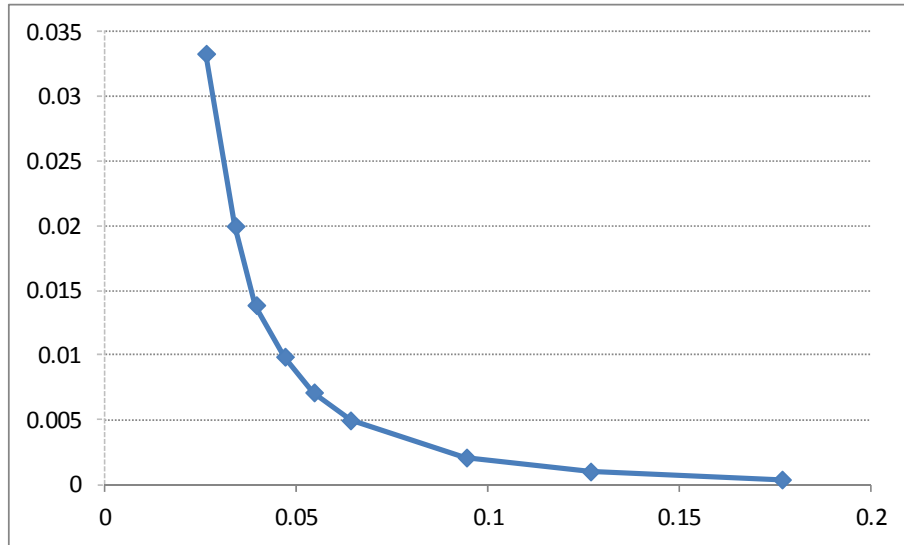


Figura 2: Grafico di pericolosità sismica ($1/T_R$)-PGA (media e suolo rigido, NTC08-INGV)

Questa curva è definita in letteratura come curva di pericolosità sismica.

Un commento generale che si può fare rispetto a queste curve (quella riportata è riferita ad uno specifico punto) è che gli eventi con "intensità" più alta hanno frequenza di accadimento più bassa.

6. Livelli di danno agli edifici

Per poter quantificare il possibile danneggiamento che una costruzione può subire sono state elaborate varie scale di danno, che non è sempre facile correlare tra loro.

La scala EMS98, elaborata a livello europeo fornisce una descrizione qualitativa della modalità di danno e della sua estensione.


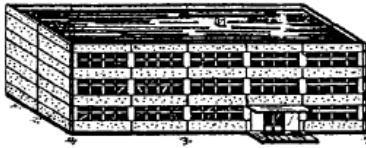
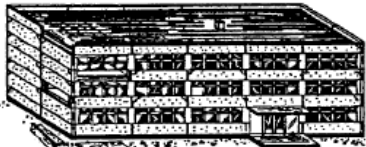


Classification of damage to buildings of reinforced concrete	
	<p>Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage)</p> <p>Fine cracks in plaster over frame members or in walls at the base. Fine cracks in partitions and infills.</p>
	<p>Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage)</p> <p>Cracks in columns and beams of frames and in structural walls. Cracks in partition and infill walls; fall of brittle cladding and plaster. Falling mortar from the joints of wall panels.</p>
	<p>Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage)</p> <p>Cracks in columns and beam column joints of frames at the base and at joints of coupled walls. Spalling of concrete cover, buckling of reinforced rods. Large cracks in partition and infill walls, failure of individual infill panels.</p>
	<p>Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage)</p> <p>Large cracks in structural elements with compression failure of concrete and fracture of rebars; bond failure of beam reinforced bars; tilting of columns. Collapse of a few columns or of a single upper floor.</p>
	<p>Grade 5: Destruction (very heavy structural damage)</p> <p>Collapse of ground floor or parts (e. g. wings) of buildings.</p>

Figura 3: Scala di danno EMS98

La scala esposta può essere correlata con altre, redatte in altri documenti, e che hanno un diretto significato in termini strutturali.

Il livello cui si fa riferimento nel seguito è quello definito di “Life Safety”, che nella norma italiana è identificato dallo stato di limite di salvaguardia della vita (SLV), che una struttura attinge quando “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”.

Con tale corrispondenza alla mano, e con la disponibilità di specifici dati statistici di letteratura, ovvero con dati riferiti in modo specifico all’edificio in questione, pertanto sicuramente più precisi, è possibile stimare il livello di rischio che il sisma impone al luogo di lavoro, e quindi provvedere a fare le conseguenti considerazioni (intervento di mitigazione ecc.).

7. Curve di probabilità di danno sismico

Per il calcolo quantitativo del livello di rischio sismico occorre conoscere avere a disposizione una curva che definisca la probabilità P che una soglia di danno sia superata in funzione di un parametro sismico X ; in simboli:

$$P = P[D \geq d | X = x]$$

Tali curve hanno la forma seguente:

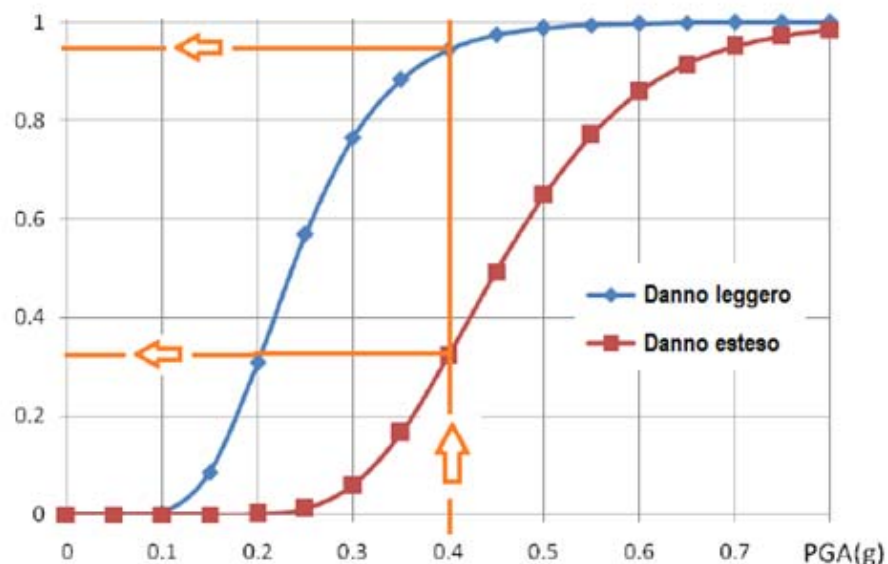


Figura 4: Lettura dati nella curva di danno (figura non rappresentativa)

Dato un valore del parametro $PGA = 1.0 \text{ m/s}^2$ in fig. la probabilità che lo stato di danno leggero sia superato è dell’80% e quello esteso del 35%.

Se una curva rappresenta il limite del collasso, allora il valore letto è la probabilità di collasso per quella soglia sismica.

Tale curva è caratteristica di ogni edificio e può essere costruita "ad hoc" sul singolo immobile. La procedura proposta attinge alla letteratura specializzata per individuare alcune curve che possono essere utili per tale scopo.

Le curve rappresentano un livello di danno compatibile con il livello 3 della scala EMS98 e sono di seguito riportati, in forma grafica e tabellare i valori corrispondenti alle seguenti statistiche: 50%, 10% e 90%.

In termini grafici le curve sono le seguenti:

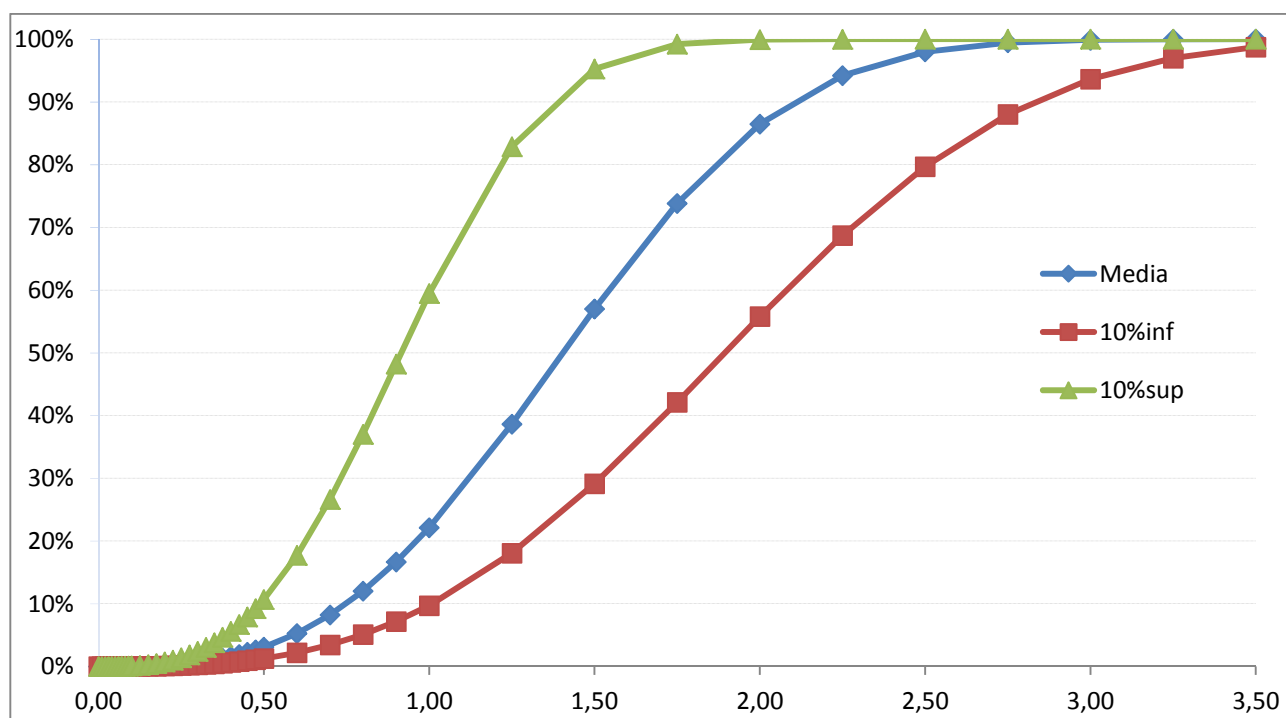


Figura 5: Curve di danneggiamento: Probabilità Danno - (PGA/g)

8. Valutazione quantitativa del rischio sismico

Per definire, come consueto, il rischio occorre combinare la pericolosità col danno: il risultato fornisce la probabilità che un edificio subisca un livello di danno scelto; ad esempio per un immobile in Torino e a Napoli (edificio in c.a.) si hanno le seguenti curve (livelli di danno da nullo =1 a collasso totale = 6)

Edificio NA			R/V _R (anni)		
D. Moderato/SLV	R/1 anno		10	50	100
10%	3.71E-05	0.0037%	3.71E-04	1.85E-03	3.70E-03
50% (media)	6.77E-05	0.0068%	6.77E-04	3.38E-03	6.75E-03
90%	1.60E-04	0.0160%	1.60E-03	7.99E-03	1.59E-02

Edificio TO			R/V _R (anni)		
D. Moderato/SLV	R/1 anno		10	50	100
10%	9.47E-06	0.0009%	9.47E-05	4.73E-04	9.46E-04
50% (media)	1.74E-05	0.0017%	1.74E-04	8.68E-04	1.73E-03
90%	4.15E-05	0.0041%	4.15E-04	2.07E-03	4.14E-03

Tabella 2: Valutazione del rischio di danno moderato: r. annuo ed in V_R anni

Si vede che, in media, per Torino si ha un rischio annuo $\sim 2/100.000$ (2 possibilità su centomila); per Napoli si avrebbe il valore medio $\sim 7/100.000$, ossia circa il quadruplo.

La seconda parte della tabella riporta il rischio in un arco di tempo di V_R anni (da 10/100).

I livelli di rischio potranno essere confrontati con quelli che possono ritenersi accettabili nell'attività lavorativa ovvero intervenire per ridurli.

9. Considerazioni e conclusioni

I dati precedenti meritano alcune osservazioni:

- I dati della pericolosità sismica sono quelli "grezzi" che considerano un suolo rigido; per effetto del terreno di imposta i valori possono amplificarsi quasi del doppio;
- La medesima considerazione vale nel caso di edifici posti in condizioni topografiche particolari;
- Il singolo edificio può discostarsi in modo significativo dalla statistica, e sta all'analista giudicare la curva di danno più appropriata, persino nella scelta del livello da considerata;
- Sta al committente giudicare se basarsi sui dati statistici di letteratura, ovvero commissionare uno studio più dettagliato, a livello di singolo immobile sino allo studio puntuale che misuri anche il grado di sicurezza rispetto alle norme vigenti (allegato IV)

Lo strumento proposto consente di valutare in modo sintetico ed immediato il livello di rischio sismico esistente in un edificio in c.a. identificato come luogo di lavoro. Lo stesso impianto metodologico vale per altre tipologie di edifici e può essere adeguatamente approfondito anche ai sottosistemi dell'edificio stesso.

L'approccio proposto, quindi risponde in modo agevole all'obbligo di valutazione del rischio sismico, ottenendo un dato sintetico senza dover effettuare particolari indagini distruttive.

Nella stessa logica e con un grado di accuratezza superiore è possibile intervenire per rispondere a tale prescrizione di legge con modelli speditivi, lievemente più articolati a livello di singolo immobile.