

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE
SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA
ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO
presentano**

LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO

**SEMINARI DI ORIENTAMENTO PER GLI STUDENTI ISCRITTI ALLA LAUREA TRIENNALE
IN SCIENZE GEOLOGICHE E ALLE LAUREE MAGISTRALI NEL SETTORE GEOLOGICO**

A PIERLUIGI FRIELLO: UN GEOLOGO PROFESSIONISTA, UN AMICO

Parte Terza

Effetti di sito e Progettazione: la Risposta Sismica Locale

DAL MONDO DELLA

PIANIFICAZIONE

ENTRIAMO NEL MONDO DELLA

PROGETTAZIONE

Per la PRIMA VOLTA la normativa tecnica introduce una serie di importanti novità:

→ l'opera è pensata e valutata in termini “prestazionali”

→ con specifico riferimento all'azione sismica e all'argomento di oggi:

l'energia proveniente da una sorgente sismica può essere amplificata localmente, fondamentalmente a causa di due fattori:

$$A_{max} = S_s * S_t * a_g$$

Accelerazione orizzontale max in condizione di free field, su suolo rigido e superficie orizzontale

(A) L'ASSETTO STRATIGRAFICO

(B) LA TOPOGRAFIA

Ci occuperemo solo di (A) poiché (B) è definito unicamente dall'introduzione nelle verifiche strutturali del Progettista di un coefficiente numerico derivante direttamente dalla Norma

NTC 2008



NTC 2018

COSA SI INTENDE PER APPROCCIO PRESTAZIONALE DELL'OPERA ?

2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$$

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

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, ~~senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza~~ funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO → OPERATIVITA'	81%
	SLD → DANNO	63%
Stati limite ultimi	SLV → SALVAGUARDIA VITA	10%
	SLC → COLLASSO	5%

APPROCCIO SEMPLIFICATO

3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un **approccio semplificato** che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della **velocità equivalente** di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

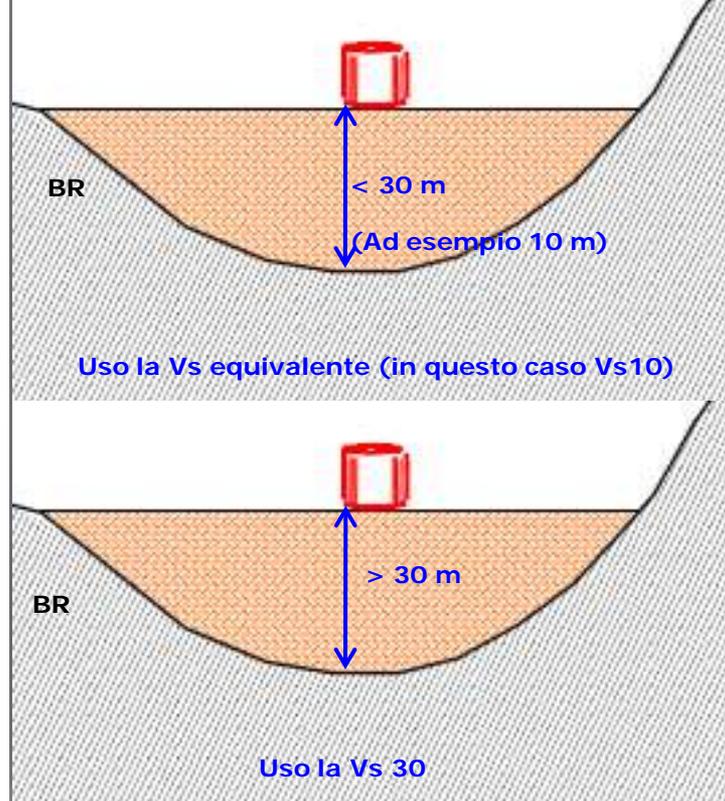
N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.



L'INTRODUZIONE DELLA V_s EQUIVALENTE HA COMPORTATO L'ELIMINAZIONE DI DUE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO PREVISTE NELLE NTC 2008:

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2 di seguito indicate (Tab. 3.2.III), è **necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche**, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

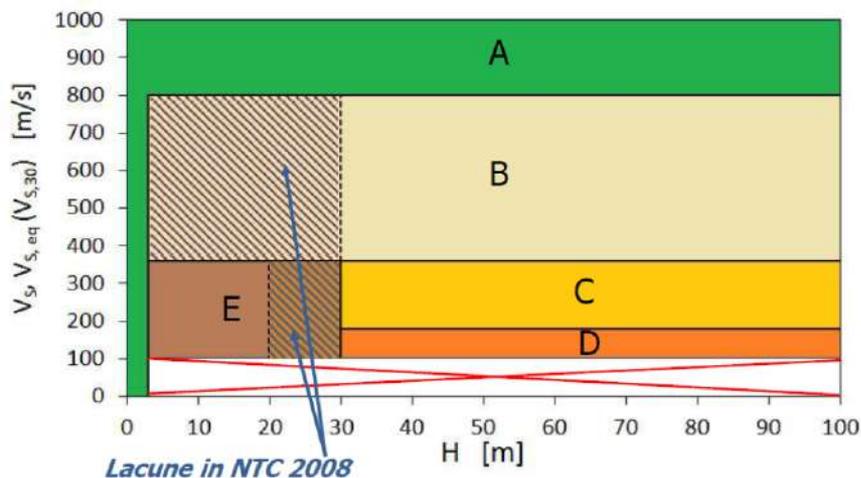
Tabella 3.2.III - Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 3.2.II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Annassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Categorie di sottosuolo ed approccio semplificato (Confronto NTC 2008 – NTC 2018)



Madiai, 2017

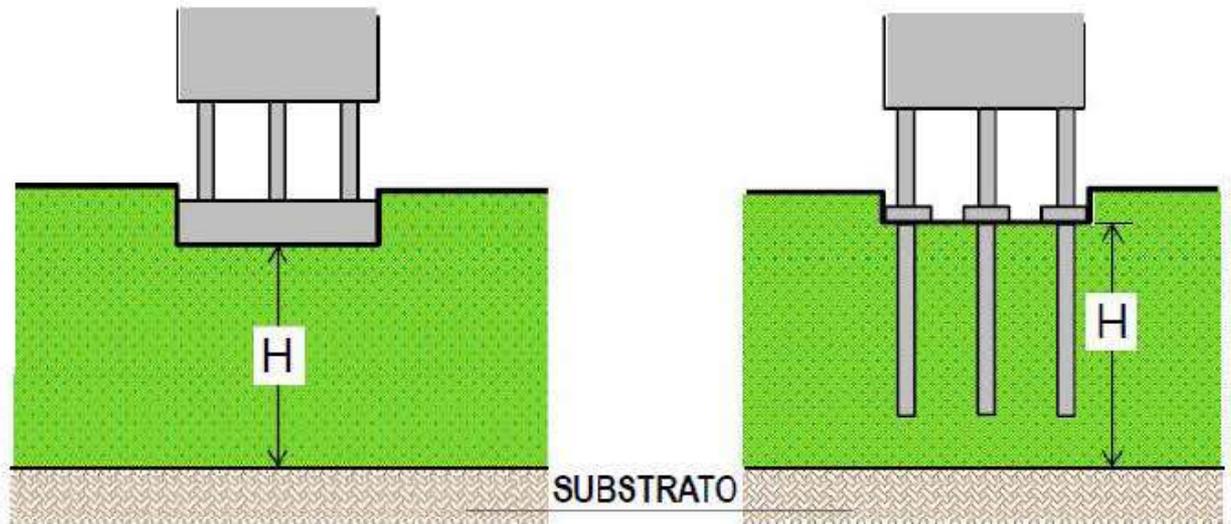
Tab. 3.2.II *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*

Categoria	Descrizione	$V_{s,eq}$		
		$V_{s,30}$ [m/s]	$N_{PT,30}$ [-]	$C_{u,30}$ [kPa]
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, con eventuale strato di alterazione /terreni di caratteristiche più scadenti di spessore massimo pari a 3 m	>800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessore >30m , caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessore >30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	15-50	70-250
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessore >30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180 100-180	<15	<70
E	Terreni riconducibili alle categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 20 m 30m	<360	<50	<250
S1	Depositati con strato >8m di argille poco consistenti o >3m di torbe o materiali organici	<100	-	10-20
S2	Depositati suscettibili di liquefazione, argille sensitive o categorie di sottosuolo non classificabili nei tipi precedenti	-	-	-

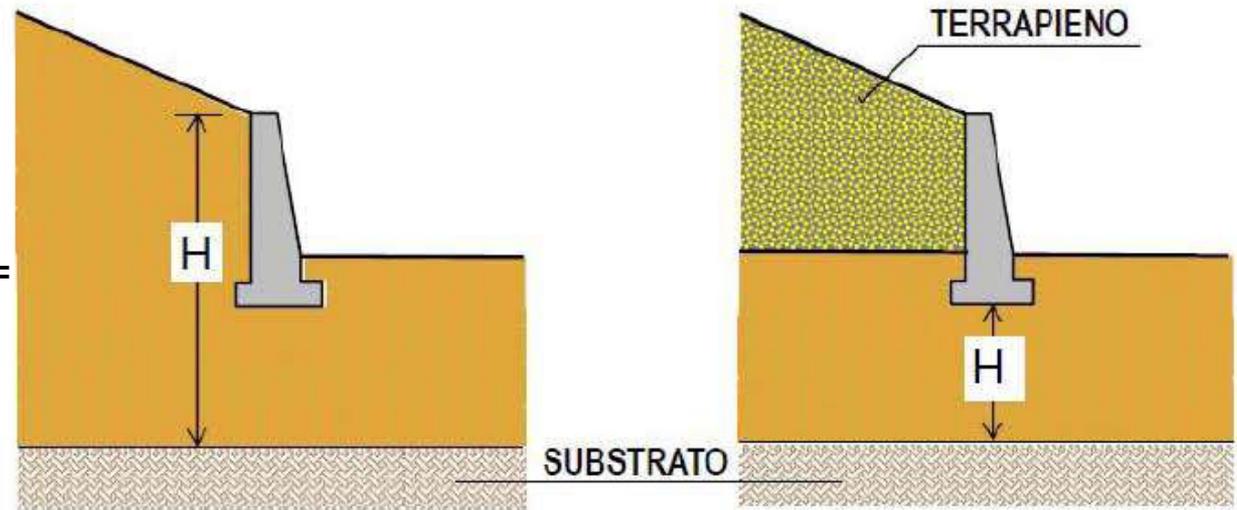
Madiai, 2017

COME SI CALCOLA "H" RISPETTO ALLE OPERE DI FONDAZIONE ?

QUOTA DI RIFERIMENTO DELLA PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO



SUBSTRATO =
BEDROCK SISMICO =
 $V_s > 800 \text{ m/s}$



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. (19A00855)

(GU n.35 del 11-2-2019 - Suppl. Ordinario n. 5)

a) Terreni di fondazione:

– Profondità del volume significativo

Nel caso di fondazioni superficiali la profondità da raggiungere con le indagini può essere dell'ordine di $b+2b$, dove b è la lunghezza del lato minore del rettangolo che meglio approssima la forma in pianta del manufatto.

Nel caso di fondazioni su pali, la profondità, considerata dall'estremità inferiore dei pali, può essere dell'ordine di $0.5b+b$.

Profondità maggiori dovranno essere indagate in presenza di terreni molto compressibili o di cavità o per costruzioni molto sensibili ai cedimenti assoluti e differenziali.

– *Stratigrafia, regime delle pressioni interstiziali e grandezze fisiche e meccaniche e idrauliche dei terreni nel volume significativo.*

b) Opere in progetto:

– dimensioni dell'opera;

– caratteristiche della struttura in elevazione, con particolare riferimento ai possibili cedimenti differenziali;

– sequenza cronologica con la quale vengono costruite le varie parti dell'opera (fasi costruttive);

– distribuzione, intensità o variazione nel tempo dei carichi trasmessi in fondazione, distinguendo i carichi permanenti dai sovraccarichi, e questi, a loro volta, in statici e dinamici.

c) Fattori ambientali:

– caratteri morfologici del sito;

– deflusso delle acque superficiali;

– presenza o caratteristiche di altri manufatti (edifici, canali, acquedotti, strade, muri di sostegno, gallerie, ponti, ecc.) esistenti nelle vicinanze o dei quali è prevista la costruzione.



Particolare saggio SC1

Scavo SC2

1	da 0 a 0,50m	Terreno vegetale con frazione ghialosa
2	da 0,50 a 2,0m	Ghiala e ciottoli in matrice limo sabbiosa Materiale da addensato a molto addensato.



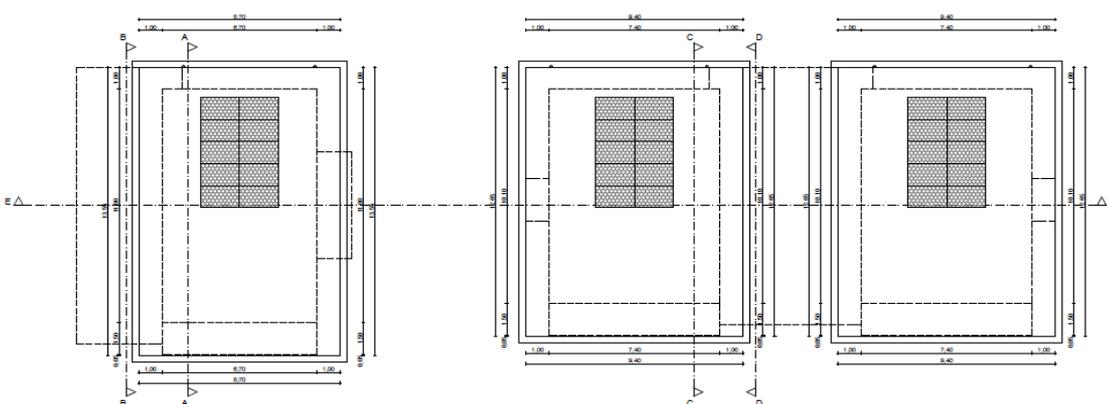
Particolare saggio SC2

Scavo SC3

1	da 0 a 0,70m	Terreno vegetale con frazione ghialosa
2	da 0,70 a 2,0m	Ghiala e ciottoli in matrice limo sabbiosa Materiale da addensato a molto addensato.



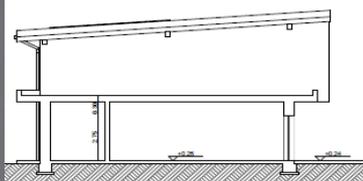
PIANTA COPERTURA
SCALA 1:100



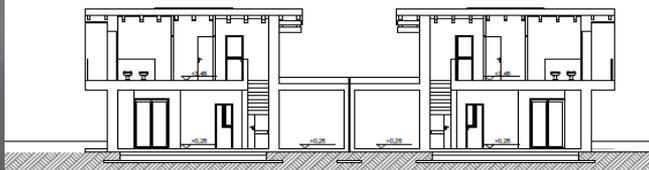
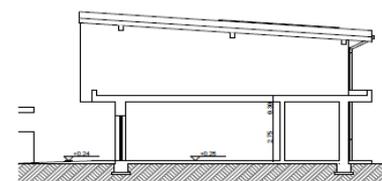
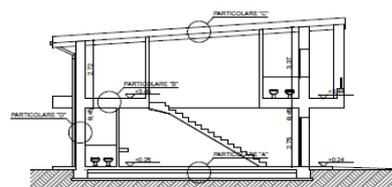
SEZIONE B-B
SCALA 1:100

SEZIONE C-C
SCALA 1:100

SEZIONE D-D
SCALA 1:100



SEZIONE E-E
SCALA 1:100



NON SI OPERA

IN QUESTO MODO

RIASSUMENDO:

L'accelerazione generata da un terremoto in un determinato sito dipende dalle condizioni locali:

→ TOPOGRAFIA

→ STRATIGRAFIA (proprietà fisiche e meccaniche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi che costituiscono la colonna stratigrafica)

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la RSL consente di definire se, come e quanto un segnale sismico si sia modificato rispetto al sito di riferimento (suolo rigido* e superficie topografica orizzontale).

Suolo rigido: è il cosiddetto *BEDROCK SISMICO*, per la nostra normativa è tutto ciò che possiede $V_s > 800$ m/s e che *non amplifica* il segnale sismico

La Normativa Regionale

DGR Lazio 793/2020 (Modifica ad oggi vigente delle DGR Lazio 493/2019 - DGR 387/2009 – 489/2012) **elenco delle strutture strategiche (Classe d'uso IV) e rilevanti (Classe d'uso III)**

Regolamento Regionale – DGR Lazio 189/2021
(Abroga e sostituisce il R.R. n. 26 del 26/10/2020 che a sua volta aveva sostituito la DGR 375/2016) **procedure prevenzione rischio sismico – Genio Civile**

In sintesi – come prescrizione di Normativa Regionale – la necessità di produrre uno studio di RSL può derivare da:

Rischio sismico di base



MS Livello 1 MOPS Instabili*

MS Livello 2 non conclusa

MS Livello 2 con $F_h > S_s + 0,1$

Tipologia della struttura



Classe d'Uso IV (tutte)

Classe d'Uso III (solo edifici scolastici)

*: in realtà in questo caso è prevista l'esecuzione di una **MS di Livello 3**. La differenza rispetto ad uno studio di RSL – come vedremo – è che si tratta ancora di un documento di pianificazione territoriale e si riferisce ad un unico tempo di ritorno (475 anni); la procedura è del tutto analoga.



DELIBERAZIONE N. 793

DEL 05/11/2020

PROPOSTA N. 16718

DEL 02/11/2020

STRUTTURA

Direzione: LAVORI PUBBLICI, STAZIONE UNICA APPALTI, RISORSE IDRICHE E DIFESA DEL SUOLO

PROPONENTE

Area:

Prot. n. _____ del _____

OGGETTO: Schema di deliberazione concernente:

Modifica della Deliberazione di Giunta regionale 23 luglio 2019, n. 493. Sostituzione dell'allegato A rubricato "Elenco delle strutture in Classe d'uso IV (Strategiche) e in Classe d'uso III (Rilevanti)".

(ODDONE PIRROTTI)

L'ESTENSORE

(DE PASCA PASQUALE)

IL RESP. PROCEDIMENTO

(M. D'ERCOLE)

IL DIRUTTORE REGIONALE

IL DIRIGENTE RESPONSABILE

DELIBERA

1. di modificare la deliberazione di Giunta regionale 23 luglio 2019, n. 493, sostituendone l'Allegato A con il nuovo Allegato A, parte integrante e sostanziale della presente deliberazione, rubricato "Elenco delle strutture in Classe d'uso IV (Strategiche) e in Classe d'uso III (Rilevanti)";
2. di dare atto che rimangono valide ed efficaci tutte le previsioni della deliberazione di Giunta regionale 23 luglio 2019, n. 493, non interessate dalla presente deliberazione.

La presente deliberazione sarà pubblicata sul B.U.R.L. e sarà consultabile sul sito Internet della Regione Lazio.

DELIBERA

- ~~1. di modificare la deliberazione di Giunta regionale 22 maggio, 2009 n. 387, come modificata dalla deliberazione di Giunta regionale 17 ottobre 2012, n. 489 sostituendo l'Allegato 2 con l'Allegato A rubricato "Elenco delle strutture in Classe d'uso IV (Strategiche) e in Classe d'uso III (Rilevanti)", parte integrante e sostanziale della presente deliberazione;~~
2. di disporre, obbligatoriamente e preventivamente alla progettazione esecutiva, lo studio di Risposta Sismica Locale (RSL) per tutte le nuove opere o per l'adeguamento sismico delle strutture esistenti di Classe d'uso III e di Classe d'uso IV, a eccezione di quelle di cui al punto e) del paragrafo "Infrastrutture";
3. di prevedere la possibilità di ovviare allo studio di RSL per le opere di Classe d'uso III, eccetto le Strutture per l'Istruzione, laddove dalle indagini di cui all'Allegato C del regolamento regionale n. 14/2016 scaturiscano indicazioni tecniche evidenti e inconfutabili dell'appartenenza del sottosuolo a una delle Categorie di sottosuolo di fondazione indicate nella Tabella 3.2.II del DM. 17.01.2018, utilizzando in questi casi l'approccio semplificato previsto dallo stesso DM.

Elenco delle strutture in Classe d'uso IV (Strategiche) e in Classe d'uso III (Rilevanti)

A. CLASSE D'USO IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di evento sismico come, in particolare, di seguito indicate:

- Strutture Ospedaliere *
 1. Ospedali, Case di Cura, Cliniche, Ambulatori ospedalieri, Istituti di ricovero e cura a carattere Scientifico, Aziende Unità Sanitarie Locali;

- Strutture per l'istruzione, comprese le palestre scolastiche, inserite nei Piani di Emergenza di Protezione Civile comunali che possono ospitare funzioni strategiche (centro coordinamento soccorsi (CCS); centro operativo misto (COM); centro operativo comunale (COC), eccetera;

- Strutture Civili *
 1. Sedi degli uffici statali, regionali e provinciali, solo relativamente a quelle che ospitano funzioni di comando, supervisione e controllo, sale operative, strutture ed impianti di trasmissione, banche dati, strutture di supporto logistico per il personale operativo, strutture adibite all'attività logistica di supporto alle operazioni di protezione civile (stoccaggio, movimentazione, trasporto), strutture per l'assistenza e l'informazione alla popolazione;
 2. Municipi e sedi comunali decentrate;
 3. Sedi degli uffici territoriali del Governo;
 4. Sedi della Protezione Civile e relative strutture adibite all'attività di Protezione Civile;
 5. Ambasciate, Consolati, Legazioni, Istituti culturali, Organismi internazionali;
 6. Uffici Giudiziari e Carceri.

- Strutture Militari *
 1. Caserme delle Forze Armate, dei Carabinieri, del Corpo Forestale dello Stato, della Guardia di Finanza, della Pubblica Sicurezza, dei Vigili del Fuoco.

- Strutture Industriali
 1. Industrie con attività di produzione di "sostanze pericolose per l'ambiente" (Decreto legislativo 26 giugno 2015, n.105 (Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose) in cui può avvenire un incidente rilevante per evento sismico.

- Infrastrutture
 1. Centrali Elettriche ad Alta Tensione;
 2. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti ed a impianti di produzione di energia elettrica;
 3. Gallerie di reti viarie di tipo A o B, Ponti di reti viarie di tipo A o B e Viadotti di reti viarie di tipo A o B (Decreto Ministeriale 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"), o di tipo C se appartenenti a itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non serviti da strade di tipo A o B;
 4. Gallerie di reti ferroviarie, Ponti di reti ferroviarie e Viadotti di reti ferroviarie;
 5. Impianti per le telecomunicazioni (radio, televisioni, ponti radio ecc.), con altezza maggiore o uguale a 15 metri non su fabbricati esistenti;
 6. Autostrade ed opere d'arte annesse;
 7. Grandi stazioni o Terminal ferroviari, stazioni o Terminal aeroportuali, eliporti e porti.

Dalla DGR Lazio 793/2020

B. **CLASSE D'USO III:** Costruzioni rilevanti il cui uso preveda affollamenti significativi con riferimento a un eventuale collasso della struttura, come, in particolare, di seguito indicate:

• Strutture per l'Istruzione *

1. Asili nido, scuole ed istituti di istruzione, pubblici e privati, di ogni ordine e grado;
2. Università;
3. Conservatori statali, accademie di Belle Arti (statali e non statali), istituti musicali, Accademie statali di danza e di Arte, Istituti statali superiori per le industrie Artistiche;
4. Case famiglia e Strutture educative per i minori;
5. Uffici scolastici regionali.

• Strutture civili *

1. Sedi degli uffici statali, regionali e provinciali, destinati allo svolgimento di funzioni pubbliche nell'ambito dei quali siano normalmente presenti comunità di dimensioni significative, nonché edifici e strutture aperti al pubblico suscettibili di grande affollamento, il cui collasso può comportare gravi conseguenze in termini di perdite di vite umane e che non ricadono in classe d'uso IV;
2. Residenze Sanitarie Assistenziali;
3. Alberghi (art. 2, comma 1, lettera a) R.R. 17/2008 e successive modifiche), Ostelli per la Gioventù (art. 5 R.R. 08/2015 e successive modifiche);
4. Attività Commerciali con cubatura ≥ 5000 metri cubi;
5. Stadi, Palazzi dello Sport, Palestre, Impianti per lo sport compresi i servizi di supporto per l'attività sportiva (spogliatoi, ecc.), e spazi per il pubblico (coperture e tribune di impianti sportivi, ecc.);
6. Auditorium, Biblioteche, Cinema, Edifici per mostre, Ludoteche, Musei, Pinacoteche e Teatri;
7. Banche, Centri Commerciali (art.4, comma 1, lettera g del d.lgs. 114/1998 e successive modifiche);
8. Mercati coperti;

9. Chiese, Campanili, Chiese cimiteriali ed Edifici di Culto non ricadenti nelle disposizioni di cui agli articoli 13, 14, 15 e 16 del Trattato Lateranense;

10. Obitori e camere mortuarie;

11. Centri polifunzionali;

12. Uffici postali;

• Strutture Industriali*

1. Industrie con attività pericolose per l'ambiente non ricadenti nella Classe IV;

• Infrastrutture

1. Centrali Elettriche a Media Tensione, Centrali di cogenerazione, Impianti eolici, Termovalorizzatori;

2. Dighe non ricadenti nella Classe IV, ma comunque rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso;

3. Metropolitana e Stazioni della Metropolitana, Edifici delle Stazioni di autobus e tranviarie;

4. Gallerie di reti viarie, viadotti di reti viarie e ponti di reti viarie, ricadenti nel tipo C se non già indicato in Classe IV la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.

A tutte le costruzioni, opere e/o attività miste, si applica la classe d'uso della destinazione che assicura una maggiore sicurezza per la pubblica e privata incolumità di cose e persone.

* come unica unità strutturale o anche se inserito all'interno di edifici adibiti ad altra destinazione d'uso.

Dalla DGR Lazio 793/2020

2) TABELLA RISCHIO SISMICO

LIVELLO DI RISCHIO SISMICO

L'obiettivo è raggiungere la definizione del modello geofisico del sottosuolo per la determinazione della categoria di suolo di fondazione indicato nella Relazione Geologico-Sismica e delle indagini e dei test di laboratorio che caratterizzano l'aspetto geomeccanico del sottosuolo per il volume significativo. I Livelli di Vulnerabilità dell'Opera (Basso, Medio, Alto), in funzione della zona sismica, determinano la classificazione del progetto, secondo lo schema di seguito riportato.

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Dalla DGR 189/2021

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Livello di Rischio
Sismico
ALTO

TERRENI

- a) Almeno 2 Sondaggi Geognostici, con Prove SPT in foro eseguite negli strati coesivi e granulari dei terreni costituenti il volume significativo fondazionale.
- b) Almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTe, CPTU), dinamiche (DPSH), o dilatometriche DMT che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.
- c) Prelievo di campioni quando la litologia consente un campionamento indisturbato, del terreno fondazionale da sottoporre a Prove Geotecniche di laboratorio, certificate ai sensi dell'articolo 59 del DPR 380/2001 e successive modifiche, per la definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche e/o dinamiche (Prova di Taglio Diretta, Prova Edometrica, Prova Triassiale, Prova di Taglio Ciclico, Colonna Risonante, ecc.).
- d) Almeno 2 Prove Sismiche in sito attive (MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passive (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), possibilmente perpendicolari tra di loro per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.
- e) Almeno 2 Acquisizioni di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSr), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno.
- f) Almeno una prova sismica diretta in foro (DH, CH, SDMT) eseguita fino alla profondità pari al raggiungimento del bedrock sismico o comunque fino alla profondità di almeno 30 metri, in tutti i casi in cui dovrà essere eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale (RSL).
- g) Analisi della Risposta Sismica Locale, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/2019 e successive modifiche ed in tutti i casi in cui (es. inversioni di velocità, bruschi passaggi di rigidità, ecc.) il sottosuolo non è classificabile nelle categorie di cui alla Tabella 3.2.11 delle NTC2018, eseguita tramite:
 - codice di calcolo 1D unicamente per sottosuoli costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica piana;
 - codice di calcolo 2D da eseguire per sottosuoli non costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica non pianeggiante.

Per opere con fondazioni di modesta ampiezza e carichi ridotti (antenne di trasmissione radio e telefoniche, ecc.) e per opere accessorie di strutture ricadenti in classe d'uso III e IV, non strutturalmente connesse a giudizio motivato del professionista incaricato, è possibile una riduzione del programma delle indagini, fino al livello minimo previsto per il rischio medio.

ROCCE AFFIORANTI o SEPOLTE sotto terreni di copertura aventi spessore massimo di 3 metri (Substrato geologico)

- a) Almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTe, CPTU), dinamiche (DPSH) o dilatometriche DMT, che attraversino i terreni di copertura, coesivi e granulari, nel caso di ammassi rocciosi sepolti.
- b) Caratterizzazione Geomeccanica degli ammassi rocciosi affioranti, eseguita tramite esecuzione di rilevamento geostrutturale, laddove possibile.
- c) Almeno 2 Prove Sismiche in sito attive (SeismicRefraction, MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passive (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.
- d) Almeno 2 Acquisizioni di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSr), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno;
- e) Analisi della Risposta Sismica Locale, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/2019 e successive modifiche ed in tutti i casi in cui (es.



Dalla DGR 189/2021

Alcune "imprecisioni" erano state già risolte nel RR 26/2020

Dal Regolamento Regionale 26/2020

Dalla DGR 375/2016

27/10/2020 - BOLLETTINO UFFICIALE DELLA REGIONE LAZIO - N. 129

TERRENI

- a) Almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU), dinamica (DPSH) o dilatometriche DMT, oppure, almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTE, CPTU) o dinamiche (DPSH), che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.
- b) In sostituzione delle prove di cui alla lett. a) che precede, solo per le classi III e IV: almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU), dinamica (DPSH) o dilatometriche DMT, che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.
- c) Nel caso di esecuzione del Sondaggio Geognostico: prelievo di campioni quando la litologia consente un campionamento indisturbato o almeno significativo, del terreno fondazionale da sottoporre a Prove Geotecniche di laboratorio, certificate ai sensi dell'articolo 59 del DPR 380/2001, per la definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche (Prova di Taglio Diretta, Prova Edometrica, Prova Triassiale, Prova di Taglio Ciclico, Colonna Risonante, ecc.);
- d) Almeno 2 Prove Sismiche in sito attive (MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passive (REM, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), possibilmente perpendicolari tra di loro per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.
- e) Almeno 1 Acquisizione di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSR), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno;
- f) Almeno una prova sismica diretta in foro (DH, CH, SDMT) eseguita fino alla profondità pari al raggiungimento del bedrock sismico o comunque fino alla profondità di almeno 30 metri i, in tutti i casi in cui dovrà essere eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale (RSL) per le classi d'uso III e IV.
- g) Analisi della Risposta Sismica Locale, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/19 ed in tutti i casi in cui (es. inversioni di velocità, bruschi passaggi di rigidità, ecc.) il sottosuolo non è classificabile nelle categorie di cui alla Tabella 3.2.II delle NTC'18, eseguita tramite:
- codice di calcolo 1D unicamente per sottosuoli costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica piana;
 - codice di calcolo 2D da eseguire per sottosuoli non costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica non pianeggiante.

ROCCE AFFIORANTI o SEPOLTE sotto terreni di copertura aventi spessore massimo di 3 metri (Substrato geologico)

- a) Almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTE, CPTU), dinamiche (DPSH) o dilatometriche DMT, che attraversino i terreni di copertura, coesivi e granulari, nel caso di ammassi rocciosi sepolti.
- b) Caratterizzazione Geomeccanica degli ammassi rocciosi affioranti, mediante esecuzione di rilevamento geostrutturale, laddove possibile, oppure per le classi d'uso

Livello di vulnerabilità dell'Opera

Basso

- Almeno 1 prova geofisica indiretta (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30} .

SU ROCCIA COMPATTA AFFIORANTE O CON SUBSTRATO ROCCIOSO ENTRO I PRIMI 3 MT DI PROFONDITÀ:

Dovranno eseguirsi:

- Almeno 1 prova geofisica indiretta (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30} .

SU TERRENI:

Dovranno eseguirsi:

- Almeno 1 sondaggio geognostico con prove SPT in foro oppure almeno 2 prove penetrometriche di tipo statico (CPT, CPTE, CPTU) o dinamico (DPH, DPSH) per una profondità almeno pari al volume significativo;
- Prove di laboratorio per la definizione delle caratteristiche fisiche e meccaniche;
- Almeno 2 prove geofisiche indirette (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30} ;
- Verifiche di stabilità ante e post operam dei versanti, laddove necessario.

SU ROCCIA COMPATTA AFFIORANTE O CON SUBSTRATO ROCCIOSO ENTRO I PRIMI 3 MT DI PROFONDITÀ:

Dovranno eseguirsi:

- Almeno 1 prova geofisica indiretta (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30} ;
- Verifiche di stabilità ante e post operam dei versanti, laddove necessario.

Livello di Vulnerabilità dell'Opera

Medio

Livello di Rischio Sismico

MEDIO

R.S.L. OBBLIGATORIA DA NORMATIVA REGIONALE

MOTIVO	NORMA
MS LIVELLO 1 ==> MOPS INSTABILI	D.G.R. LAZIO 545/2010 - D.G.R. LAZIO 535/2012
MS LIVELLO 2 ==> NON CONCLUSA	D.G.R. LAZIO 155/2020 - D.G.R. LAZIO 535/2012
MS LIVELLO 2 ==> $F_h > S_s + 0,1$	D.G.R. LAZIO 155/2020 - D.G.R. LAZIO 535/2012
PROGETTI EX NOVO; PROGETTI DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO SISMICO DI EDIFICI ESISTENTI RICADENTI IN CLASSE D'USO IV	D.G.R. LAZIO 793/2020 – Agg. REG. SIM. DGR 189/2021
PROGETTI EX NOVO; PROGETTI DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO SISMICO DI EDIFICI ESISTENTI RICADENTI IN CLASSE D'USO III (SOLO SCUOLE)	D.G.R. LAZIO 793/2020 – Agg. REG. SIM. DGR 189/2021
PROGETTI EX NOVO; PROGETTI DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO SISMICO DI TUTTI GLI ALTRI EDIFICI RICADENTI IN CLASSE D'USO III QUANDO INDAGINI GEOFISICHE DI COMPROVATA VALIDITA' NON CONSENTANO UNA ATTRIBUZIONE CERTA AD UNA DELLE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO PREVISTE DALL'APPROCCIO SEMPLIFICATO DELLE NTC 2018	D.G.R. LAZIO 793/2020 – Agg. REG. SIM. DGR 189/2021

La procedura per gli studi di RSL

Lo studio di RSL passa attraverso 5 steps fondamentali

A - Implementazione del modello geologico
(indagini geologiche e geognostiche)

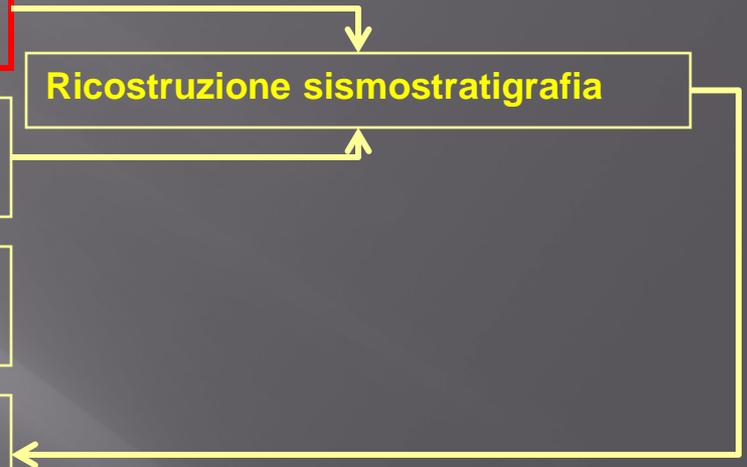
B - Implementazione del modello geofisico
(indagini geofisiche)

C - Definizione dell'input sismico (ricerca ed estrazione accelerogrammi)

D - Simulazione numerica con software specialistico

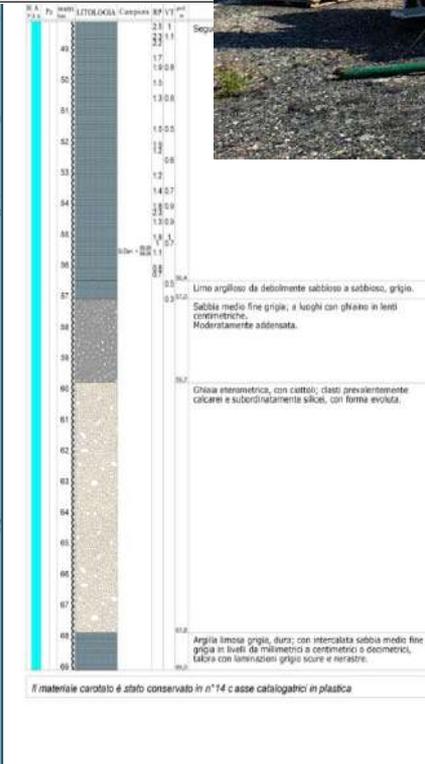
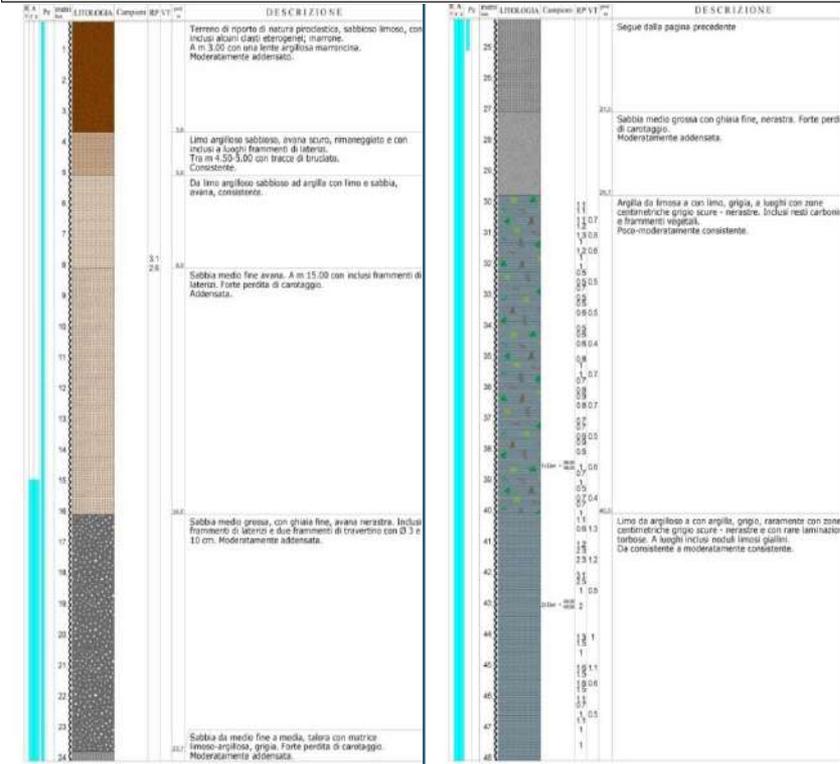
E - Confronto degli spettri di RSL con gli spettri di norma da NTC'08 ed indicazioni per lo strutturista

Ricostruzione sismostratigrafia



A - Implementazione del modello geologico (indagini geologiche e geognostiche)

Riferimento: Università degli Studi Roma TRE	Sondaggio: S3
Località: Roma, Largo San Leonardo Murialdo	Quota:
Impresa esecutrice:	Data: 23-29/05/20
Coordinate:	Redattore: Dr Geo
Perforazione: Wire Line	



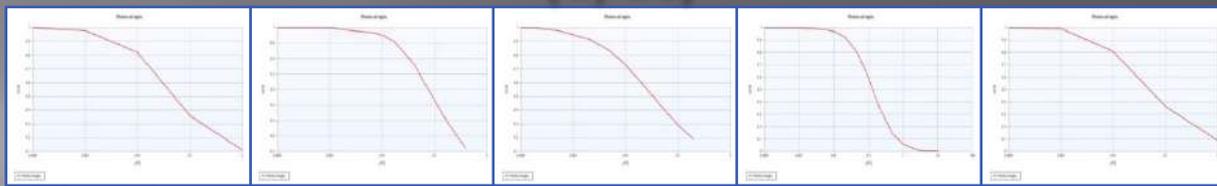
A - Implementazione del modello geologico (indagini geologiche e geognostiche)

Non sono sufficienti le analisi di laboratorio geotecnico "ordinarie" (taglio, triassiale, edometrica,

E' necessario definire le Curve di Smorzamento (G/G0) e Decadimento (D%)



(G/G0)



Riporti

Argille e limi

Sabbie alluvionali

Argille org. - Torbe

Argille, Limi palustri

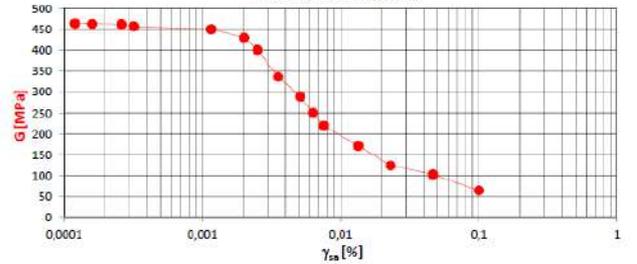
PROVA DI COLONNA RISONANTE

Pag. 3 di 3

ASTM D4015-95

N.VERB.ACCELT./CAMP	1869-4	Data ricevimento	11/04/13	Rapp di prova n.	1869-4	del	3/05/2016
COMMESSA	26-16	Data prelievo	-	Data inizio prova	03/05/16		
COMMITTENTE	PROVINCIA DI RIETI	Data apertura	03/05/13	Data fine prova	05/05/16		
CANTIERE	PALAJOURNER -neti	Sondaggio	S1	Tipologia campione	Rimaneggiato		
		Campione	PR1	Profondità (m)	2,00-12,00		

Curva di decadimento

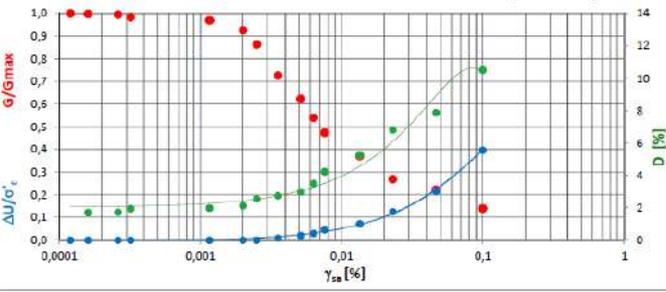


(D%)

Prove cicliche in colonna risonante



Curva di decadimento normalizzata



La procedura per gli studi di RSL

Lo studio di RSL passa attraverso 5 steps fondamentali

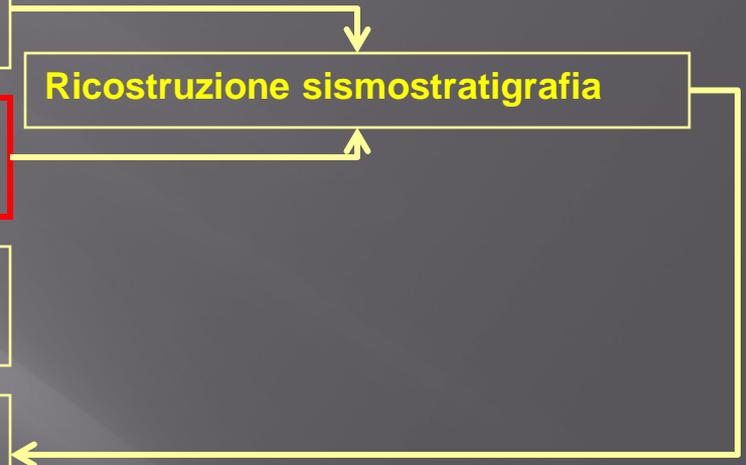
**A - Implementazione del modello geologico
(indagini geologiche e geognostiche)**

**B - Implementazione del modello geofisico
(indagini geofisiche)**

C - Definizione dell'input sismico (ricerca ed estrazione accelerogrammi)

D - Simulazione numerica con software specialistico

E - Confronto degli spettri di RSL con gli spettri di norma da NTC'08 ed indicazioni per lo strutturista



TECNICHE DI PROSPEZIONE

- PROSPEZIONI MASW (Onde superficiali – Vel. di Fase e di Gruppo)
- PROSPEZIONI ReMi (Onde superficiali – Vel. di Fase e di Gruppo)
- SISMICA IN FORO TIPO DOWN-HOLE
- SISMICA IN FORO TIPO CROSS-HOLE
- HOLISURFACE (Onde superficiali – Velocità di Gruppo)
- MISURE HVSR (Nakamura)

STRUMENTAZIONE MASW - ReMi

Sismografo multicanale



Geofoni



Cavo sismico



SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE (Prove attive)

Massa battente



Fucile sismico

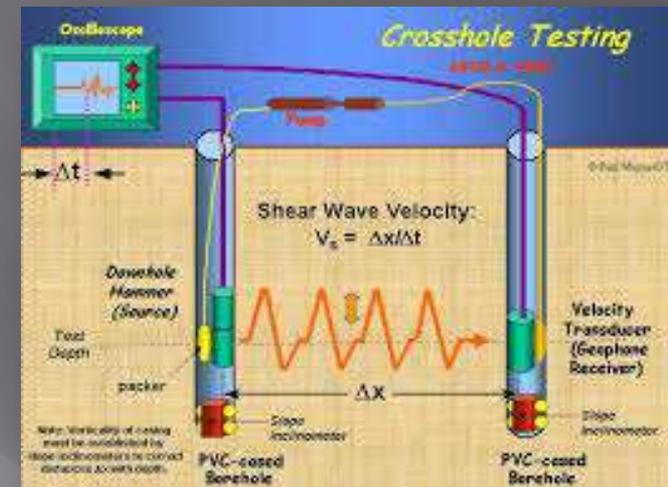
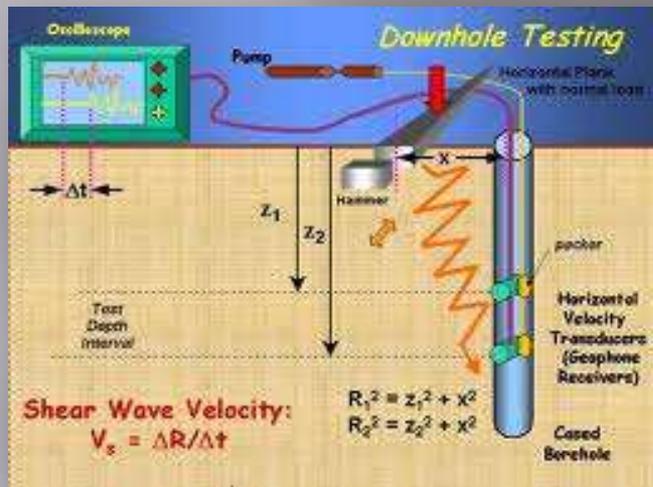


Esplosivo



B - Implementazione del modello geofisico (indagini geofisiche)

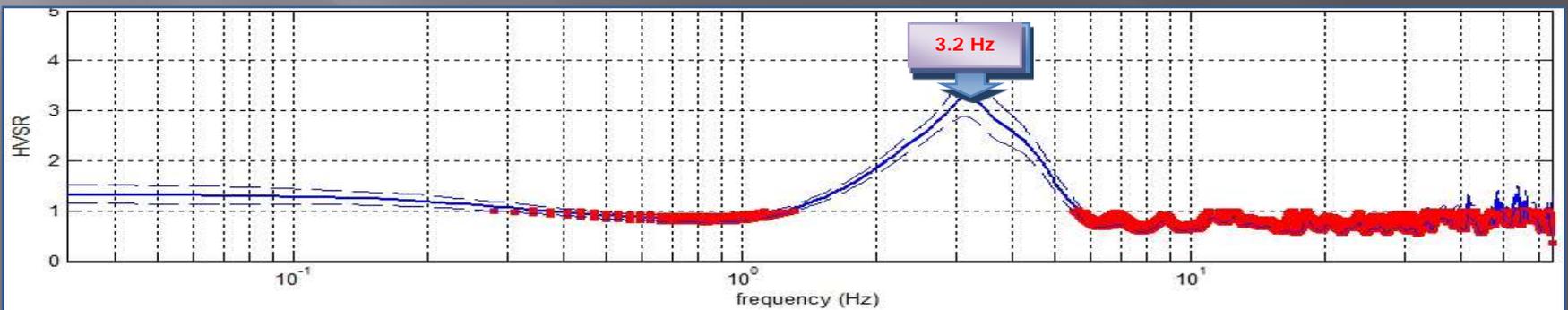
SISMICA IN FORO: DOWN HOLE – CROSS HOLE



- Più affidabili per la determinazione del parametro V_s 30 (V_{SH}) e del profilo di velocità delle onde S
- Costi maggiori rispetto alle prospezioni di superficie (MASW, ReMi), che comprendono anche la terebrazione ed il condizionamento di un foro di sondaggio, che diventano due nel caso delle cross hole
- Sono commissionate soprattutto dalle amministrazioni pubbliche e dai privati nell'ambito della progettazione di opere importanti
- Necessaria strumentazione allo stato dell'arte

B - Implementazione del modello geofisico (indagini geofisiche)

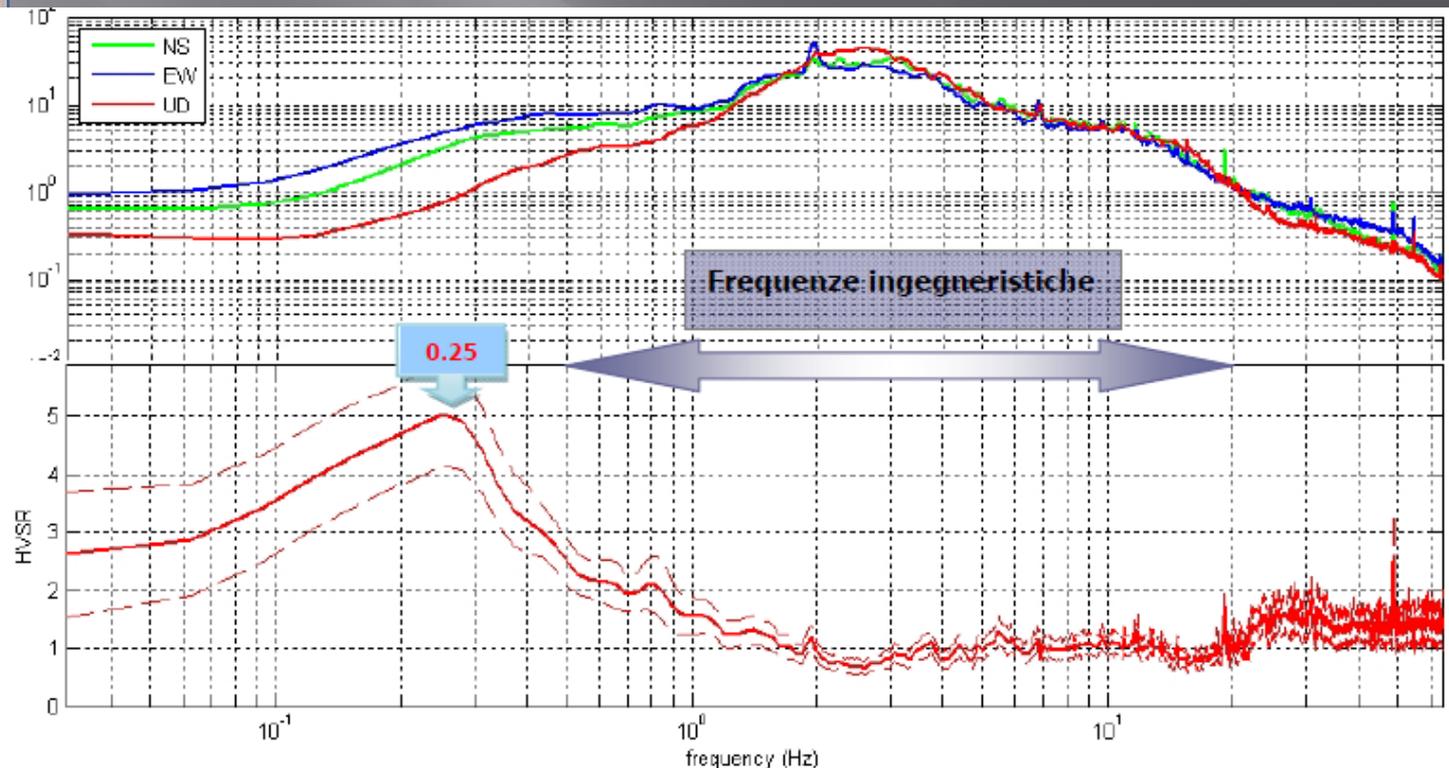
HVSR – Horizontal to Vertical Spectral Ratio



HVSR – Horizontal to Vertical Spectral Ratio

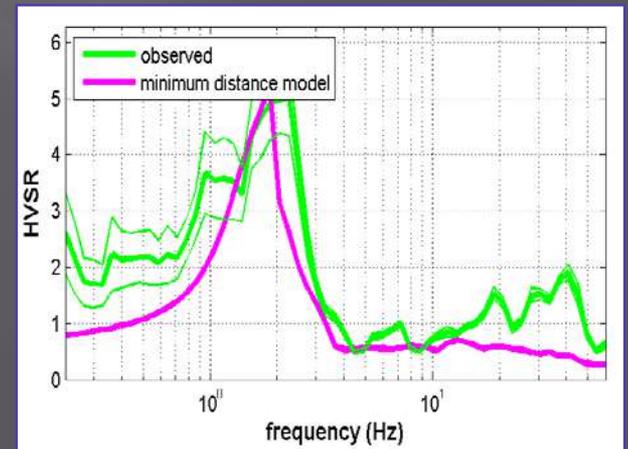
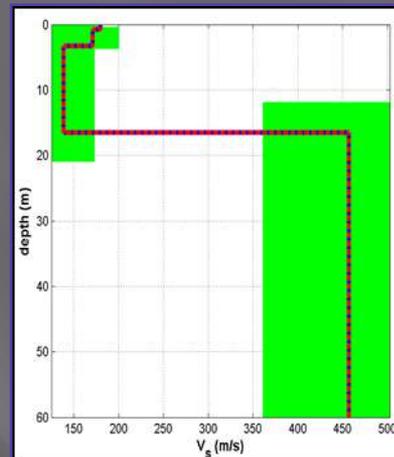
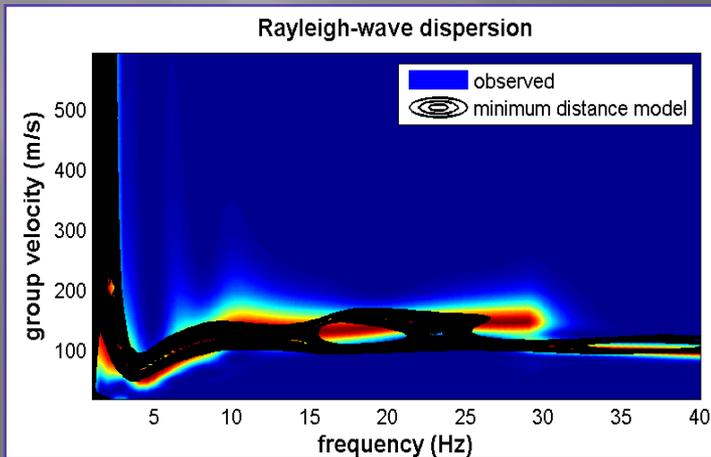
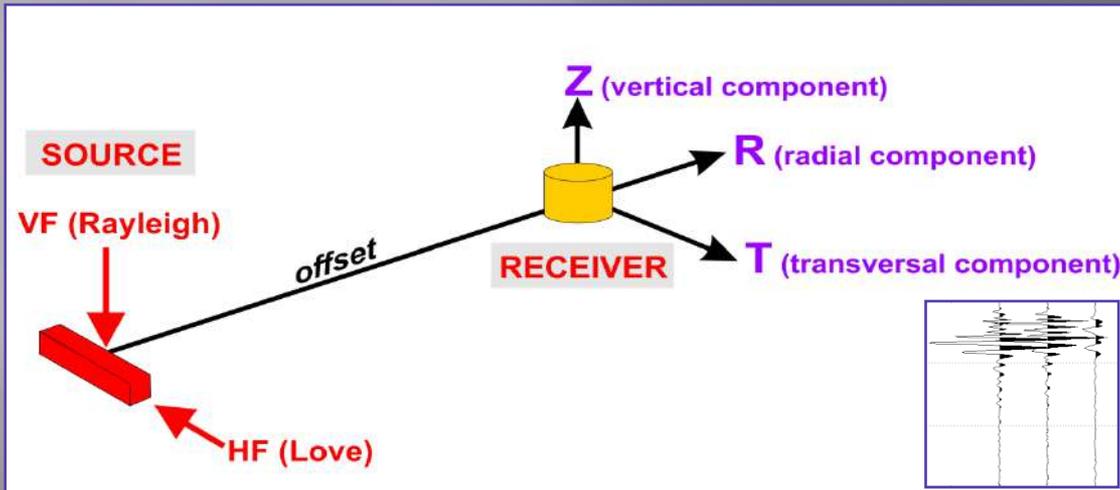


Lo strumento indicato funziona con una terna di sensori velocimetrici ad alta sensibilità ed alta stabilità, con frequenza naturale pari a 2 Hz: ciò consente di far conto su una sensibilità strumentale in grado di esplorare i campi di frequenza (ordine di 0,1 Hz) che interessano la prospezione



B - Implementazione del modello geofisico (indagini geofisiche)

HOLISURFACE



HOLISURFACE

Tale tipo di indagine è una evoluzione (oggetto di brevetto www.holisurface.com) del metodo di analisi delle velocità di gruppo, quindi basata sulla dispersione delle onde di superficie (velocità di gruppo; rapporto tra spazio e tempo di arrivo dell'onda frequenza per frequenza) e la sua analisi secondo l'approccio FVS (Full Velocity Spectrum).

L'acquisizione dei dati HS (attivi) avviene grazie ad un unico geofono triassiale. Lo stesso geofono è poi utilizzato per registrare i dati passivi utili a definire il rapporto spettrale H/V. I dati (attivi e passivi) sono poi analizzati congiuntamente.

Acquisire un dato per analisi HoliSurface® non è molto diverso rispetto alle tradizionali acquisizioni di sismica attiva (ad es. MASW).

La differenza sostanziale rispetto alla cosiddetta tecnica MASW, sta nel fatto che per effettuare acquisizioni e analisi HoliSurface®, invece di utilizzare n geofoni a componente singola, si utilizza un unico geofono a tre componenti (geofono triassiale) posto ad una certa distanza (offset) dalla sorgente e opportunamente orientato in modo da raccogliere i dati relativi alla componente verticale (Z), radiale (R) e trasversale (T).

(Giancarlo Dal Moro, 2020)

La procedura per gli studi di RSL

Lo studio di RSL passa attraverso 5 steps fondamentali

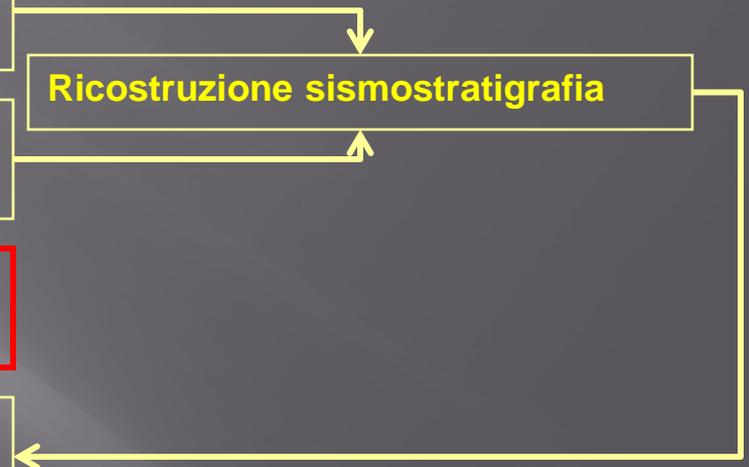
**A - Implementazione del modello geologico
(indagini geologiche e geognostiche)**

**B - Implementazione del modello geofisico
(indagini geofisiche)**

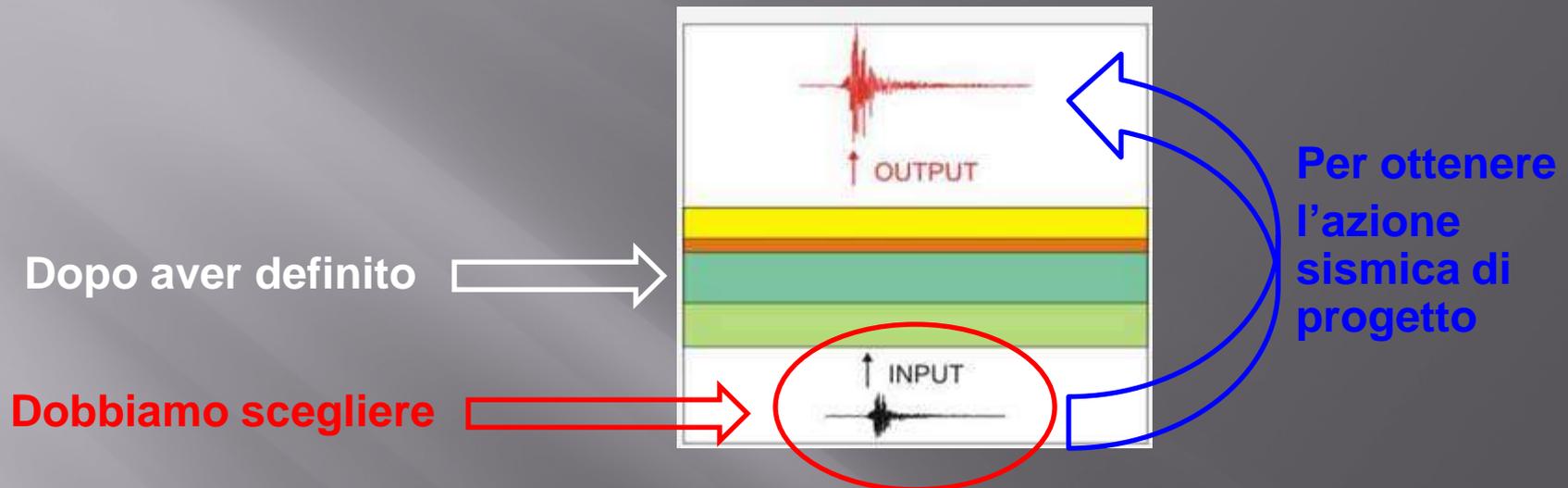
C - Definizione dell'input sismico (ricerca ed estrazione accelerogrammi)

D - Simulazione numerica con software specialistico

E - Confronto degli spettri di RSL con gli spettri di norma da NTC'08 ed indicazioni per lo strutturista



C – Definizione dell'input sismico (ricerca ed estrazione accelerogrammi)



ESISTONO 3 TIPI DI ACCELEROGRAMMI: NATURALI - ARTIFICIALI - SINTETICI

Questi ultimi sono molto difficili da definire e richiedono conoscenze molto dettagliate sulla sorgente sismica e sul suo modello fisico Di fatto sono ancora una competenza del mondo della ricerca

Per l'analisi dinamica delle strutture e terreni è consentito l'utilizzo di diversi tipi di accelerogrammi: artificiali, sintetici e registrati. Tuttavia, non è permesso l'uso di accelerogrammi artificiali nelle analisi dinamiche di opere e sistemi geotecnici (NTC2018), tra cui ricadono le analisi di risposta sismica locale. Per questi motivi, l'esecuzione di analisi di risposta sismica locale è usualmente basata su accelerogrammi naturali.

Dalle NTC 2018

3.2.3.6 IMPIEGO DI STORIE TEMPORALI DEL MOTO DEL TERRENO

Gli stati limite, ultimi e di esercizio, possono essere verificati mediante l'uso di storie temporali del moto del terreno artificiali o naturali. Ciascuna storia temporale descrive una componente, orizzontale o verticale, dell'azione sismica; l'insieme delle tre componenti (due orizzontali, tra loro ortogonali, ed una verticale) costituisce un gruppo di storie temporali del moto del terreno.

La durata delle storie temporali artificiali del moto del terreno deve essere stabilita sulla base della magnitudo e degli altri parametri fisici che determinano la scelta del valore di a_g e di S_g . In assenza di studi specifici, la parte pseudo-stazionaria dell'accelerogramma associato alla storia deve avere durata di 10 s e deve essere preceduta e seguita da tratti di ampiezza crescente da zero e decrescente a zero, in modo che la durata complessiva dell'accelerogramma sia non inferiore a 25 s.

Gli accelerogrammi artificiali devono avere uno spettro di risposta elastico coerente con lo spettro di risposta adottato nella progettazione. La coerenza con lo spettro di risposta elastico è da verificare in base alla media delle ordinate spettrali ottenute con i diversi accelerogrammi, per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ del 5%. L'ordinata spettrale media non deve presentare uno scarto in difetto superiore al 10%, rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico, in alcun punto del maggiore tra gli intervalli $0,15s \div 2,0s$ e $0,15s \div 2T$, in cui T è il periodo proprio di vibrazione della struttura in campo elastico, per le verifiche agli stati limite ultimi, e $0,15s \div 1,5T$, per le verifiche agli stati limite di esercizio. Nel caso di costruzioni con isolamento sismico, il limite superiore dell'intervallo di coerenza è assunto pari a $1,2 T_{is}$, essendo T_{is} il periodo equivalente della struttura isolata, valutato per gli spostamenti del sistema d'isolamento prodotti dallo stato limite in esame.

L'uso di storie temporali del moto del terreno artificiali non è ammesso nelle analisi dinamiche di opere e sistemi geotecnici.

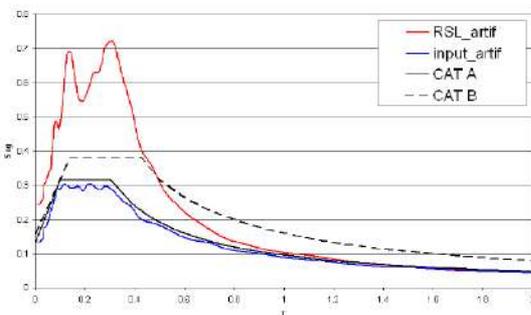
L'uso di storie temporali del moto del terreno generate mediante simulazione del meccanismo di sorgente e della propagazione è ammesso a condizione che siano adeguatamente giustificate le ipotesi relative alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente e del mezzo di propagazione e che, negli intervalli di periodo sopraindicati, l'ordinata spettrale media non presenti uno scarto in difetto superiore al 20% rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico.

L'uso di storie temporali del moto del terreno naturali o registrate è ammesso a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata in base alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente e alla massima accelerazione orizzontale attesa al sito.

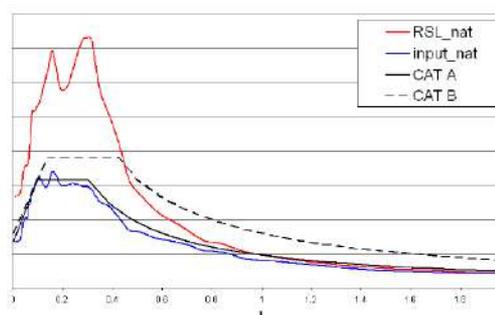
CONFRONTO TRA ACCELEROGRAMMI NATURALI E ARTIFICIALI

Il grafico di sinistra riporta il risultato in termini di spettro di risposta elastico ($\xi=5\%$) utilizzando un input artificiale compatibile con lo spettro di categoria A per il sito in esame. Lo spettro di destra è analogo a quello precedentemente descritto ad esclusione dell'input che in questo caso è costituito da 7 accelerogrammi naturali (di cui il risultato è la media dei 7 accelerogrammi amplificati dal sito).

Input artificiali

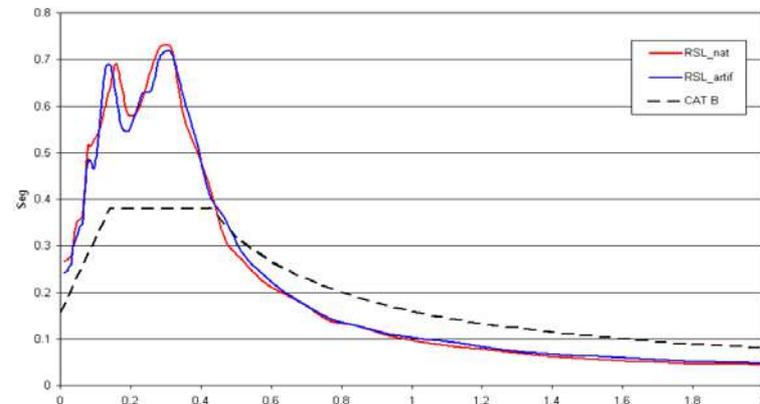


Input naturali



Il confronto tra i due approcci mostra in figura risultati totalmente analoghi, con differenze minime trascurabili.

Confronto tra Input naturali e sintetici



C – Definizione dell'input sismico (ricerca ed estrazione accelerogrammi)

Relativamente all'utilizzo di accelerogrammi naturali, le NTC2018 riportano in sintesi le seguenti prescrizioni:

- l'uso di accelerogrammi (**o meglio storie temporali**) registrati è ammesso, a condizione che la loro scelta sia **rappresentativa della sismicità del sito** e adeguatamente giustificata in base alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente e alla accelerazione orizzontale attesa al sito;
- Le storie temporali del moto del terreno registrate devono essere selezionate e scalate in modo tale che i relativi spettri di risposta approssimino gli spettri di risposta elastici nel campo dei periodi propri di vibrazione di interesse per il problema in esame;
- utilizzare le condizioni di compatibilità spettrale media definite per i segnali artificiali anche per quelli naturali, avendo cura in ogni caso di rispettare le condizioni geologiche di sito e di scegliere accelerogrammi il cui spettro è, per quanto possibile, generalmente simile a quello di riferimento;
- gli accelerogrammi possono essere scalati linearmente in ampiezza **limitando il fattore di scala** nel caso di segnali provenienti da eventi di piccola magnitudo;
- gli effetti sulla struttura sono rappresentati dai **valori medi** degli effetti più sfavorevoli ottenuti dalle analisi, **se si utilizzano almeno 7 diversi gruppi di accelerogrammi**, dai **valori più sfavorevoli degli effetti, in caso contrario**;
- in nessun caso si possono adottare **meno di tre gruppi di accelerogrammi**.

La prima informazione che è necessario acquisire per la definizione dell'input sismico (definizione della pericolosità sismica di base) è l'accelerazione di base del sito ove è previsto il progetto: **ag**.

E' necessario acquisire alcune informazioni relative al Progetto, normalmente fornite dal Progettista in quanto derivanti dalla "strategia progettuale":

- 1) Coordinate del sito (queste ce le possiamo trovare da noi !!)
- 2) Vita di riferimento dell'opera $V_R = V_N * C_u$ (come da NTC2018)
- 3) Stato limite o stati limite per cui condurre la verifica. Gli stati limite sono SLO e SLD (Stati limite di esercizio) e SLV e SLC (Stati limite ultimi). Ad ogni stato limite corrispondono diversi valori di **ag** poiché questi sono funzione dei diversi periodi di ritorno. Infatti per lo SLO si pone $P_{VR} = 81\%$, per lo SLD $P_{VR}=63\%$, per lo SLV $P_{VR}=10\%$ e per lo SLC $P_{VR}=5\%$.

QUESTE OPERAZIONI POSSONO ESSERE ESEGUITE UTILIZZANDO IL FOGLIO DI CALCOLO MESSO A PUNTO E RESO DISPONIBILE DAL C.S.LL.PP. DENOMINATO "SPETTRI". Si tenga conto che le coordinate devono essere espresse in gradi sessadecimali, riferite al meridiano di Greenwich e nel sistema ED50.

INTRO

D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

Spettri di risposta

ver. 1.0.3

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

12,45690

LATITUDINE

41,90210

Ricerca per comune

REGIONE

Lazio

PROVINCIA

Roma

COMUNE

Roma

Elaborazioni grafiche

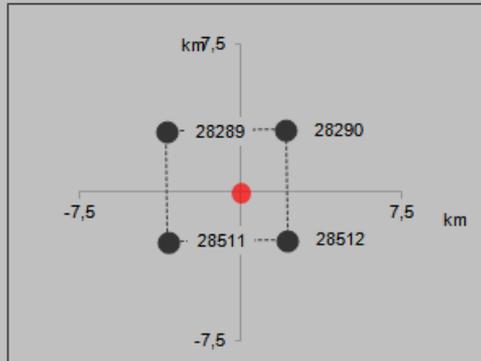
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N

info



Coefficiente d'uso della costruzione - c_U

info



Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R

info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R

info

Stati limite di esercizio - SLE { SLO - $P_{VR} = 81\%$

{ SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU { SLV - $P_{VR} = 10\%$

{ SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

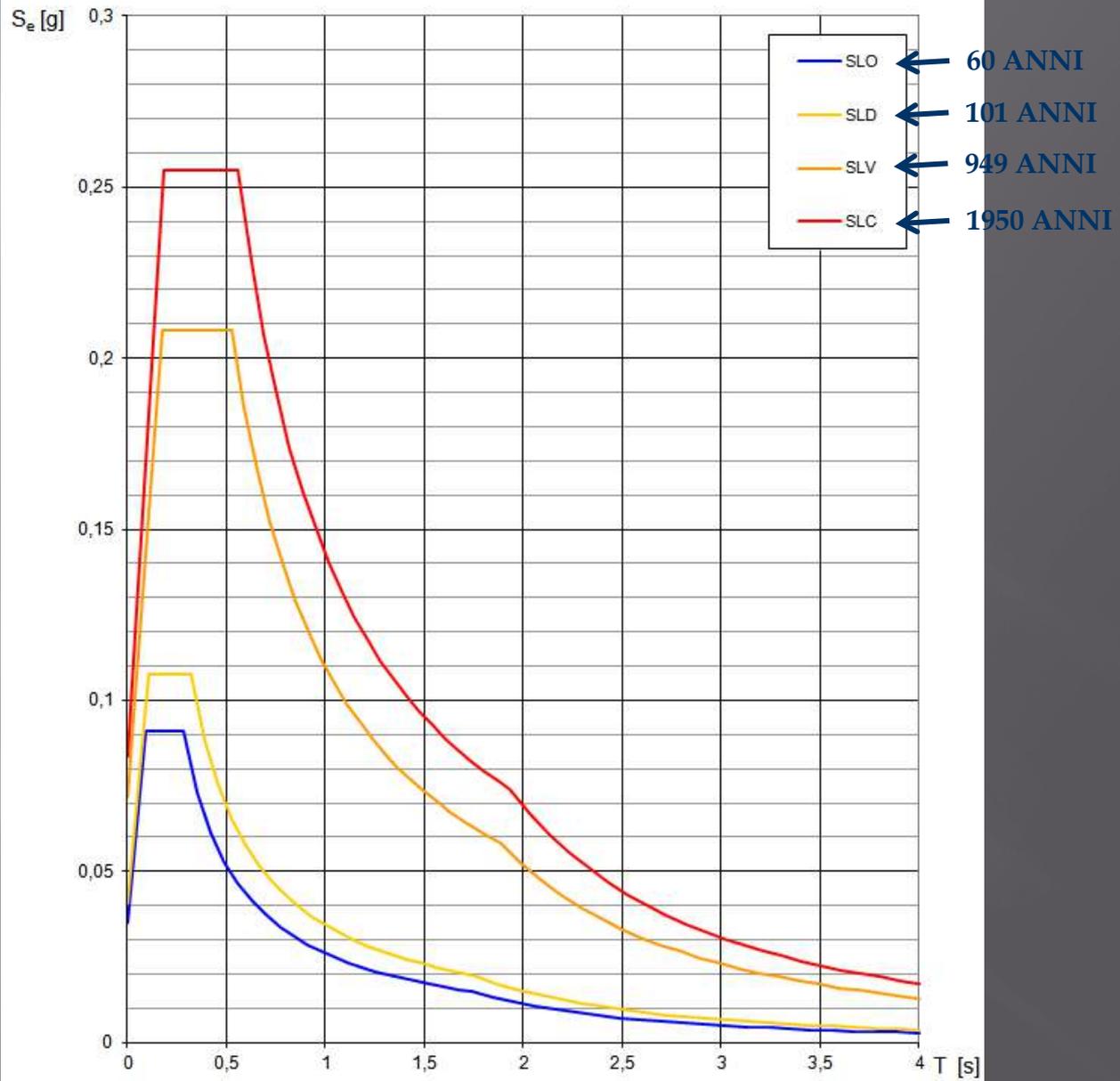
INTRO

FASE 1

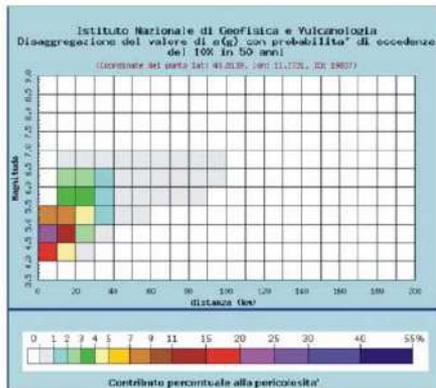
FASE 2

FASE 3

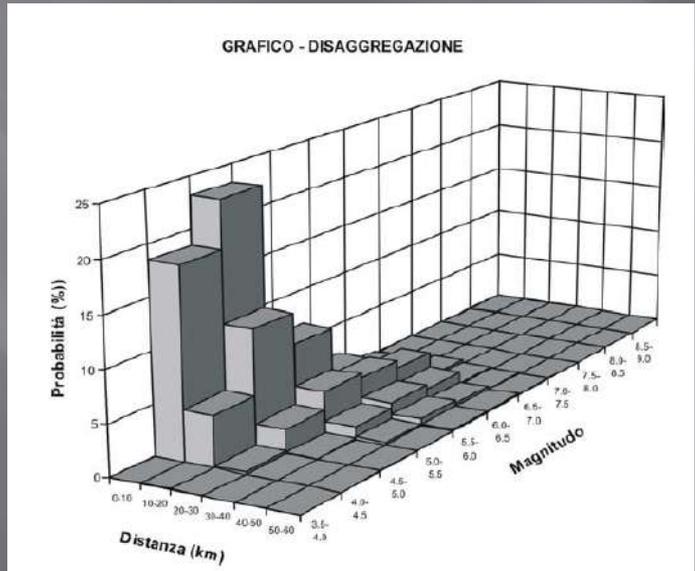
Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



L'estrazione degli accelerogrammi di input prevede la determinazione di altri parametri sismologici, oltre il valore di a_g . In particolare, bisognerà conoscere per il sito in esame i dati di **disaggregazione** (variabilità in termini di magnitudo e distanza), desumibili ad esempio dalla pagina del sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano <http://esse1-gis.mi.ingv.it> dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale.



Distanza in Km	Disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.8129, lon: 11.2721, ID: 17427)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	18.500	33.200	7.130	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.990	11.400	0.230	0.440	2.490	0.288	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.171	2.230	4.870	3.160	2.970	0.479	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.038	0.054	1.870	1.790	1.450	0.251	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.009	0.000	0.480	0.671	0.204	0.492	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.035	0.148	0.187	0.634	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.061	0.615	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-99	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-119	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-129	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-139	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-149	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-159	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-169	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-179	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-189	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



REXEL (ReLUIS di Napoli)

Banche dati: ITACA e ESD

REXEL v 3.2 (beta)

File Database Output About References

REXEL v 3.2 (beta)

Computer aided code-based real record selection for seismic analysis of structures
 (c) Iunio Iervolino, Carmine Galasso and Eugenio Chioccarelli, 2008-2011
 Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Naples, Italy.

The interface is divided into several numbered sections:

- 1. Target Spectrum**: Includes dropdown for 'Italian Building Code 2008', input fields for Longitude (14.191) and Latitude (40.829), a 'Map' button, dropdowns for Site class (A), Topographic category (T1), Nominal life (50 years), and Functional type (II). A 'horizontal' checkbox is checked. A 'Build code spectrum' button is present.
- 2. Preliminary database search**: Includes 'Based on' dropdown (M and R), 'M minimum' (4), 'M maximum' (7), 'R minimum [km]' (0), and 'R maximum [km]' (30). It shows search results: 'records: 2x 207' and 'events: 115'. A 'Check database' button is at the bottom.
- 3. Spectrum matching**: A graph titled 'Acceleration elastic response spectrum' showing 'Target Spectrum' (solid blue), 'Lower Tolerance' (dashed black), 'Upper Tolerance' (dotted black), and 'Range of periods' (dashed red). The x-axis is 'T [s]' (0 to 4) and the y-axis is 'Sa(T) [g]' (0 to 0.7). A 'Plot spectral bounds' button is below the graph.
- 4. Analysis options**: Includes 'Scaled records' (checked), 'I'm feeling lucky' (unchecked), and 'Set size' options: 'Individual record', '7 records' (selected), and '30 records'. Buttons for '1 component', '2 components', and '3 components' are shown.
- 5. Spectrum matching parameters**: A dashed box highlights 'Lower tolerance [%]' (10), 'Upper tolerance [%]' (10), 'T1 [s]' (0.10), and 'T2 [s]' (2).
- 6. Analysis options parameters**: A dashed box highlights the 'Set size' options.

Buttons at the bottom include 'NEW SEARCH' and 'EXIT'.

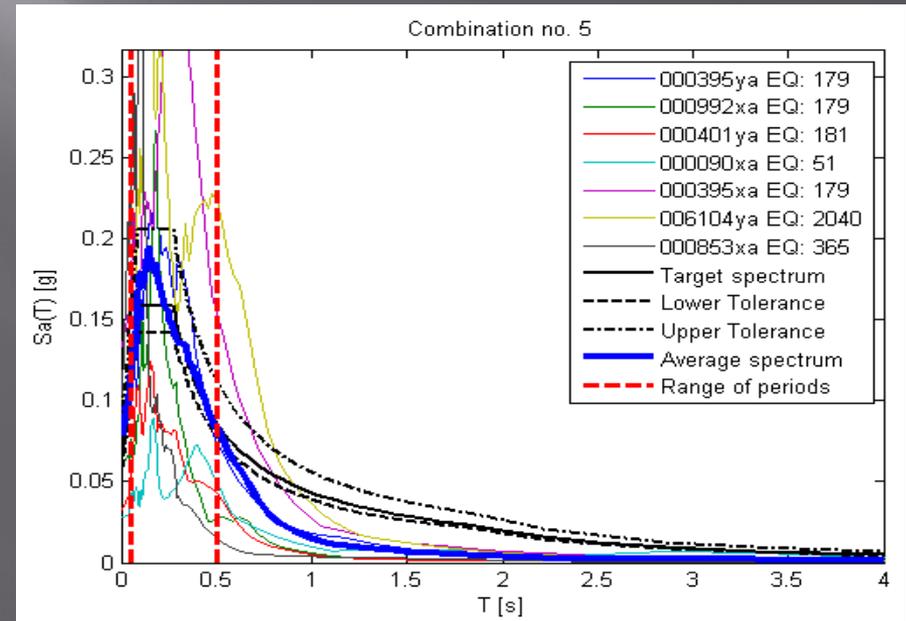
SE SIETE FORTUNATI

Si estraggono 5 combinazioni composte da 7 accelerogrammi ciascuna. Tra queste si sceglie la combinazione con il valore più basso di standard deviation e con i meccanismi focali più simili alla sorgente sismica che si ipotizza per il progetto in studio.

PGA - Input [m
Lower limit [%]: 10
Upper limit [%]: 30
Tolerance [%]: 0
Non-dimensional :

ncomb	Recdev_med	Recdev_1	Recdev_2	Recdev_3	Recdev_4	Recdev_5	Recdev_6	Recdev_7
1	0.136	0.217	0.392	0.400	0.439	0.819	0.842	0.877
2	0.136	0.217	0.392	0.418	0.439	0.819	0.842	0.877
3	0.111	0.217	0.392	0.439	0.557	0.819	0.842	0.877
4	0.101	0.217	0.392	0.439	0.568	0.819	0.842	0.877
5	0.094	0.217	0.392	0.439	0.653	0.819	0.842	0.877
-1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Dopo un adeguato trattamento del formato dei dati ed avendo avuto cura di trasformare i dati da m/s^2 in g_{nat} , abbiamo a disposizione il materiale da dare in pasto al software di simulazione dello scuotimento.



- Home
- About
- Waveforms
- Events
- Stations
- Witnesses
- Products
- Tools
- Documents
- News

Target spectrum Preliminary search Spectrum matching Refine search

Target
MTC18 - Italian building code (I.M. 2018)

Spectrum type
Type 1 - Higher level of seismicity

Latitude [°] 43.341996 Longitude [°] 13.42332 σ_g [a] 0.15

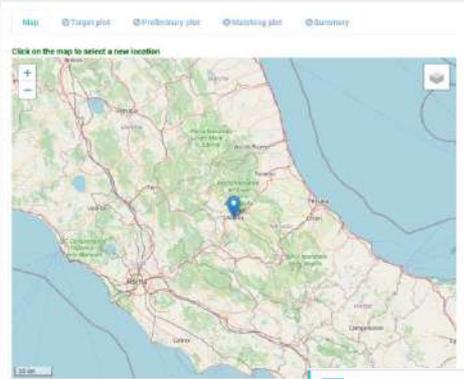
Soil type Topography
A T1 - flat surfaces, isolated of rts

Seismal life Functional type Limit state
50 years - ordinary structures IV SCD (B1%)

Probability of exceedance Aggregation level
30% in 50 years (73 years) mean

Next

New search



REXEL web

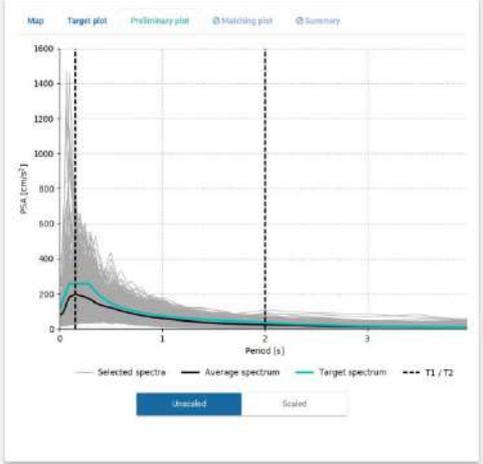
Target spectrum Preliminary search Spectrum matching Refine search

Lower tolerance [N] 30 Upper tolerance [N] 30 T1 [s] 0.150000 T2 [s] 2.000000

Additional tolerance [N] 0 Set size 7 Number of combinations 1

Dimensional flag Check on PGA Maximum average scale-factor 5

Next



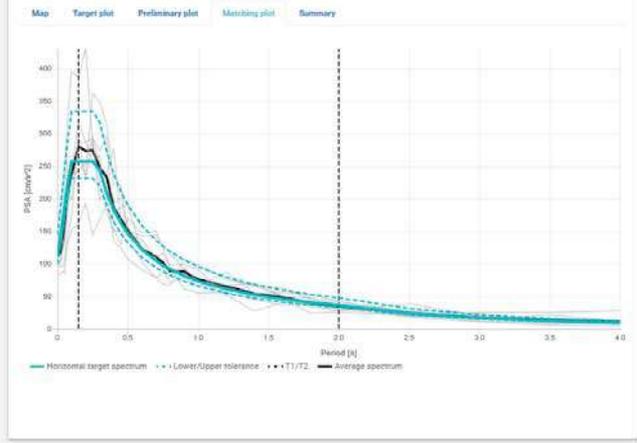
Target spectrum Preliminary search Spectrum matching Refine search

Stations
Exclude from results

Events
Exclude from results

Waveforms
Exclude from results

New search

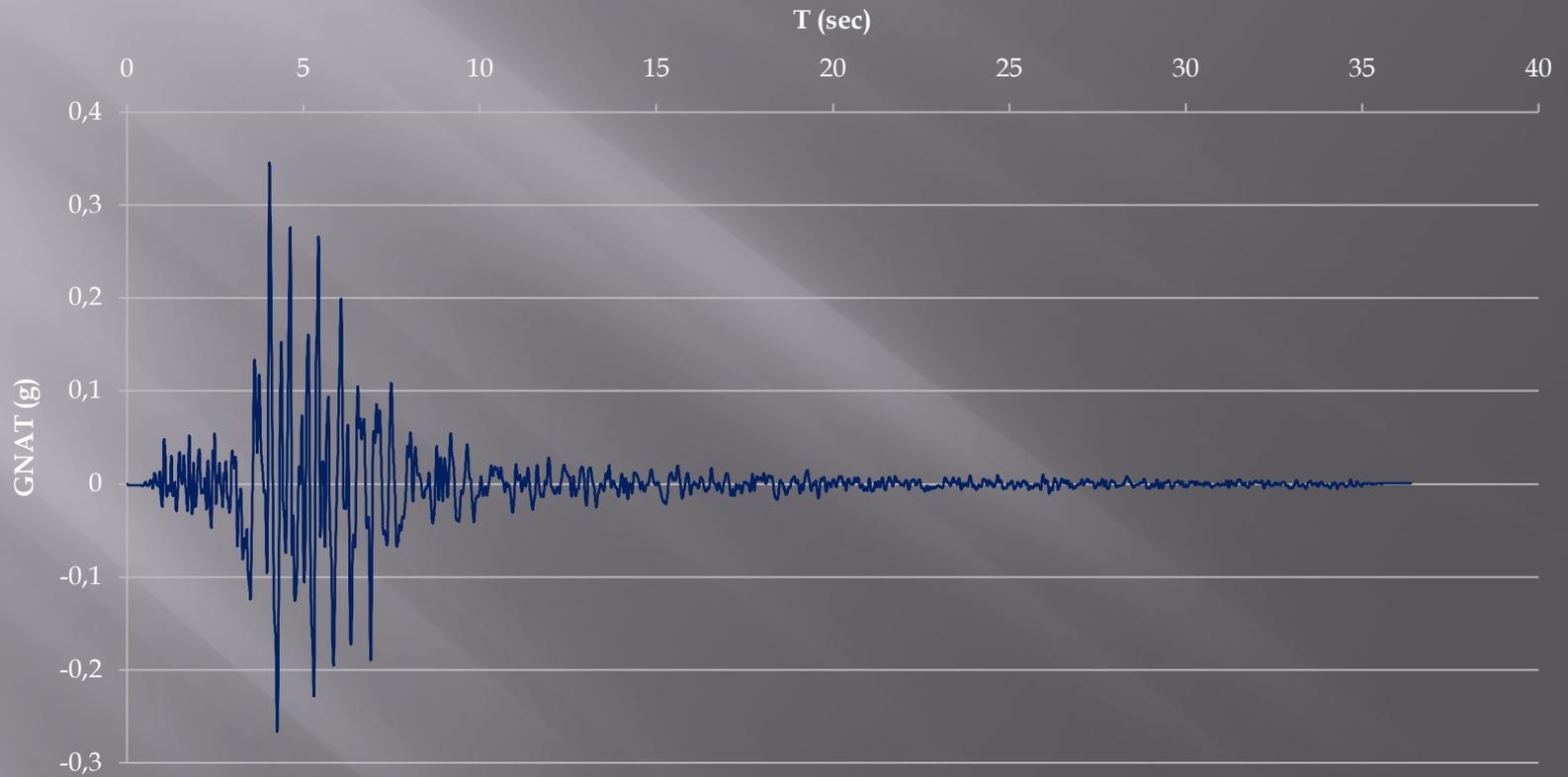


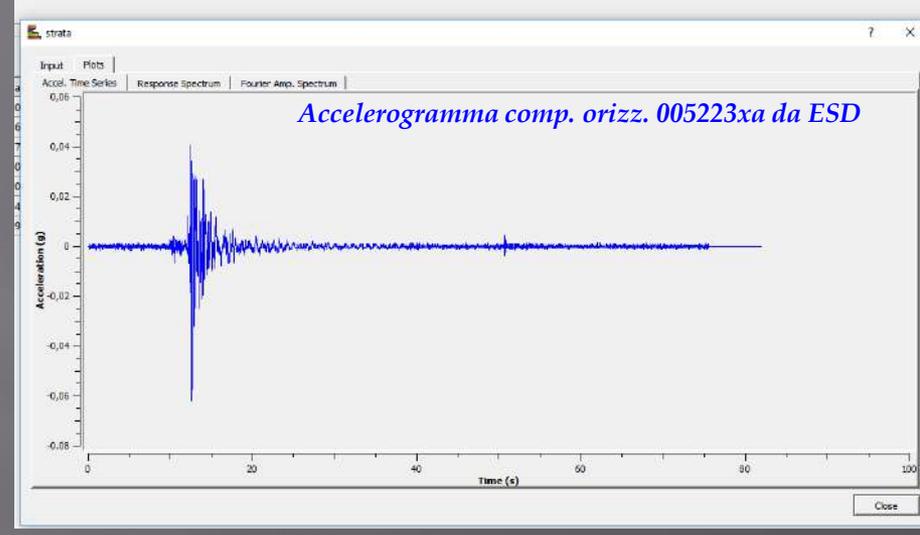
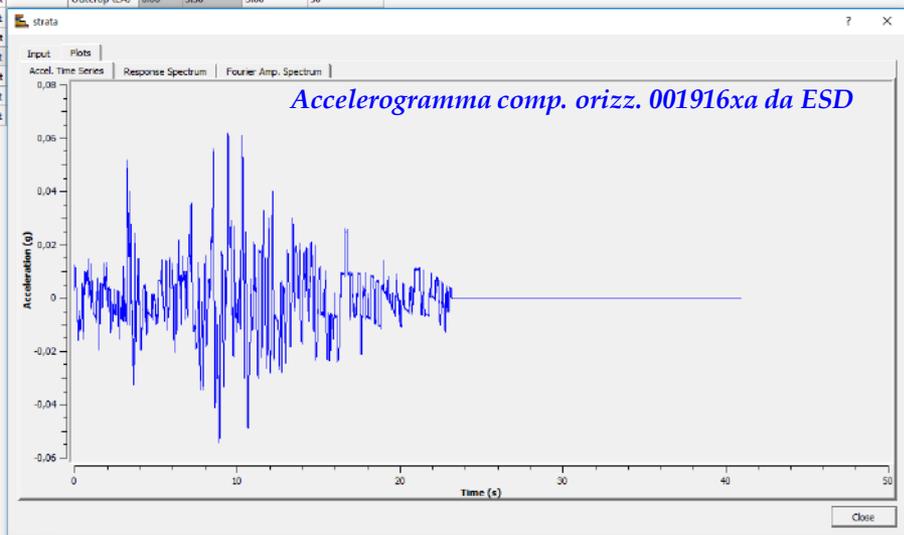
Selected waveforms: 7
Current combination: 1 (Station: 0.254)

Download sets Download PDFs

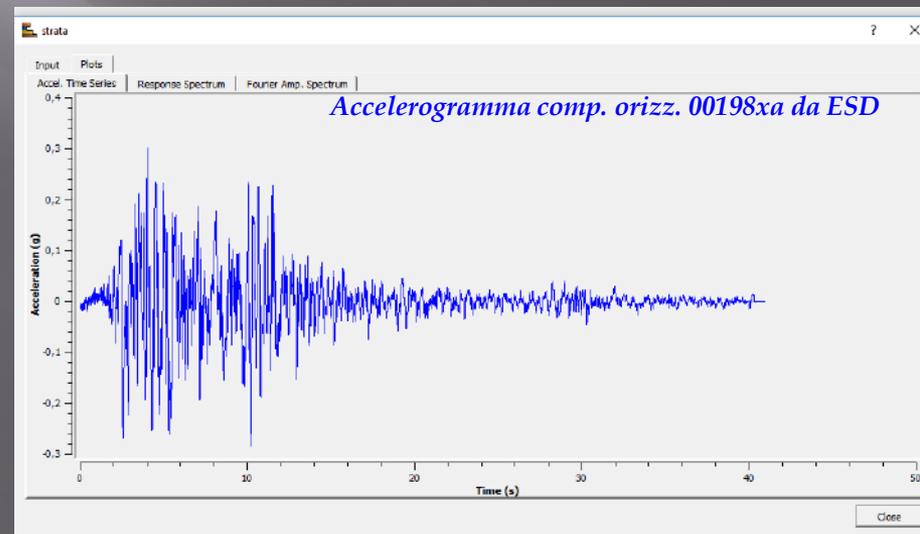
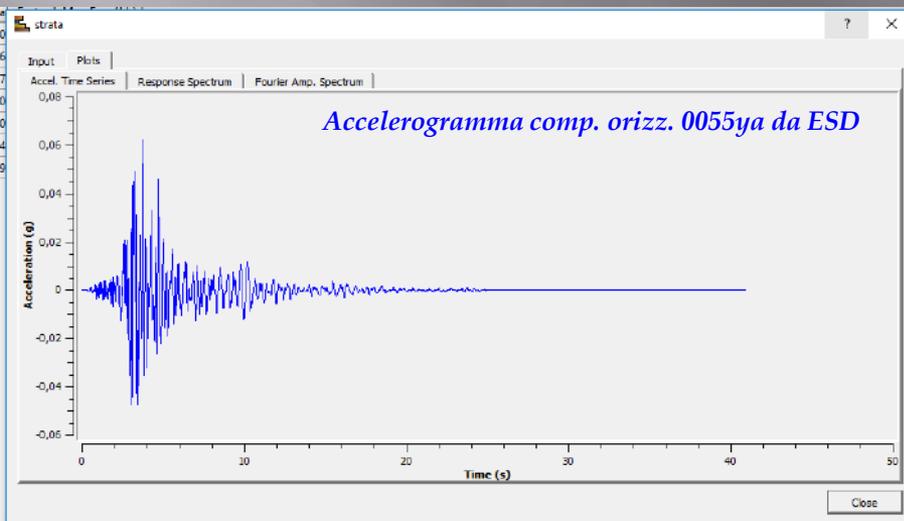
Combination #	Waveform ID #	ESM ID #	Network #	Station code #	Seism ID #	Instrument code #	Orientation #	M _w	M _L	M ₀ #	Style of faulting #	Epentral distance [km]	EQC code #	V ₃₀₀ [m/s]	Score #	Scale Factor #
1	TV T1241_HNEMSC20181026_0000029	EMSC-20181026_0000029	HN	T1241		HN	E	3.3	6.8		Normal faulting	25.3	B		0.232	0.1000
1	TVCA505_HN172012-0011	(72012-0011)	TV	CA505		HN	E		5.0		Thrust faulting	27.6	C		0.207	0.1000
1	ITCRP02_HN172012-0011	(72012-0011)	IT	CRP	00	HN	N		6.0		Thrust faulting	16.8	C		0.230	0.1000
1	ITP02_00_HNEMSC20181026_0000029	EMSC-20181026_0000029	IT	P02	00	HN	E	5.5	4.6		Normal faulting	35.7	B		0.258	0.1000
1	SM VCS503_HN172005-0013	(52005-0013)	SM	V03	00	HN	E		5.5			20.9	B		2.021	2.1000
1	HL_AFNAC02_HN1909-0001	(91909-0001)	HL	AFNA	00	HN	E	5.8	5.0		Normal faulting	21.8	B	253	3.0102	3.1000
1	HN T1201_HNEMSC20181026_0000030	EMSC-20181026_0000030	HN	T1201		HN	E	3.6	5.9		Normal faulting	30.2	B		0.196	0.1000

Accelerogramma comp. orizz. IT0014xa da ITACA





Importanza morfologia accelerogrammi



La procedura per gli studi di RSL

Lo studio di RSL passa attraverso 5 steps fondamentali

**A - Implementazione del modello geologico
(indagini geologiche e geognostiche)**

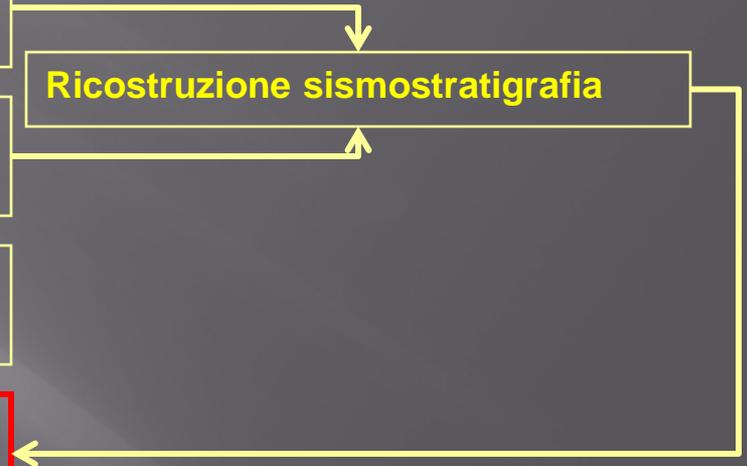
**B - Implementazione del modello geofisico
(indagini geofisiche)**

C - Definizione dell'input sismico (ricerca ed estrazione accelerogrammi)

D - Simulazione numerica con software specialistico

E - Confronto degli spettri di RSL con gli spettri di norma da NTC'08 ed indicazioni per lo strutturista

Ricostruzione sismostratigrafia



D – Simulazione numerica con software specialistico

Definito l'input in termini di eventi sismici da sottoporre alla simulazione, si devono determinare le caratteristiche sismostratigrafiche del volume di terreno indagato ed oggetto della possibile amplificazione.

Qualsiasi software di simulazione si scelga di utilizzare, sarà sempre necessario procedere all'inserimento (con modalità e formati differenti tra software e software) della colonna sismostratigrafica, ricostruita attraverso le campagne di indagini condotte come descritto in precedenza.

Va sempre verificata la condizione di stratificazione piano-parallela, almeno in un intorno significativo del sito di progetto, al fine di considerare applicabile una analisi monodimensionale.

D – Simulazione numerica con software specialistico

<i>Unità</i>	<i>Profondità</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Peso di volume</i>	<i>V_s</i>
<i>Primo livello</i>	0 ÷ 3 m dal p.c.	Depositi fluvio-lacustri	17 kN/m ³	303 m/s
<i>Secondo livello</i>	3 ÷ 10 m dal p.c.	Sabbie continentali molto addensate	21 kN/m ³	694 m/s
<i>Terzo livello</i>	10 ÷ 16 m dal p.c.	Sabbie litorali in falda da poco a mediamente addensate	19 kN/m ³	404 m/s
<i>Quarto livello a)</i>	16 ÷ 21 m dal p.c.	Depositi limoso-argillosi	19,5 kN/m ³	370 m/s
<i>Quarto livello b)</i>	21 ÷ 23 m dal p.c.	Depositi limoso-sabbiosi	18,5 kN/m ³	402 m/s
<i>Quarto livello c)</i>	23 ÷ 29 m dal p.c.	Depositi limoso-argillosi	19,5 kN/m ³	458 m/s
<i>Quinto livello</i>	29 ÷ 35 m dal p.c.	Sabbie marine	20 kN/m ³	400 m/s
<i>Sesto livello</i>	35 ÷ 45 m dal p.c.	Limi argillosi pleistocenici	21 kN/m ³	450 m/s
<i>Settimo livello</i>	45 ÷ 75 m dal p.c.	Argille grigie calabriane	21,5 kN/m ³	500 m/s
<i>BEDROCK SISMICO</i>	> 75 metri dal p.c.	Argille grigio-azzurre mioplioceniche	23 kN/m ³	800 m/s

Tabella 5: sintesi della sismostratigrafia adottata.

D – Simulazione numerica con software specialistico

Unità	Profondità	Descrizione	Peso di volume	Vs
Primo livello	0 ÷ 3 m dal p.c.	Sabbia sciolta	16 kN/m ³	185 m/s
Secondo livello	3 ÷ 8 m dal p.c.	Sabbia mediamente addensata	17,5 kN/m ³	378 m/s
Terzo livello	8 ÷ 11 m dal p.c.	Piroclastite addensata	18,5 kN/m ³	521 m/s
Quarto livello	11 ÷ 18 m dal p.c.	Piroclastite litoide	19,5 kN/m ³	898 m/s
Quinto livello	18 ÷ 40 m dal p.c.	Piroclastite addensata	18,5 kN/m ³	500 m/s
Sesto livello	40 ÷ 70 m dal p.c.	Argille plioceniche	21 kN/m ³	650 m/s
BEDROCK SISMICO	70 metri dal p. c.	Argille plioceniche	21 kN/m ³	800 m/s

Tabella 5: sintesi della sismostratigrafia adottata.

D – Simulazione numerica con software specialistico

ESISTONO MOLTI SOFTWARE CHE SIMULANO LO SCUOTIMENTO SISMICO PER ANALISI MONODIMENSIONALI. LA MAGGIOR PARTE DI ESSI UTILIZZANO LO STESSO ALGORITMO DI BASE, DIFFERENDO SOLO PER L'INTERFACCIA GRAFICA, LA FACILITA' DI INPUT ED I PRODOTTI DI OUTPUT. L'ANTESIGNANO E' **SHAKE**, CHE RISOLVE LE EQUAZIONI DEL MOTO NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE E TIENE CONTO DEL COMPORTAMENTO NON LINEARE DEL TERRENO REALE MEDIANTE UN PROCEDIMENTO LINEARE EQUIVALENTE.

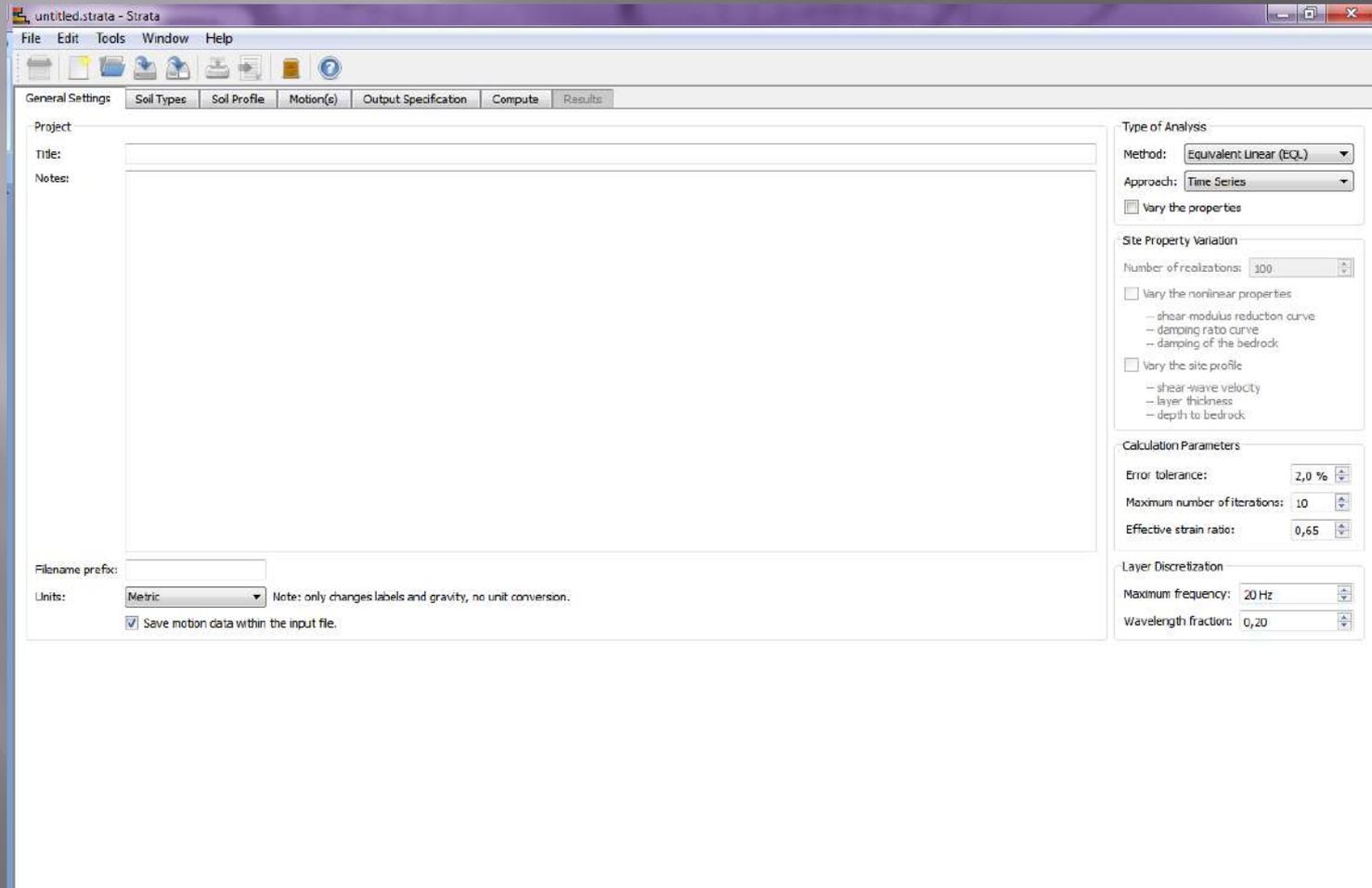
Geometria	Codice di calcolo (riferimento)	Tipo di analisi		Ambiente operativo
1-D	SHAKE (Schnabel et al., 1972) SHAKE91 (Idriss & Sun, 1992)* PROSHAKE (EduPro Civil System, 1999) SHAKE2000 (www.shake2000.com) EERA (Bardet et al., 2000) NERA (Bardet & Tobita, 2001) DEEPSOIL (Hashash e Park, 2001)	TT	LE	DOS
	DESRA_2 (Lee & Finn, 1978) DESRAMOD (Vucetic, 1986) D-MOD_2 (Matasovic, 1995) SUMDES (Li et al., 1992) CYBERQUAKE (www.brgm.fr)			TE
		QUAD4 (Idriss et al., 1973) QUAD4M (Hudson et al., 1994) FLUSH (Lysmer et al., 1975) BESOIL (Sanò, 1996)	TT	
	QUAKE/W vers. 5.0 (GeoSlope, 2002)			TE
DYNAFLOW (Prevost, 2002) GEFDYN (Aubry e Modaressi, 1996) TARA-3 (Finn et al., 1986)	DOS			
FLAC vers. 6.0 (Itasca, 2008) PLAXIS vers. 8.0 (www.plaxis.nl)	Windows			

TT = Tensioni Totali; TE = Tensioni Efficaci;
LE = Lineare Equivalente; NL = Non Lineare

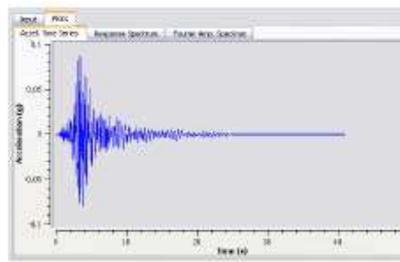
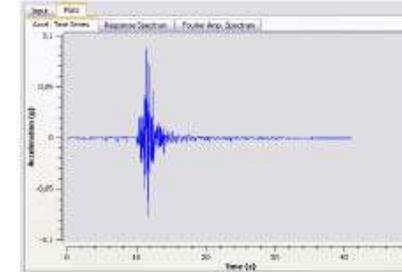
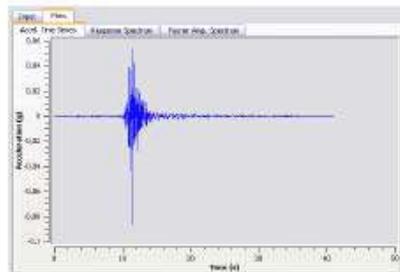
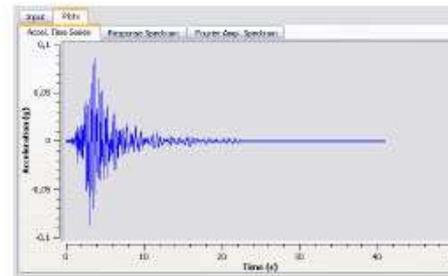
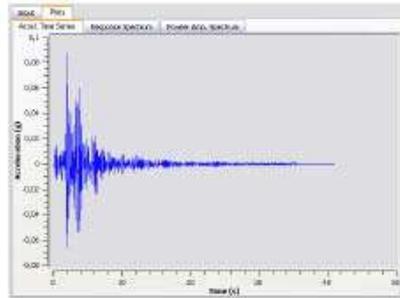
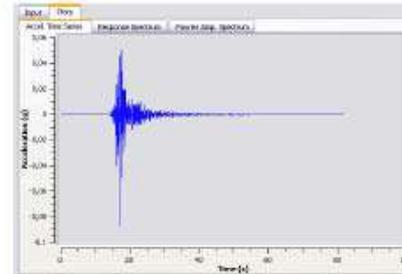
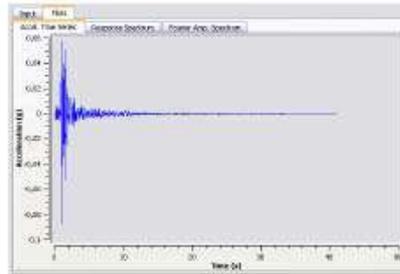
D – Simulazione numerica con software specialistico

Tra i prodotti di più comune utilizzo (e gratuito) si segnala **STRATA** (A.R. Kottke, E.M. Rathje, *University of Texas, 2008*) non riportato nella tabella della precedente slide, che discende dal gruppo di programmi derivanti da SHAKE

Forse, ad oggi, è il miglior compromesso tra completezza - potenza di calcolo - facilità di utilizzo.



D – Simulazione numerica con software specialistico



La procedura per gli studi di RSL

Lo studio di RSL passa attraverso 5 steps fondamentali

**A - Implementazione del modello geologico
(indagini geologiche e geognostiche)**

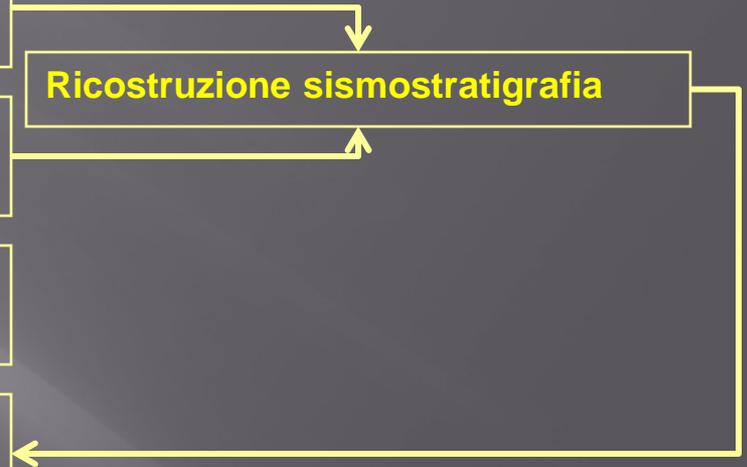
**B - Implementazione del modello geofisico
(indagini geofisiche)**

C - Definizione dell'input sismico (ricerca ed estrazione accelerogrammi)

D - Simulazione numerica con software specialistico

E - Confronto degli spettri di RSL con gli spettri di norma da NTC'08 ed indicazioni per lo strutturista

Ricostruzione sismostratigrafia



Spettro normalizzato (parametri dipendenti ed indipendenti)

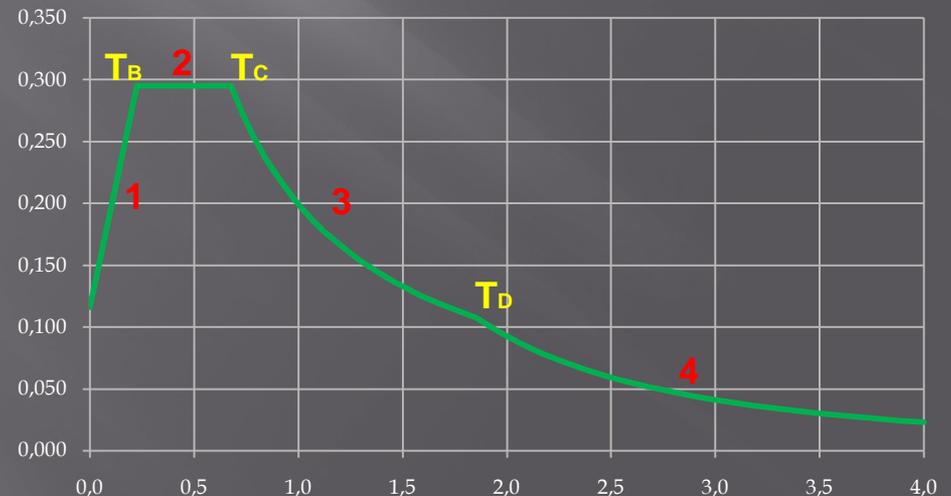
Può essere necessario per lo strutturista avere il dato di output dello spettro elastico normalizzato (caratterizzato da una forma simile a quella dell'approccio semplificato di normativa).

Questi spettri si ricavano riportando i parametri indipendenti (relativi alla localizzazione geografica del sito ed alle scelte progettuali) e calcolando i parametri dipendenti (derivanti dall'amplificazione propria del sito).

ESISTONO TRE DIFFERENTI MODALITA' DI NORMALIZZAZIONE:

- 1) Normalizzazione su spettri "lisciati";
- 2) Normalizzazione "totale";
- 3) Normalizzazione secondo ICMS.

1	$0 \leq T < T_B$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
2	$T_B \leq T < T_C$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$
3	$T_C \leq T < T_D$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$
4	$T_D \leq T$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

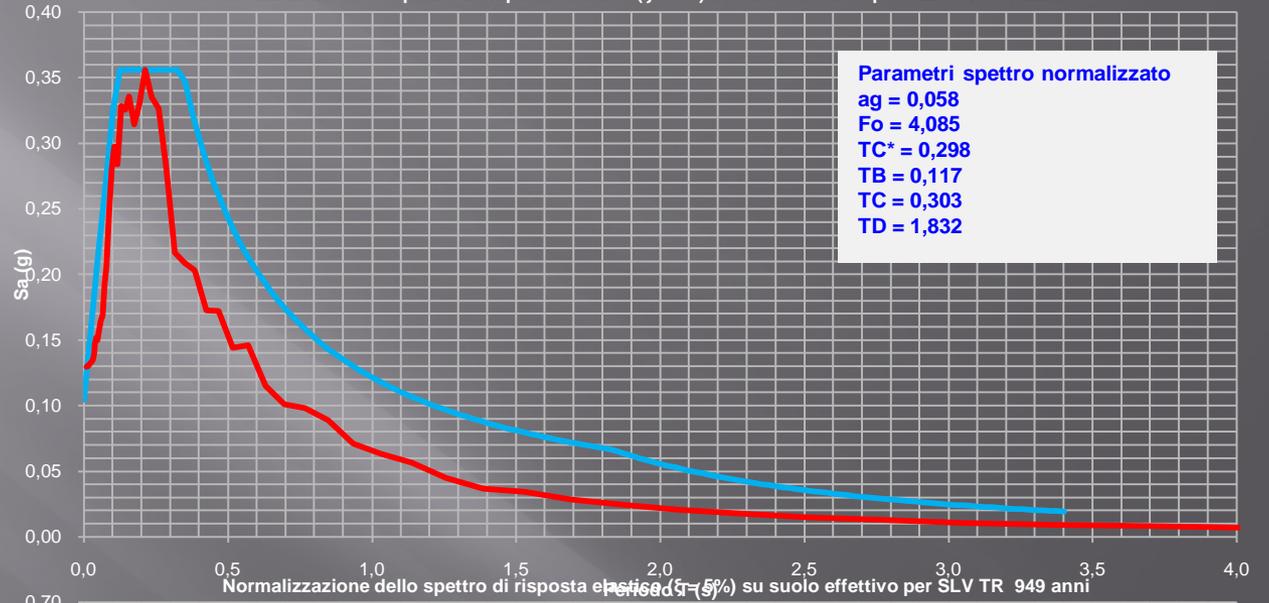


NORMALIZZAZIONE TOTALE DEGLI SPETTRI – INPUT PROGETTUALE

Parametri spettro NTC2018 Suolo C

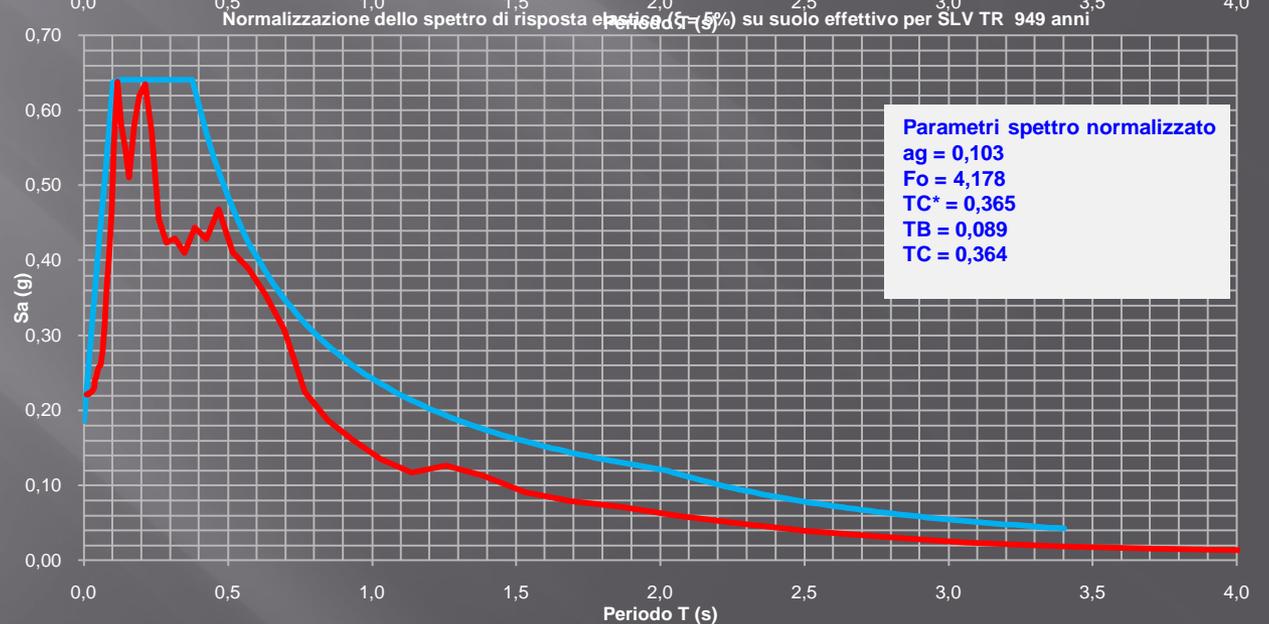
Fo = 2,602
TB = 0,155
TC = 0,466

Normalizzazione dello spettro di risposta elastico ($\xi = 5\%$) su suolo effettivo per SLD TR 101 anni



Parametri spettro NTC2018 Suolo C

Fo = 2,881
TB = 0,178
TC = 0,535

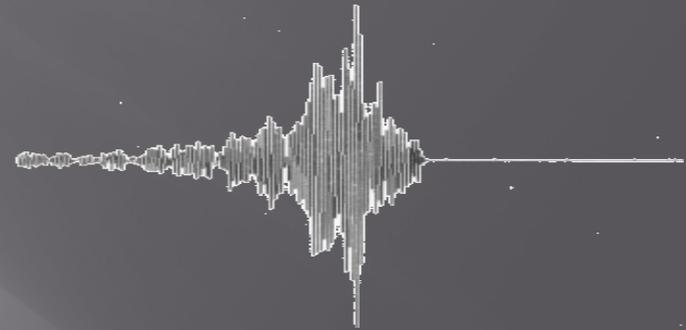
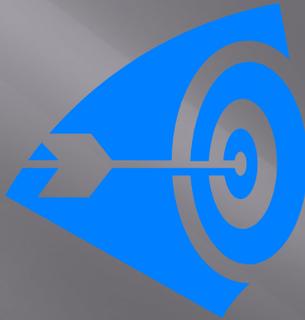
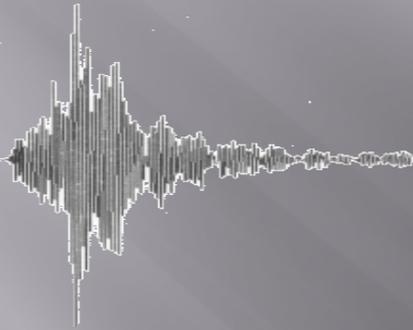


CASI DI STUDIO: 3 ESEMPI DI R.S.L.

- **Tutti gli interventi sono in Classe d'uso IV, poiché all'interno di siti industriali con attività di produzione di sostanze pericolose per l'ambiente (D.Lgs. 105/2015)**
- **Tutti i siti, nell'approccio progettuale semplificato, presenterebbero una Categoria di sottosuolo di Tipo C ai sensi delle NTC 2018**

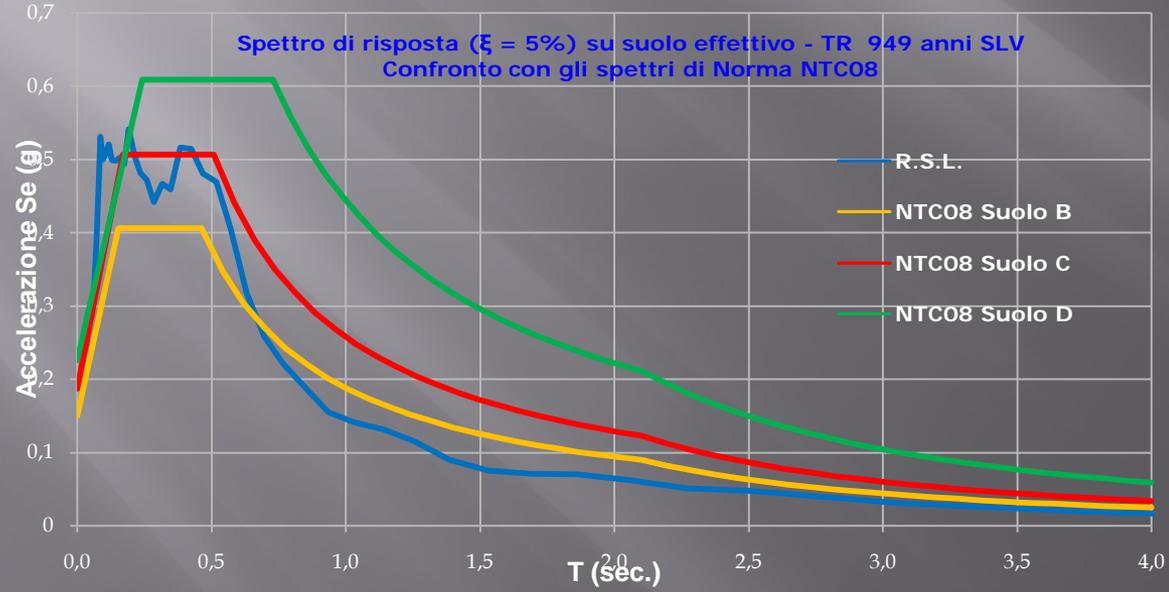
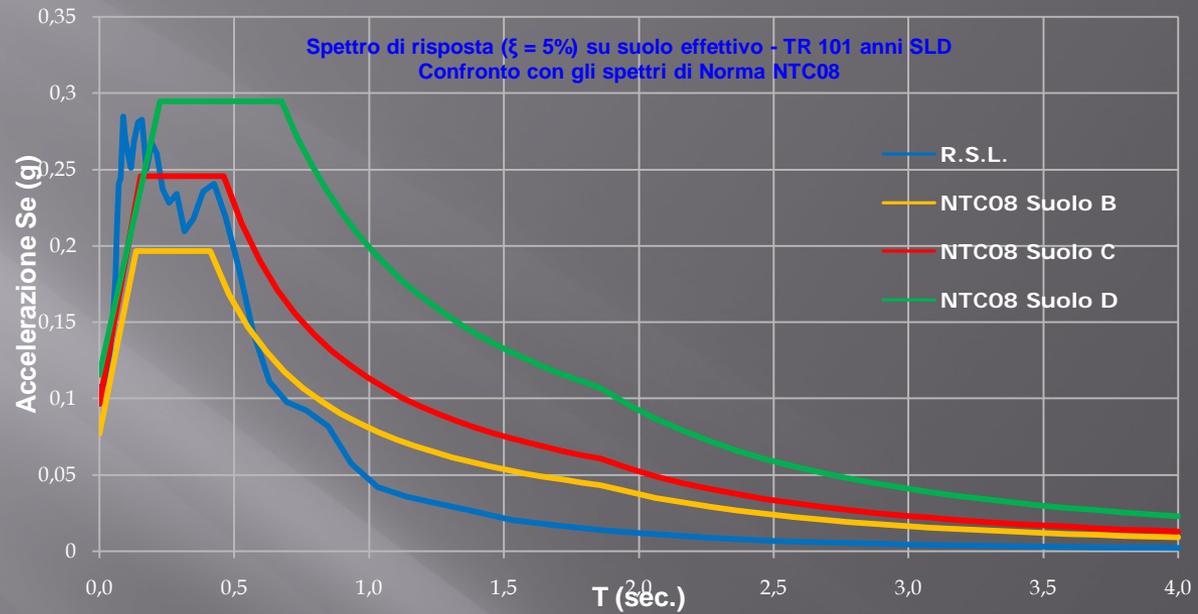


- Siamo all'interno di una unica Unità geologico-geomorfologica
- L'assetto geologico-stratigrafico regionale dell'Unità è noto
- I possibili fattori di amplificazione sismica sono unicamente stratigrafici poiché siamo in pianura
- E' applicabile un approccio 1D
- Si applica la D.G.R. 793/2020 (definizione delle strutture strategiche e rilevanti)

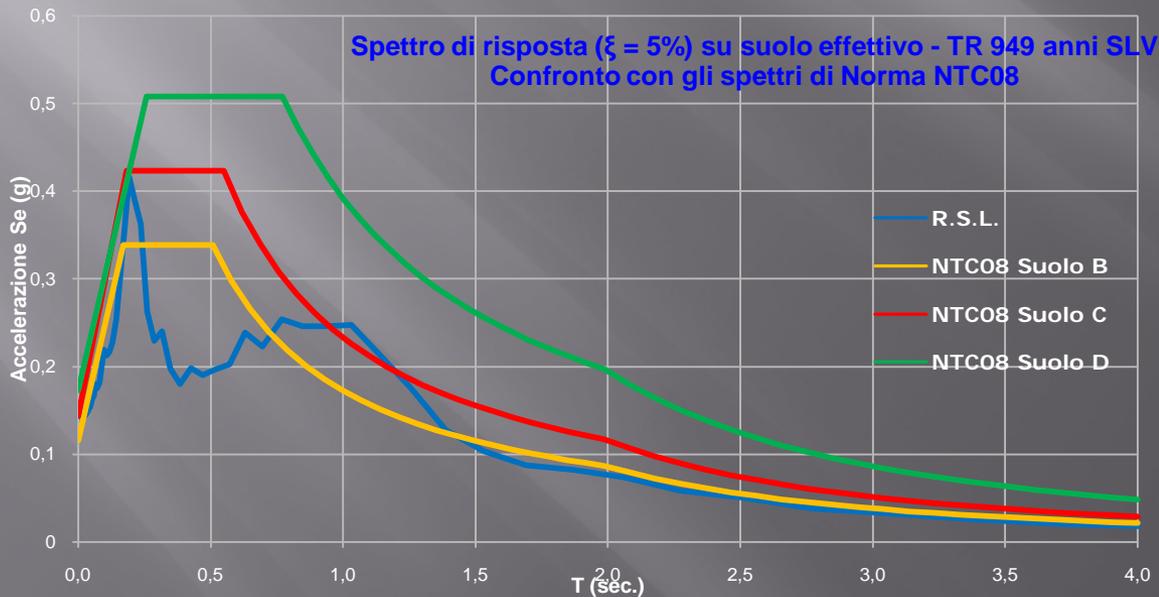
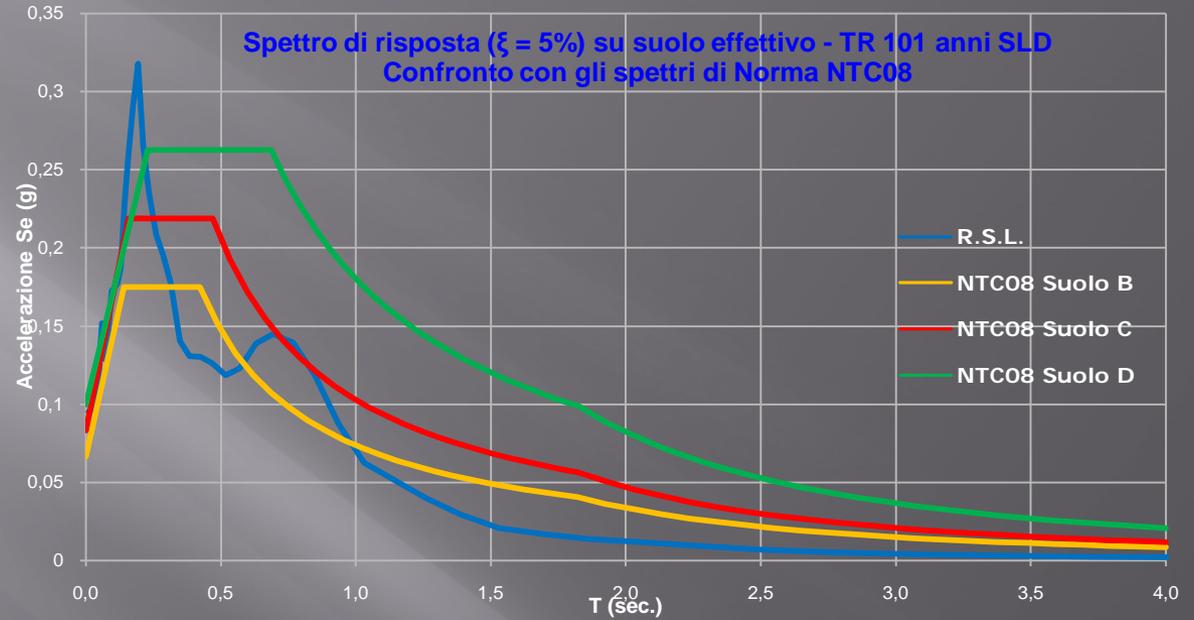


- **PUNTUALE APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA TECNICA VIGENTE**
- **CORRETTA E ACCURATA ESECUZIONE DELLE INDAGINI E DEGLI STUDI DI RSL**
- **CONSEGUENTE ED ADEGUATA PROGETTAZIONE**

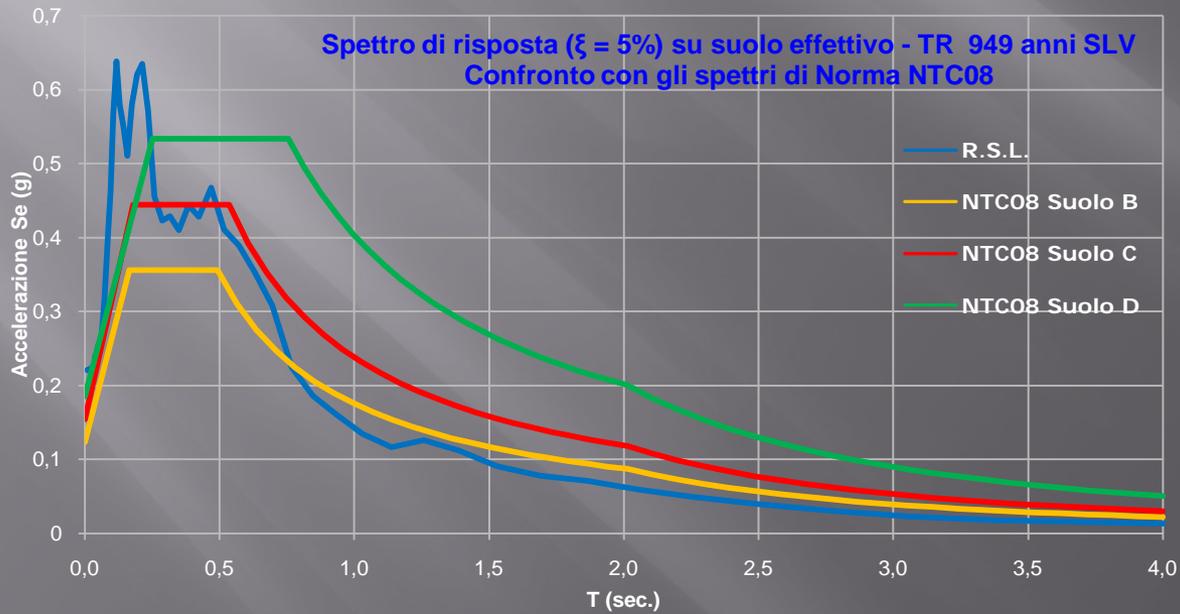
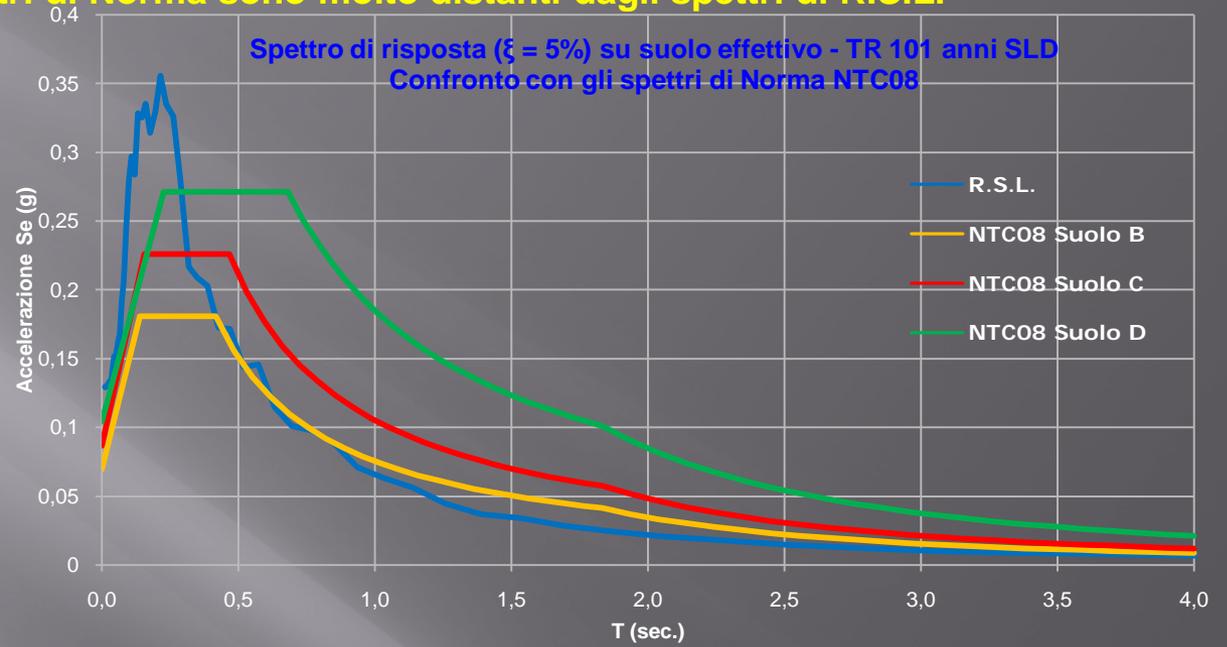
CASO 1: gli spettri di Norma rappresentano abbastanza bene gli spettri di R.S.L.



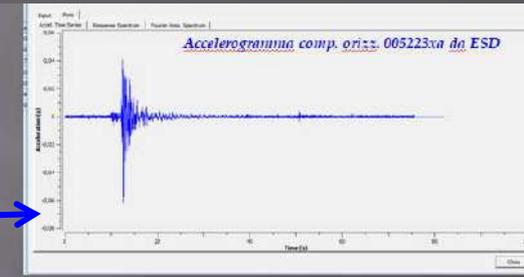
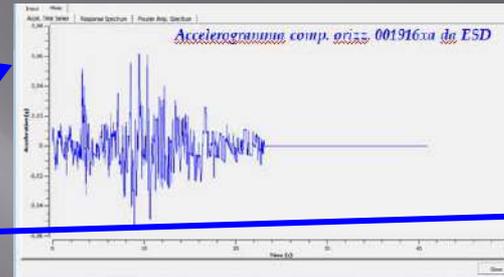
CASO 2: gli spettri di Norma rappresentano abbastanza bene lo spettro di R.S.L. per uno solo degli stati limite analizzati



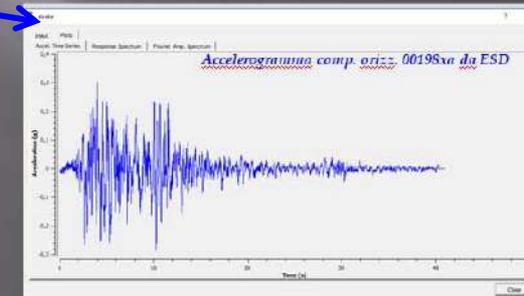
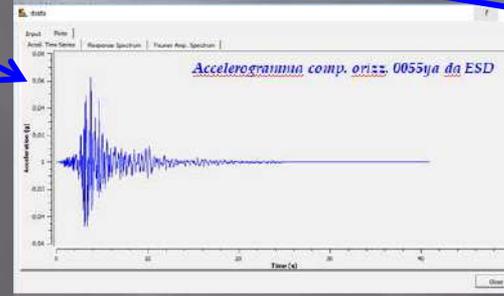
CASO 3: gli spettri di Norma sono molto distanti dagli spettri di R.S.L.



STIMA DELLA FREQUENZA CARATTERISTICA DEGLI EDIFICI CON FORMULE EMPIRICHE E CONFRONTO CON LO SPETTRO ELASTICO IN ACCELERAZIONE ESEMPIO 1 – BACK ANALYSIS - AMATRICE

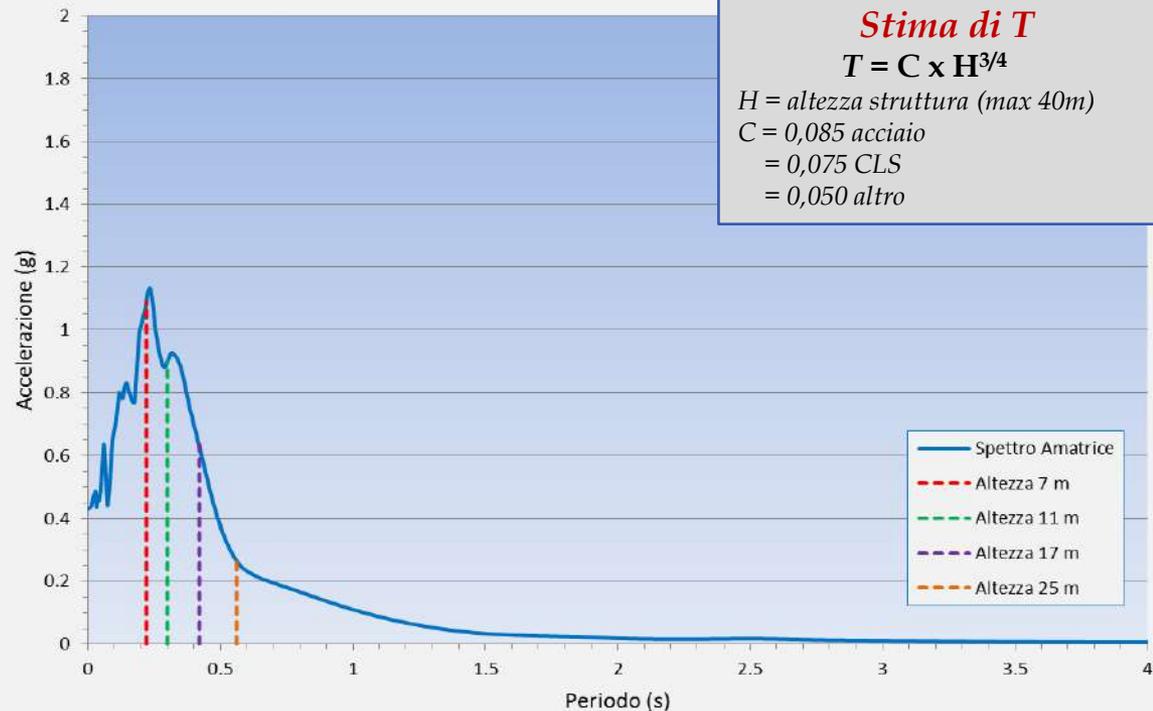


Importanza morfologia accelerogrammi



Il terremoto è selettivo, a seconda del suo contenuto spettrale colpisce di più certe strutture che altre. Ogni terremoto è diverso dagli altri

STIMA DELLA FREQUENZA CARATTERISTICA DEGLI EDIFICI CON FORMULE EMPIRICHE E CONFRONTO CON LO SPETTRO ELASTICO IN ACCELERAZIONE ESEMPIO 1 – BACK ANALYSIS - AMATRICE



Il terremoto è selettivo, a seconda del suo contenuto spettrale colpisce di più certe strutture che altre. Ogni terremoto è diverso dagli altri

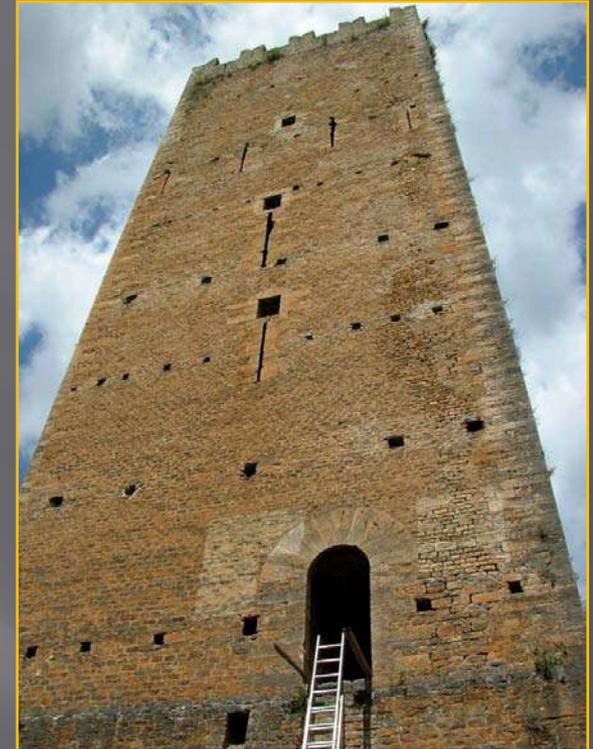
STATO DELL'ARTE

**R.S.L. + ANALISI DINAMICA
STRUTTURA**

LA TORRE DI NINFA

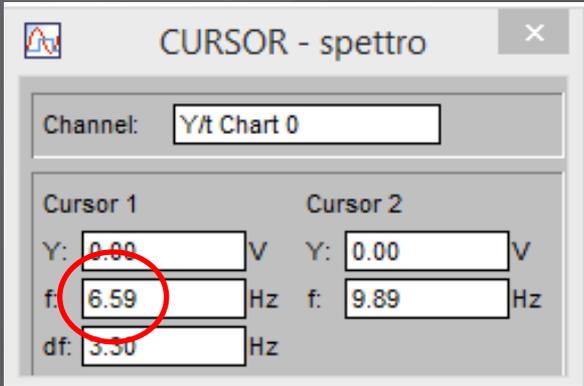
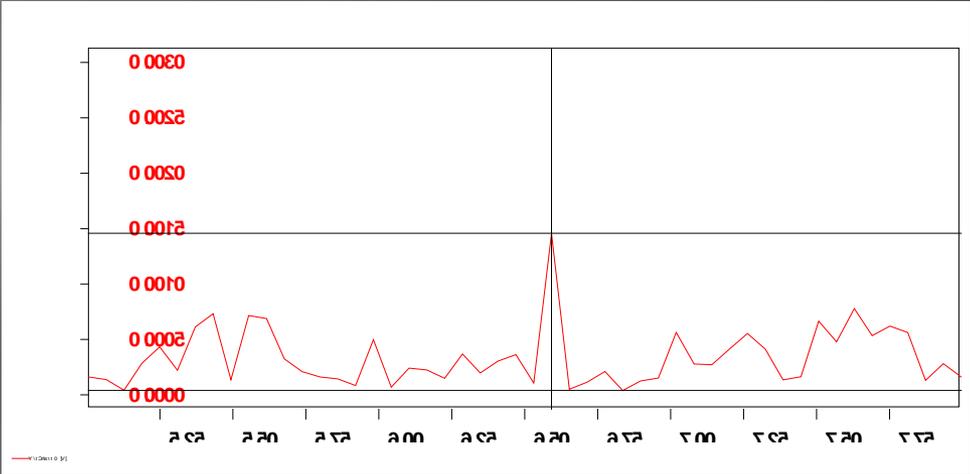


STUDIO DELLA VULNERABILITA' SISMICA DELLA TORRE DI NINFA (P. Friello – F. Aucone)



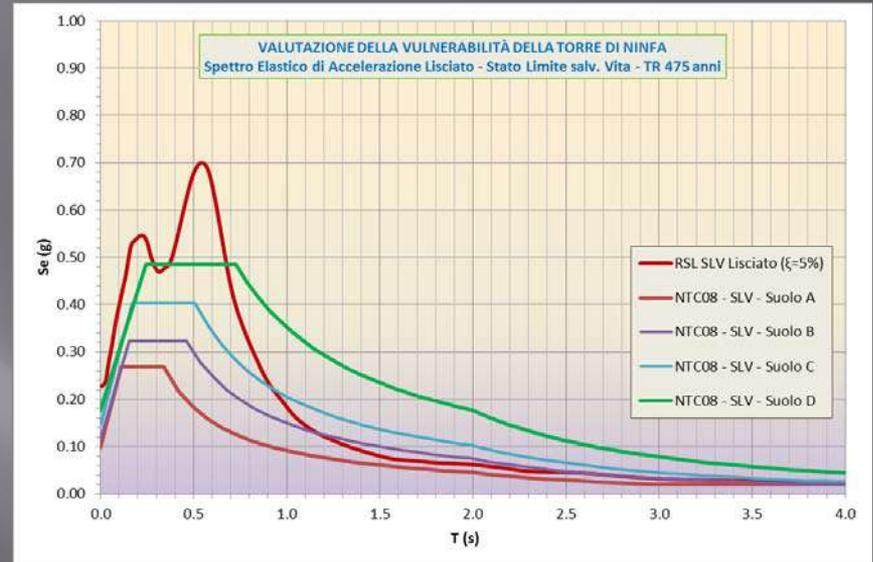
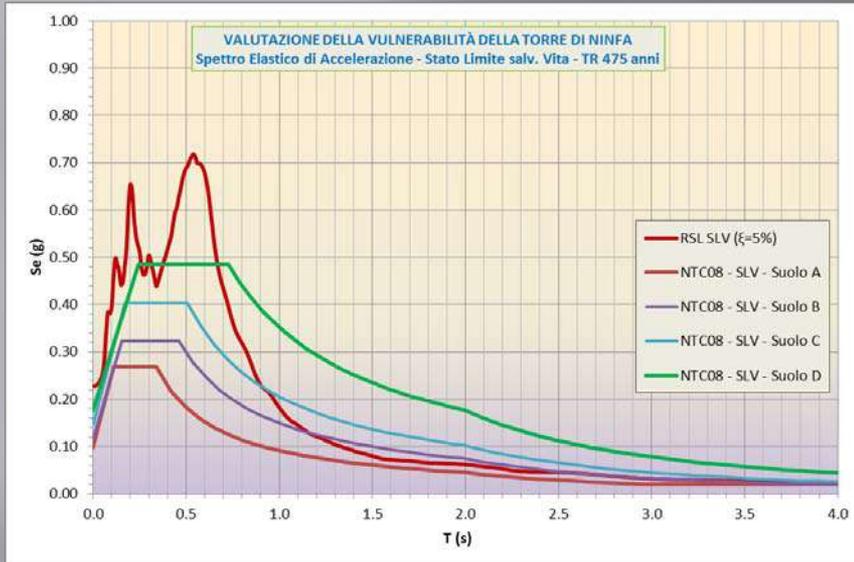
Turbina della centrale idroelettrica all'interno del Giardino: la macchina è della seconda metà dell'800, acquistata dalla Famiglia Caetani ai primi del '900, installata ed in funzione dal 1908, tuttora in funzione.

**Compie circa 400 giri/min, corrispondenti a circa 6,6 Hz
Riscontrati sulla Torre, sulle misure di sismica passiva nei dintorni della torre e direttamente con un accelerometro sulla turbina stessa**



STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Stadio Limite di salvaguardia Vita (SLV) – TR 475 anni



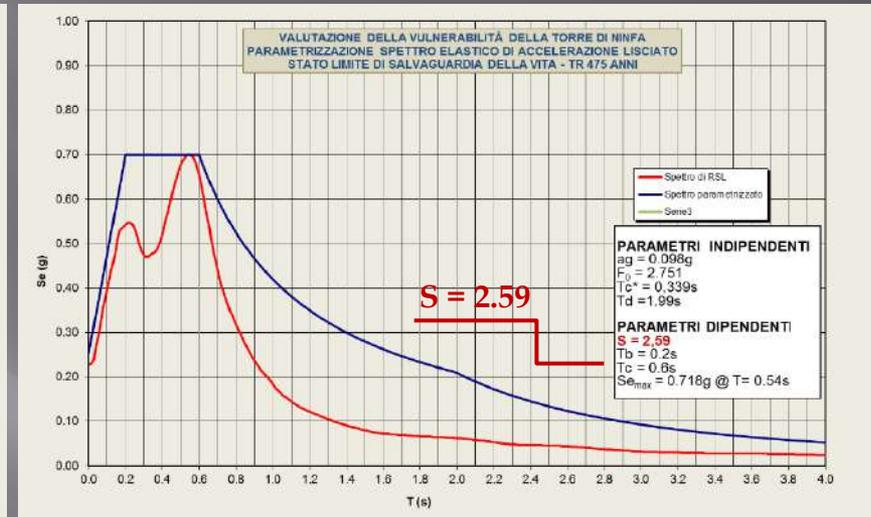
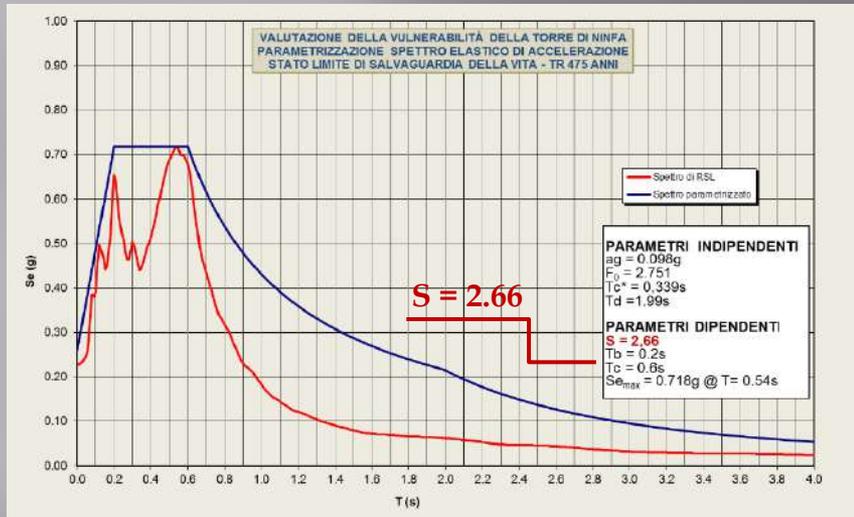
Amax =	0.654	g
PERIODO=	0.200	s
Freq=	5.000	Hz

Amax =	0.547	g
PERIODO=	0.220	s
Freq=	4.545	Hz

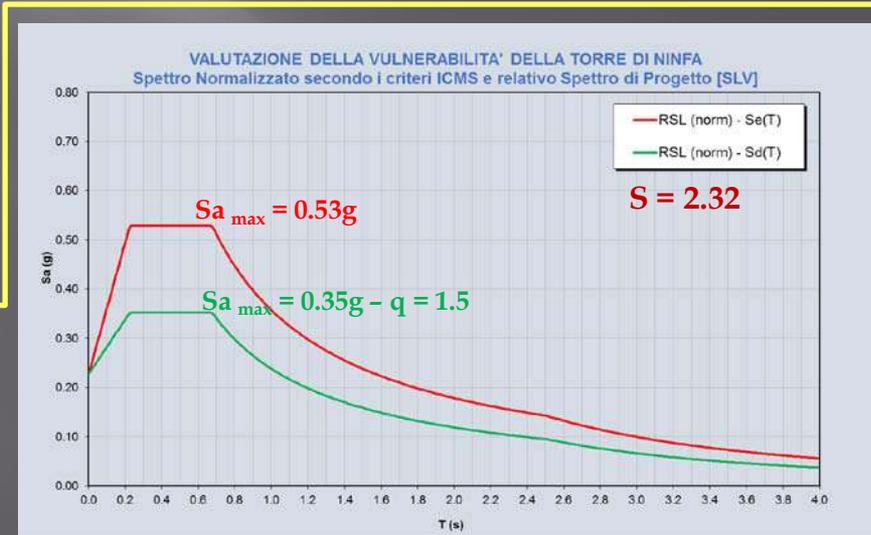
Amax =	0.718	g
PERIODO=	0.540	s
Freq=	1.852	Hz

Amax =	0.699	g
PERIODO=	0.540	s
Freq=	1.852	Hz

PARAMETRIZZAZIONE SPETTRI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE (SLV)



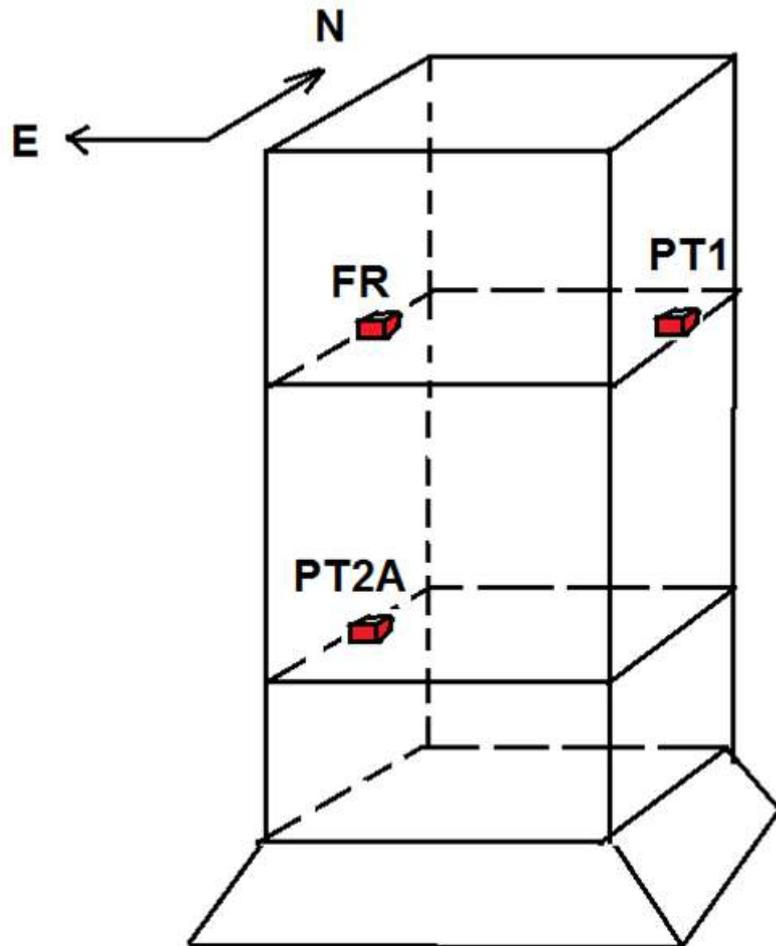
INVILUPPO TOTALE DEGLI SPETTRI



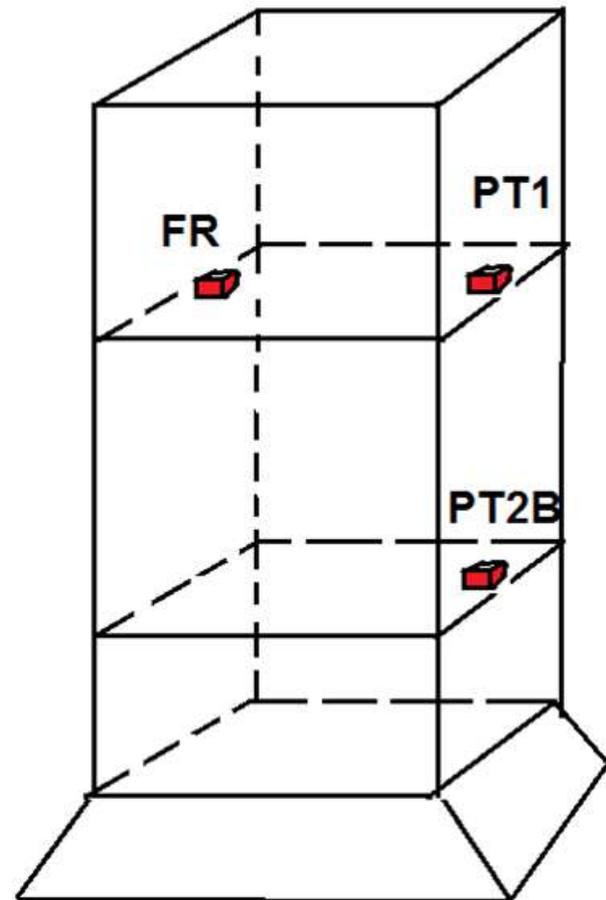
PARAMETRIZZAZIONE SECONDO
I CRITERI ICMS

MISURE E DISPOSIZIONE DEI SENSORI GEOFONICI TRIASSIALI

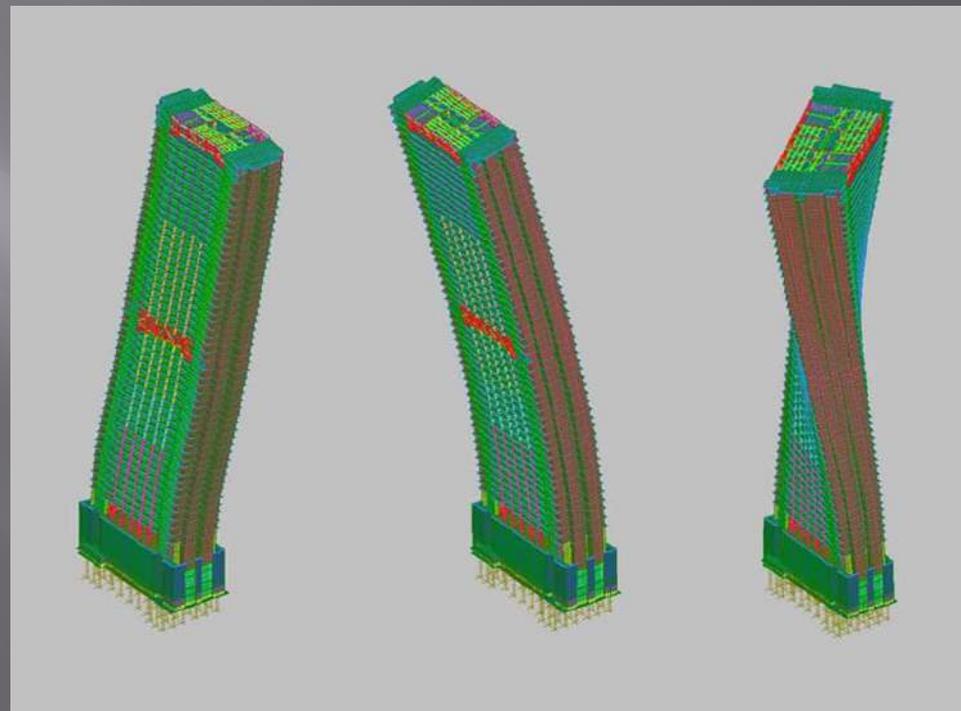
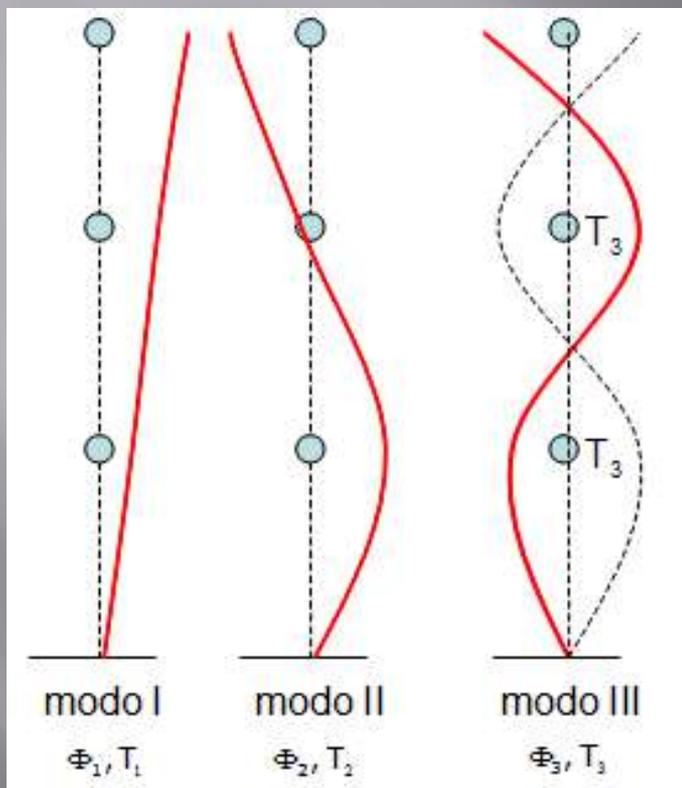
1a misura sincrona



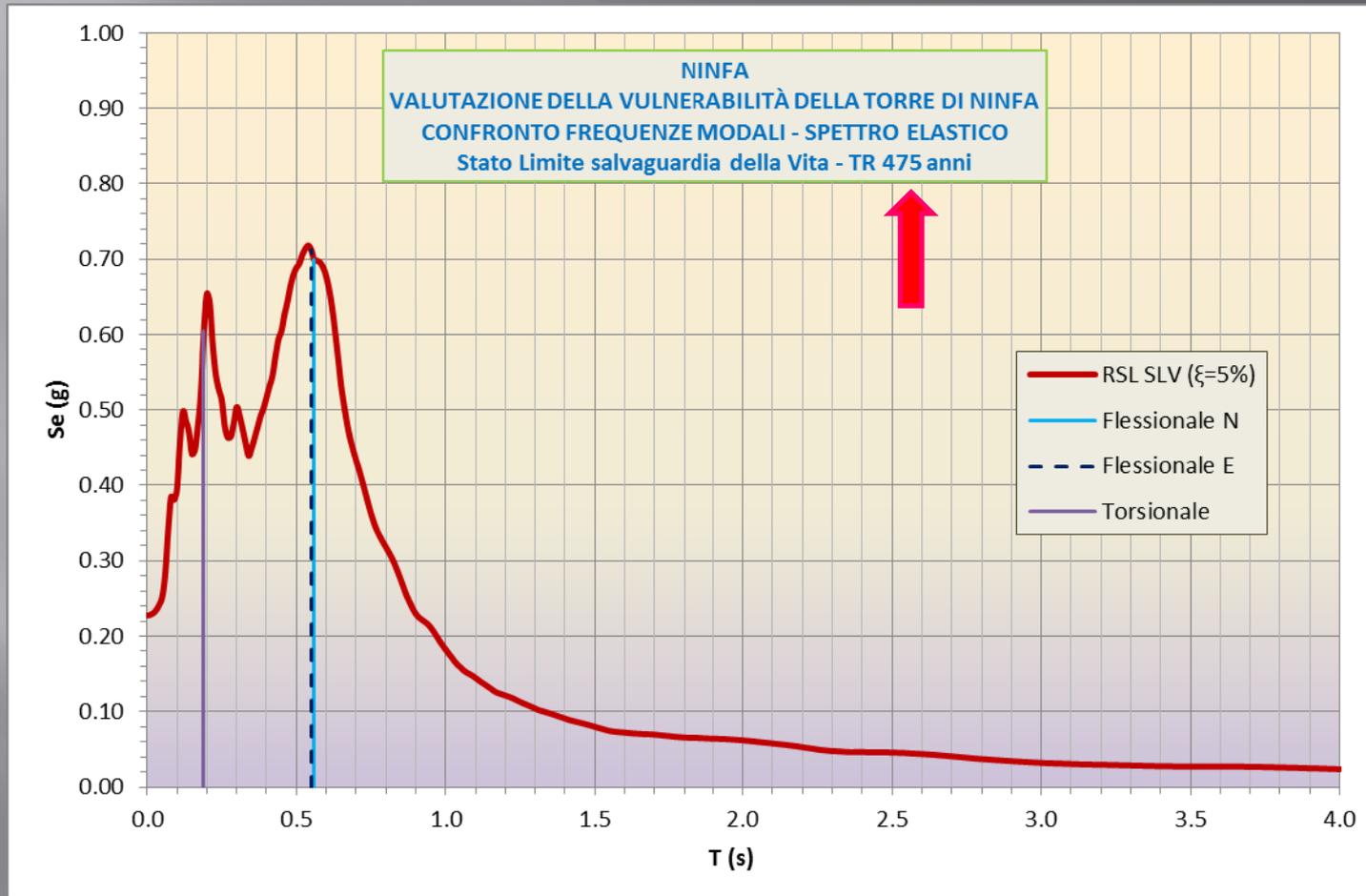
2a misura sincrona



Forma modale

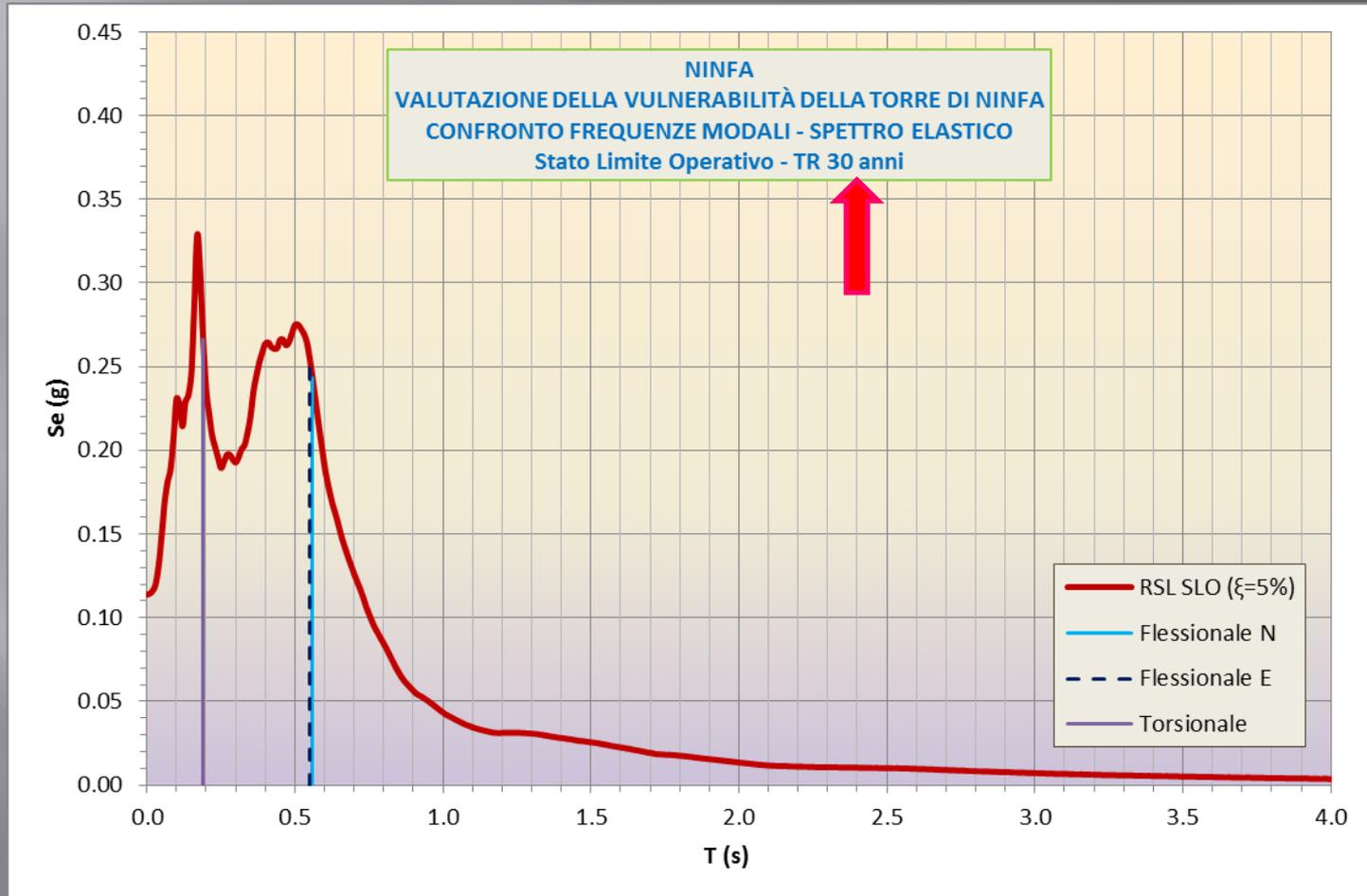


CONFRONTO FREQUENZE MODALI – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (SLV)



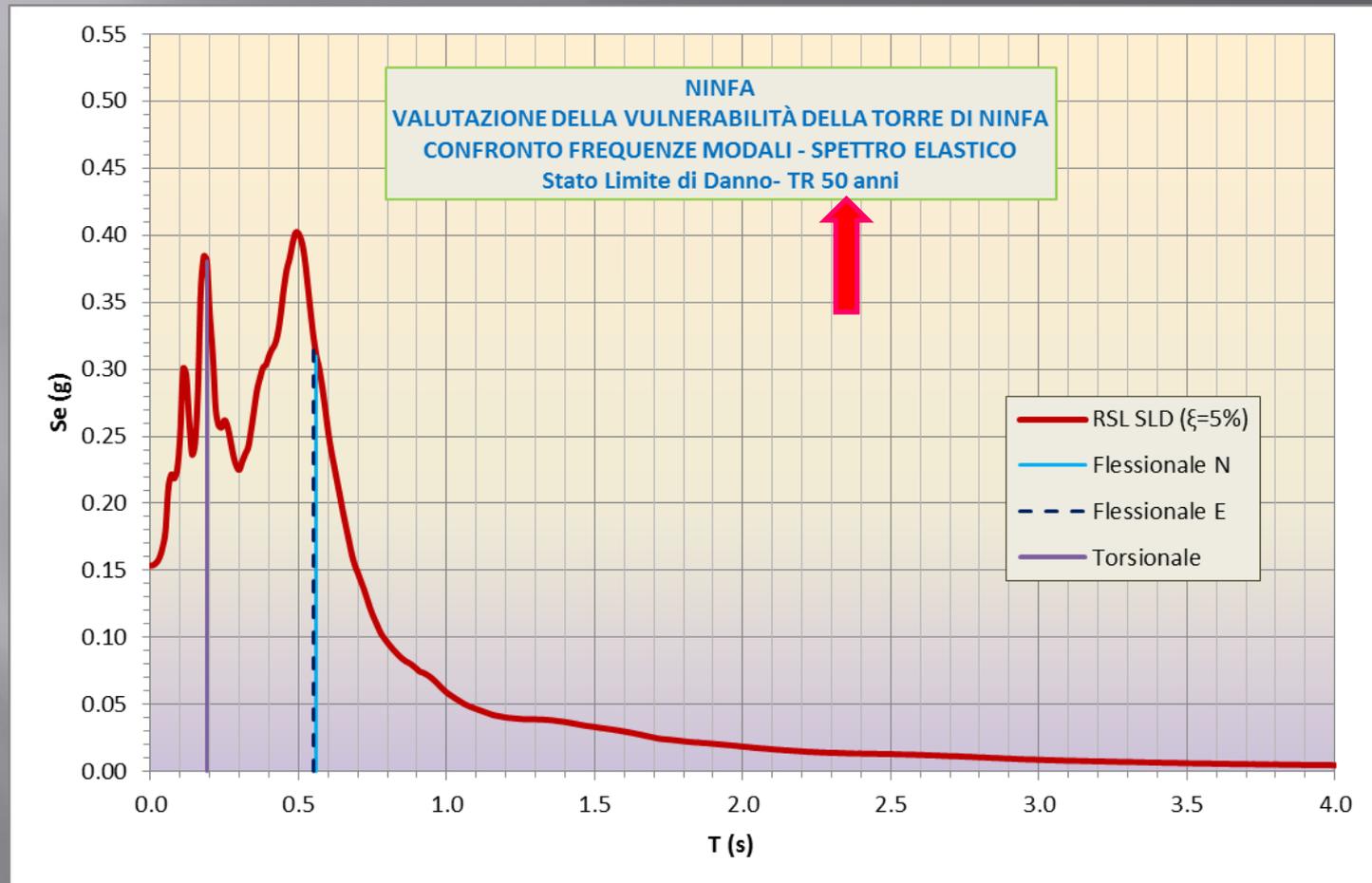
LSR2D	F (Hz)	T (s)	Acc (g)
Flessionale N	1.79	0.56	0.699
Flessionale E	1.82	0.55	0.712
Torsionale	5.26	0.19	0.605

CONFRONTO FREQUENZE MODALI – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (SLO)



LSR2D	F (Hz)	T (s)	Acc (g)
Flessionale N	1.79	0.56	0.243
Flessionale E	1.82	0.55	0.255
Torsionale	5.26	0.19	0.266

CONFRONTO FREQUENZE MODALI – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (SLD)



LSR2D	F (Hz)	T (s)	Acc (g)
Flessionale N	1.79	0.56	0.310
Flessionale E	1.82	0.55	0.325
Torsionale	5.26	0.19	0.381

CONCLUSIONI

Nelle zone a bassa sismicità, ma con particolari assetti geologici, l'approccio semplificato può non essere sufficiente per la valutazione delle sollecitazioni sismiche.

Lo studio di RSL eseguito per la Torre di Ninfa, ha infatti mostrato accelerazioni spettrali sensibilmente superiori a quelle di riferimento per la categoria di suolo del sito (C).

Utilizzando un approccio geofisico di tipo *olistico*, con metodi flessibili, non invasivi e di moderato impegno economico, è possibile ottenere un quadro sismostratigrafico di riferimento sufficientemente solido per la successiva procedura di RSL.

I risultati ottenuti, integrati con la caratterizzazione dinamica sperimentale della struttura in studio, può fornire al progettista un quadro esaustivo per la valutazione della sua vulnerabilità sismica e per la progettazione degli interventi propedeutici alla sua tutela e conservazione.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE !!



E

