



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Struttura di Vigilanza sulle Concessionarie Autostradali



AMMODERNAMENTO A N° 4 CORSIE DELLA S.S. 514  
"DI CHIARAMONTE" E DELLA S.S. 194 RAGUSANA  
DALLO SVINCOLO CON LA S.S. 115 ALLO  
SVINCOLO CON LA S.S. 114.

(C.U.P. F12C03000000001)

PROGETTO DEFINITIVO

PARTE GENERALE  
GEOLOGIA E GEOTECNICA  
Relazione sismica

Il Progettista

Responsabile di progetto ed  
incaricato delle integrazioni tra  
le varie prestazioni:



Ing. Santa Monaco - Ordine Ing. Torino 5760H

Supporto specialistico

Ottimizzazione della cantierizzazione  
delle opere



Ing. Gianmaria De Stavola - Ordine Ing. Venezia 2074

Consulenze specialistiche

Geologo:

Dott. Geologo Fabio Melchiorri  
Ordine Geologi del Lazio A.P. n 663

Geotecnica e opere d'arte minori:

Ing. Antonio Alparone



Opere d'arte principali:

Viadotti  
Ing. G. Mondello



Gallerie  
Ing. G. Guiducci



Opere di mitigazione dell'impatto ambientale:

Ecosistemi e  
paesaggio



Rumore,  
vibrazioni  
ed atmosfera



RIFERIMENTO ELABORATO

FASE TR/LT DISCIPLINA/OPERA DOC Progr. ST.REV. FOGLIO  
D 0 1 - T 1 0 0 - G G 0 0 2 - 1 - R Z - 0 0 1 - 0 A 0 1 DI 0 1

DATA

GENNAIO '17

SCALA

-

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO/CONSULENTE	VERIFICATO	APPROVATO
A	GENNAIO '17	Emissione	SILEC	Salucci	Monaco

IL RESPONSABILE  
DEL  
PROCEDIMENTO

IL CONCESSIONARIO

SARC SRL



L'ENTITA' COSTRUTTRICE

VISTO PER ACCETTAZIONE



## INDICE

<b>A</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>B</b>	<b>EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA ANTISISMICA DELLA REGIONE SICILIA.....</b>	<b>3</b>
<b>C</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....</b>	<b>6</b>
C.1	Geologia e geomorfologia generale.....	6
<b>D</b>	<b>NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA.....</b>	<b>10</b>
<b>E</b>	<b>DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE .....</b>	<b>15</b>
E.1	Coefficiente topografico .....	27
<b>F</b>	<b>PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA E DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO .....</b>	<b>28</b>
F.1	Pericolosità sismica.....	28
F.2	Azione sismica locale e spettro di risposta elastico.....	34
<b>G</b>	<b>OPERE D'ARTE.....</b>	<b>46</b>
G.1	Opere Maggiori: Viadotti .....	47
G.2	Opere Minori: Cavalcavia.....	48
G.3	Opere Minori: Muri, Paratie, Sottovia, Cordoli e Tombini. Manufatto di attraversamento ferroviario.....	49
<b>H</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>50</b>

## A PREMESSA

La presente relazione è finalizzata a definire gli elementi sismici per il Progetto Definitivo del 'Collegamento Autostradale Ragusa - Catania: Ammodernamento a n° 4 corsie della S.S. 514 "di Chiaramonte" e della S.S. 194 Ragusana dallo svincolo con la S.S. 115 allo svincolo con la S.S. 114'. In particolare si è proceduto ad illustrare la sismicità dell'area e a fornire una caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione interessati dal tracciato e dalle opere principali con le seguenti finalità:

- definire la macrozonazione sismica dell'area attraverso l'individuazione delle zone sismiche dei comuni attraversati dall'infrastruttura in progetto ai sensi della Delibera di Giunta della Regione Siciliana n. 408 del 19 dicembre 2003 - "Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento e attuazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274";
- definire la categoria del suolo di fondazione lungo il tracciato attraverso i profili di velocità ottenuti con le prove geofisiche in sito secondo quanto specificato al paragrafo 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 - "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- caratterizzare la pericolosità sismica dell'area mediante l'individuazione dei parametri  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno) e dell'Intensità macrosismica  $I_{max}$ ;
- definire per ogni comune i parametri spettrali che definiscono lo spettro di risposta elastico di riferimento in accelerazione  $S_e(T)$ , dai quali è stato successivamente ricavato dal progettista lo spettro di progetto  $S_d(T)$  caratteristico del tipo d'opera seguendo le modalità riportate nel D.M. 14 gennaio 2008.

La prima fase ha pertanto comportato una ricerca bibliografica per l'acquisizione della documentazione scientifica e tecnica relativa all'area, la consultazione di documenti ed elaborati prodotti dai Servizi Tecnici della Regione Siciliana, dalle Province di Ragusa, Siracusa e Catania, la raccolta dati e le informazioni provenienti dagli studi geologici allegati ai PRG dei territori comunali interessati dal tracciato e, per quanto riguarda la pericolosità sismica dell'area, si è fatto riferimento alle mappe e ai dati pubblicati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti GNDT, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV e dal CNR.

## **B EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA ANTISISMICA DELLA REGIONE SICILIA**

- O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003

*"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".*

Il riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. E' in questa Ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base ai parametri  $V_{s30}$ ,  $N_{spt}$ ,  $C_u$ .

- D.G.R. n. 408 del 19.12.2003

*"Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274".*

La Giunta Regionale delibera di condividere quanto prospettato nella nota n° 5592 dell'11 dicembre 2003 del Dipartimento regionale di Protezione Civile e di adottare gli atti alla stessa allegati, in materia di individuazione, formazione ed aggiornamento all'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003, in conformità alla proposta contenuta nella nota n. 5665 del 17 dicembre 2003 e relativi allegati, allegato "A" alla presente delibera.

- D.D.G. N. 3 DEL 15.01.2004

Il Dirigente Generale del Dipartimento Regionale di Protezione Civile rende esecutiva la nuova classificazione sismica dei Comuni della Regione Siciliana deliberata dalla Giunta Regionale in data 19 dicembre 2003 e relativi allegati.

- DM Infrastrutture e Trasporti 14.09.2005

"Norme Tecniche per le Costruzioni" del Ministero delle Infrastrutture che di concerto con il Dipartimento della Protezione Civile ha emanato un nuovo corpo normativo che assorbe anche quello adottato con l'Ordinanza 3274/03, pervenendo alla suddivisione delle zone

sismiche 1, 2 e 3 anche in sottozone caratterizzate da valori dell'accelerazione intermedi rispetto ai valori di soglia;

- OPCM n. 3519 del 28.04.2006

*"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".*

E' stata emanata ad integrazione della OPCM n° 3274/03, tenuto conto che in tale Ordinanza contestualmente si dà atto della provvisorietà dei suddetti criteri, in attesa del completamento delle attività del Gruppo di Lavoro istituito con Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici finalizzato alla revisione dei Criteri. Tale Ordinanza ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 (vedi Figura B.1) quale riferimento ufficiale.

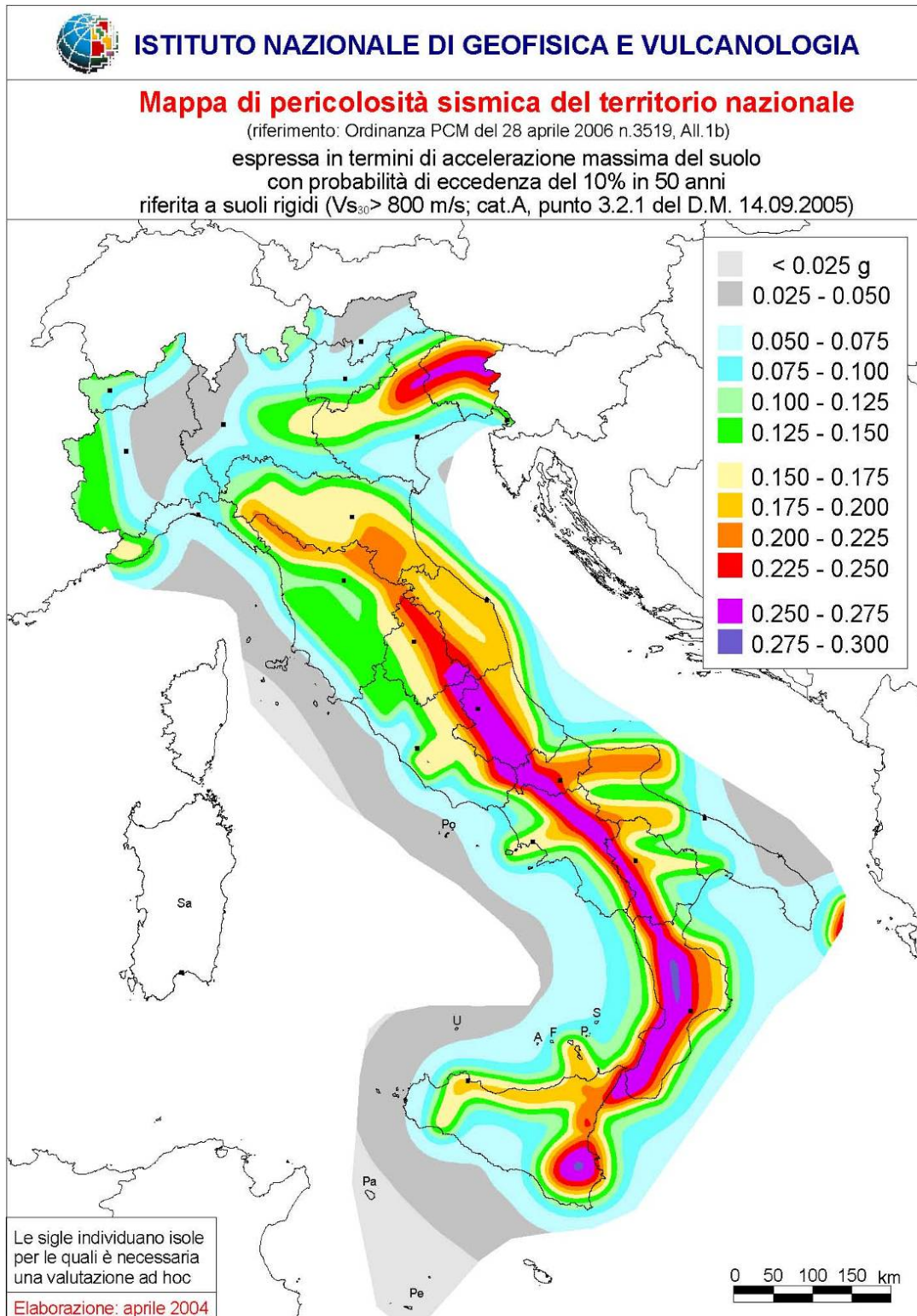
- DM Infrastrutture 14.01.2008

Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il DM 14 gennaio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni che entrano in vigore il 30 giugno 2009. Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. A fine gennaio 2008 una Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri fornisce indicazioni per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle NTC. Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008.

- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP.

*"Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".*

Figura B.1 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06)



## C INQUADRAMENTO GEOLOGICO

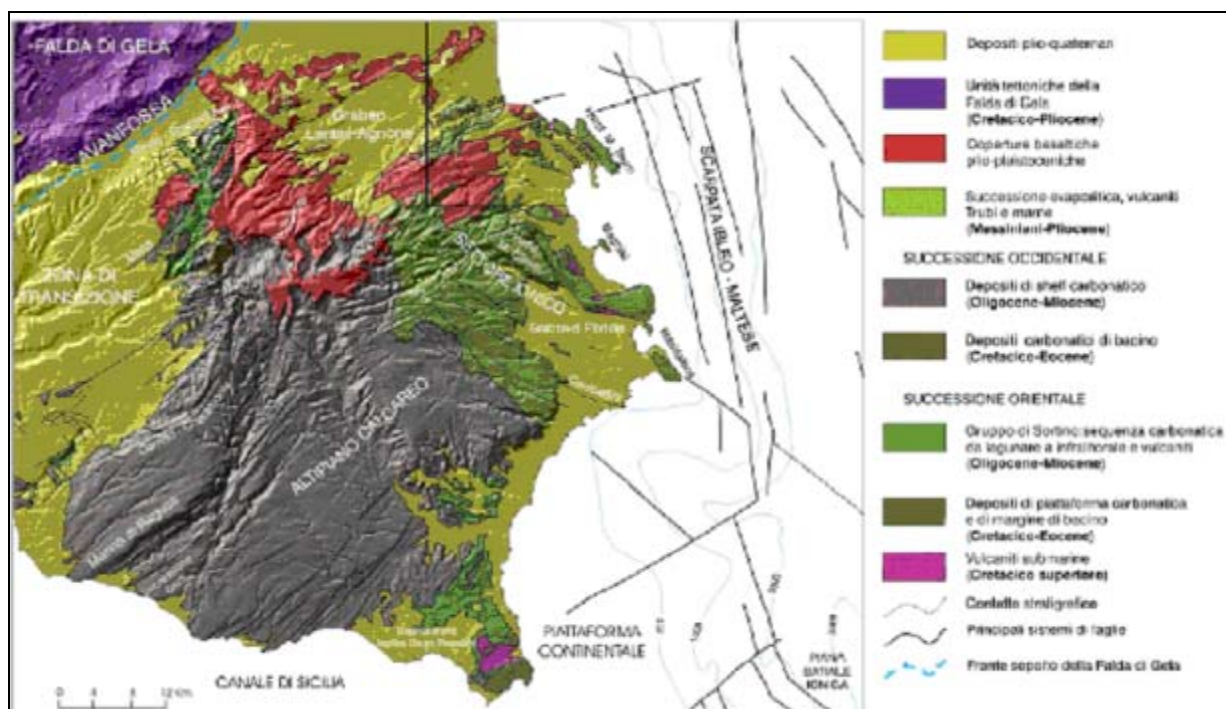
### C.1 Geologia e geomorfologia generale

Il tracciato stradale in esame si sviluppa nei settori nord-orientale e nord-occidentale dell'altopiano Ibleo (Sicilia orientale) per una lunghezza di circa 68 Km e attraversa i territori dei Comuni di Ragusa, Comiso, Chiaramonte Gulfi, Licodia Eubea, Vizzini, Francofonte, Lentini e Carlentini.

L'area interessata dal progetto è caratterizzata da successioni prevalentemente carbonatiche e sabbioso-arenacee cui si intercalano e/o si sovrappongono orizzonti di vulcaniti (Figura C-1).

I termini più antichi sono rappresentati dai litotipi della Formazione Ragusa che in letteratura viene divisa in due membri: quello inferiore, il Membro Leonardo, costituito da calcisiltiti, calcilutiti e marne calcaree, e quello superiore, il Membro Irmínio, costituito da calcari marnosi, calcareniti, calciruditi e marne.

**Figura C-1 – Schema stratigrafico-strutturale dell'Avampese Ibleo (Lentini et alii, 1984)**



La Formazione Ragusa passa, talvolta gradualmente, alle marne medio-mioceniche della Formazione Tellaro, in cui la frazione carbonatica è nettamente inferiore, anche se sono presenti episodi sporadici di intercalazioni calcarenitico-marnose.

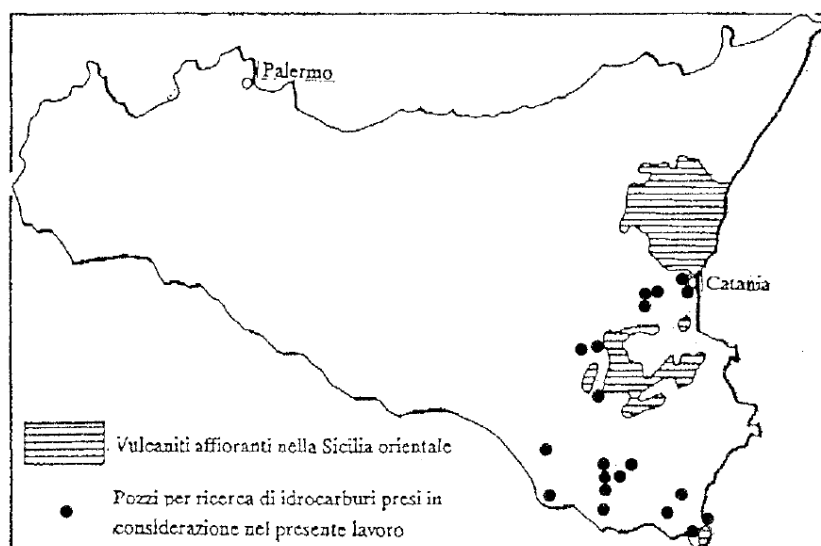


La presenza limitata di depositi evaporitici (Miocene sup.-Messiniano) è probabilmente legata a fenomeni di sollevamento dell'altopiano calcareo i quali hanno permesso la deposizione delle evaporiti solo in depressioni strutturali sinsedimentarie (Licodia Eubea).

I sedimenti Pliocenici sono distribuiti in maniera discontinua oppure sono rappresentati soltanto da sporadiche lenti sabbiose intercalate alle potenti colate basaltiche.

Le vulcaniti plioceniche estesamente affioranti nel tratto compreso tra Lentini, Francofonte e Licodia Eubea (Figura C-2) sono legati prevalentemente ad una attività vulcanica submarina e localmente subaerea come dimostra la presenza di ripetuti livelli di brecce vulcaniche e vulcanoclastiti alternati ai "Trubi" (marne e calcari marnosi biancastri) e alle marne medio-plioceniche.

**Figura C-2 – Distribuzione delle vulcaniti plio-pleistoceniche affioranti nella Sicilia orientale (Longaretti G. e Rocchi S., 1990).**



I depositi quaternari sono costituiti da litotipi biocalcarenitici teneri giallastri discordanti sul substrato miocenico o sulle vulcaniti plioceniche. I terreni appartenenti a tali coperture plio-quaternarie, avendo subito solo una debole tettonica di sollevamento e piegamento connessa con l'assestamento della falda di Gela, risultano avere un assetto generalmente sub-tabulare o lievemente ondulato.

Dal punto di vista geomorfologico il progetto si sviluppa in un ambito a forte variabilità in quanto caratterizzato da rilievi carbonatici e vulcanici a cui si contrappongono vasti altopiani terrazzati più recenti. Il reticolo idrografico sviluppato nell'area ha inciso, quindi, in maniera articolata i citati rilievi e altopiani dando luogo a profonde incisioni.

Di seguito si riporta una sintesi delle caratteristiche geologico-geomorfologiche distinte per lotti. Il Lotto 1 si presenta relativamente articolato e fortemente condizionato dal complesso sistema di strutture tettoniche presenti. Il paesaggio è quello tipico pedemontano in cui i terreni affioranti si presentano molto spesso particolarmente alterati e cataclasati soprattutto in corrispondenza delle principali linee di faglia. Tra lo Svincolo n. 2 S.P. 7 e lo Svincolo n. 3 S.P. 5 (Lotto 2) il tratto si presenta generalmente sub-pianeggiante con quote che oscillano intorno ai 330 m s.l.m. e con debole pendenza verso occidente, in direzione della costa; tale morfologia è attribuibile ai caratteri deposizionali dei sedimenti marini e lacustri di età quaternaria che caratterizzano l'intero lotto. Superato lo Svincolo n. 3 (Lotto 3), il tracciato si dirige verso l'ampia vallata del sistema fluviale Acate Dirillo-Salito, interessando un settore di territorio che diminuisce di quota passando dai 330 m s.l.m. fino a raggiungere i 250 m s.l.m. circa per superare, tramite viadotto, il corso d'acqua; il Fiume Dirillo scorre in direzione NE-SW con deflusso sud-occidentale in un'ampia vallata caratterizzata da estesi depositi alluvionali terrazzati. La morfologia generale del Lotto 4 è caratterizzata da un settore sommitale terrazzato sub-pianeggiante bordato da un esteso e continuo gradino d'erosione che degrada verso valle con bruschi salti di pendenza; l'intera tratta si presenta generalmente moderatamente acclive verso l'incisione del Torrente Fiumicello, mostrando comunque incisioni ortogonali al tracciato, a deflusso orientale, con versanti da moderatamente a mediamente acclivi. Il tratto compreso tra lo Svincolo n. 5 e lo Svincolo n. 7 (Lotto 5) è caratterizzato dal passaggio dai termini sedimentari marnoso-argillosi mio-pliocenici alle vulcaniti plioceniche con conseguente variazione che conferisce all'area un passaggio da una morfologia più movimentata ed aspra ad una più dolce caratterizzata da versanti a minore acclività. Nel Lotto 6, il tratto compreso tra lo svincolo n. 7 di Vizzini e lo svincolo n. 8 di Francofonte, la fisiografia è strettamente connessa con la situazione geologica, in cui la litofacies endogena (vulcaniti iblee) affiorante è costituita da un esteso espandimento di prodotti vulcanici (vulcanoclastiti, brecce vulcaniche a pillow, lave). La morfologia è data da un susseguirsi di creste rocciose e avvallamenti o spianate. Il Lotto 7 si sviluppa dapprima nel territorio della Piana di Lentini definita come area di deposito alluvionale in considerazione delle modeste pendenze che presentano i vari corsi d'acqua ormai prossimi alla foce naturale in mare, nel tratto di attraversamento della piana costiera. Superata la zona terrazzata, alla quota 270-280 m s.l.m. su cui sorge Francofonte, il terreno degrada dolcemente verso un'ampia distesa alluvionale sub-pianeggiante con la presenza di modesti rilievi in prossimità di litotipi coerenti, appartenenti a formazioni affioranti dalla coltre alluvionale quali, le sabbie e calcareniti pleistoceniche o le vulcaniti plioceniche. La morfologia che si viene a delineare nel tratto compreso tra lo svincolo n. 8 di Francofonte e lo svincolo n. 9 di Lentini Ospedale (Lotto 8) è quella di distese alluvionali

sub-pianeggianti con la presenza di modesti rilievi in prossimità di litotipi coerenti, appartenenti a formazioni affioranti dalla coltre alluvionale, quali le sabbie e calcareniti pleistoceniche o le vulcaniti plioceniche. Nella zona terminale del tracciato (Lotto 8), dal km 6+000 al 7+000 circa, si rileva la presenza di estese aree soggette ad alluvionamento da parte delle acque del Fiume San Leonardo; superato tale tratto il tracciato si discosta nuovamente dal fiume e si sviluppa nei pianori calcarenitici interessati da attività di cava.

## D NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. Secondo tale ordinanza i comuni attraversati dall'infrastruttura in esame sono stati identificati tutti in zona 2, cui corrispondono, come indicato in Tabella D-1, valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra 0,15g e 0,25g (dove g è l'accelerazione di gravità).

**Tabella D-1 – Tabella estratta dall'Allegato 1 della OPCM 3274/2003.**

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [ $a_g/g$ ]
1	> 0,25
2	0,15-0,25
3	0,05-0,15
4	<0,05

La Delibera n. 408 del 16.12.2003 "Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274" ed il successivo Decreto del Dirigente Generale del Dipartimento Regionale di Protezione Civile n. 3 del 15 gennaio 2004, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana n. 7, parte prima, del 13 febbraio 2004, rendono esecutiva la nuova classificazione sismica dei Comuni della Regione Siciliana, distinguendo il territorio in quattro aree a diversa pericolosità sismica oltre a un'area a pericolosità sismica speciale ricadente tra le province di Catania, Ragusa e Siracusa della quale fa parte l'area di progetto in esame. Per tale area a vincolo di Zona 2, le verifiche tecniche di sicurezza sismica di strutture strategiche e rilevanti, ai sensi dell'OPCM n. 3274/2003, dovranno essere eseguite con vincolo di pericolosità di Zona 1 (Tabella D-2).

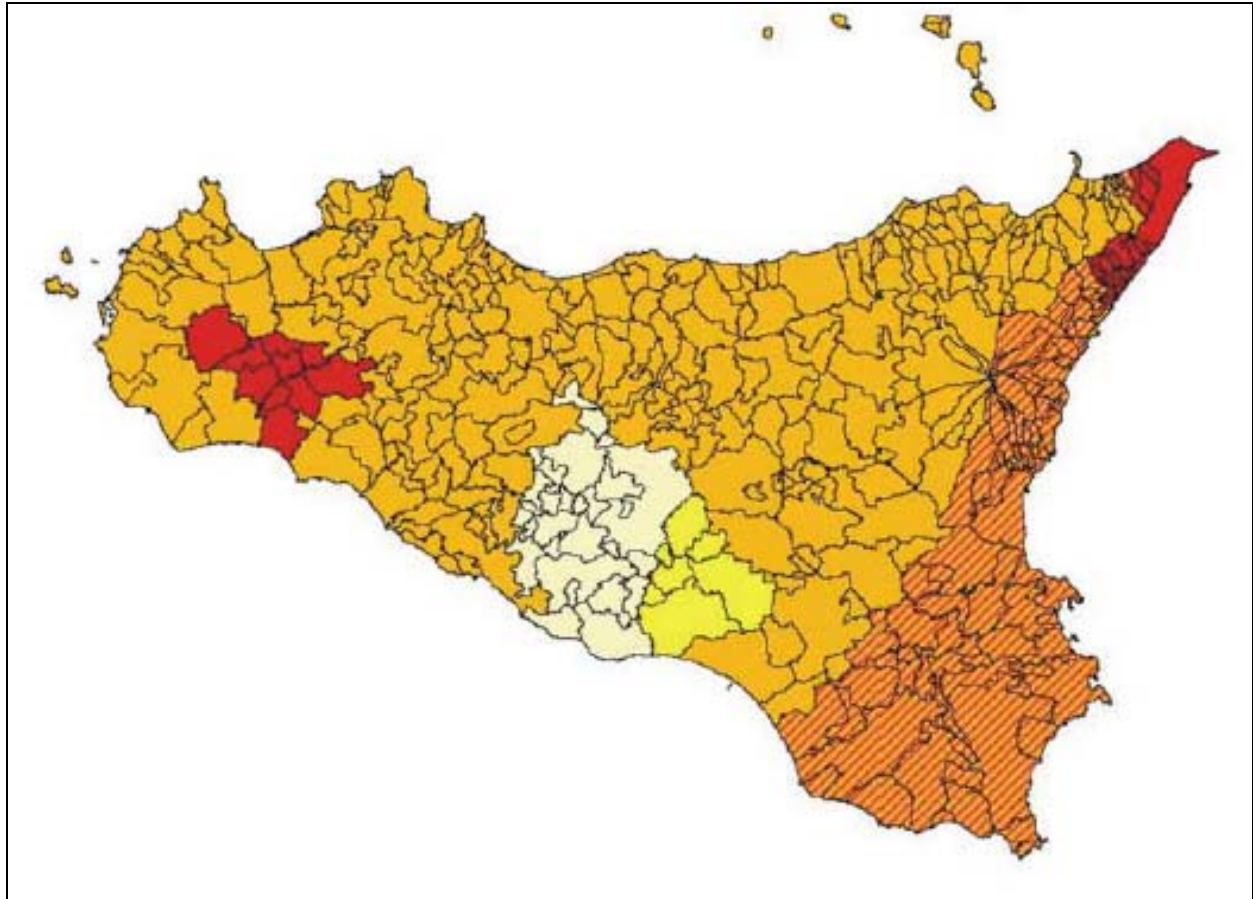
Tale classificazione sismica del territorio, attuata dall'Amministrazione Regionale ai sensi dell'Art. 2 dell'OPCM n. 3274/2003 e dell'art. 94 del D.L.vo n. 112/1998, ha permesso una maggiore omogeneità territoriale del vincolo, introducendo altresì l'obbligo della progettazione antisismica anche per i Comuni classificati sismicamente in Zona 4.

**Tabella D-2 – Tabella dei comuni interessati dal progetto con relativa classificazione sismica.**

<b>Comune</b>	<b>Categoria secondo la classificazione sismica precedente (Decreti fino al 1984)</b>	<b>Zona sismica ai sensi della OPCM 3274 del 20.3.2003 e DGR 408 del 19.12.2003</b>	<b>Comuni identificati in zona 2 per i quali vengono previste, per le strutture strategiche e rilevanti di cui al comma 2 art. 3 ord. 3274/2003, verifiche e limitazioni tecniche previste per la zona 1</b>
<b>Ragusa</b>	2	2	X
<b>Comiso</b>	2	2	X
<b>Chiaramonte Gulfi</b>	2	2	X
<b>Licodia Eubea</b>	2	2	X
<b>Vizzini</b>	2	2	X
<b>Francofonte</b>	2	2	X
<b>Lentini</b>	2	2	X
<b>Carlentini</b>	2	2	X

La seguente Figura D.1 riporta la rappresentazione grafica dei territori amministrativi comunali della Regione Siciliana, classificati secondo le Zone 1, 2, 3 e 4 a pericolosità sismica decrescente e i comuni classificati in Zona 2 per i quali vengono previste, per le strutture strategiche e rilevanti di cui al comma 2 art. 3 ord. 3274/2003, verifiche e limitazioni tecniche previste per la zona 1.

**Figura D.1 – Classificazione sismica della Regione Sicilia secondo la Delibera di Giunta Regionale n. 408 del 19/12/2003.**



Nel corso del 2006 una nuova Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 (Figura B.1) quale riferimento ufficiale e ha definito i criteri che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. Questo strumento normativo, per la prima volta, ha portato a valutare la classificazione sismica

del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo utilizzato fino a quel momento.

Alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale il 4 febbraio 2008, è allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), che prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione (paragrafo 3.2.3) venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica.

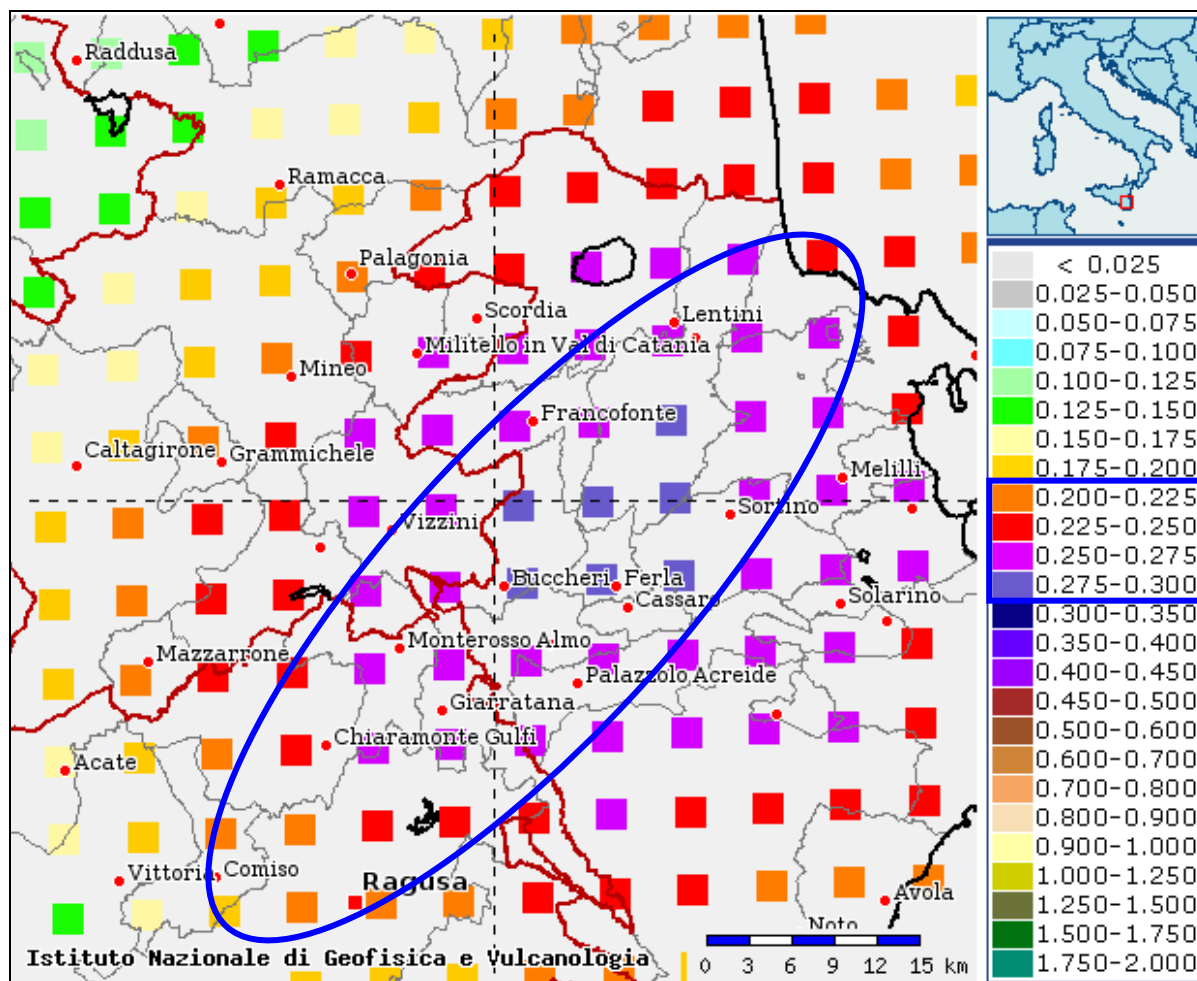
Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $TC^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento; cfr. Figura D.2, Tr 475 anni), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La Figura D.2 riporta i valori di pericolosità sismica, secondo l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b, per l'area in esame. Nella mappa vengono rappresentati i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti a una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (acronimo di Peak Ground Acceleration). Dalla Figura D.2 è possibile evincere che l'area in oggetto ha una PGA dell'ordine di 0,200-0,300 g.

**Figura D.2 – Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, punto A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).**





## E DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

La Normativa Italiana (Decreto Ministeriale del 14/01/2008 Norme Tecniche per le costruzioni e S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 04/02/08), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8 prevede, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione della risposta sismica locale mediante specifiche analisi definite nella norma oppure attraverso un approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo, come riportato nella Tabella E-1 di seguito:

**Tabella E-1 – Categorie sismiche dei terreni per le quali è utilizzabile la procedura semplificata**

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).
<b>C</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).
<b>D</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fine).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

L'attribuzione della categoria viene definita in funzione della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio S entro i primi 30 m di profondità dal piano di imposta della fondazione dell'opera o nel caso di fondazioni su pali dalla testa dei pali. Per le categorie di sottosuolo sopra definite la norma definisce le azioni sismiche.

Esistono però altre due categorie per le quali non è utilizzabile alcuna procedura semplificata ma è necessario prevedere specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche. Le due categorie sono descritte nella seguente Tabella E-2:

**Tabella E-2 - Categorie sismiche dei terreni per le quali non è utilizzabile la procedura semplificata**

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per il calcolo del parametro  $V_{s30}$  si utilizza la formula proposta dall'O.P.C.M. 3274 s.m.i., ovvero:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove:

- $h_i$  = spessore dell' $i$ -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità
- $V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato
- $N$  = numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità

Per  $V_{s30}$  si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione. In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Lungo il tracciato in esame l'attribuzione della categoria di suolo è stata definita in funzione della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio S entro i primi 30 m di profondità a partire dal piano campagna, ricavata dall'esecuzione delle prospezioni sismiche di tipo MASW e Down-Hole.

I risultati sono riportati nella Tabella E-3 (per le MASW) e nella Tabella E-4 (per le prove Down-Hole):

**Tabella E-3 - Riepilogo dei risultati ( $V_{s30}$  e categoria di suolo) delle prospezioni sismiche di tipo MASW.**

IDENTIFICATIVO	$V_{s30}$ (m/s)	Categoria di Suolo
M001	1047	A
M001bis	974	A
M002	437	B
M002bis	743	B
M003	524	S2
M004	731	S2
M005	682	B
M005bis	704	S2
M006	774	S2
M008	885	A
M009	461	B
M010	603	S2
M011	593	B
M012	391	S2
M013	720	B
M014	358	S2
M014bis	391	B
M015	1077	A
M015bis	498	S2
M016	381	B
M017	387	S2
M019	355	C
M020	428	B
M021	557	B
M022	537	B
M023	587	B
M024	562	B
M025	712	B
M026	527	B
M027	545	B
M028	536	B
M030	528	B
M031	585	B
M032	498	B
M033	538	B

IDENTIFICATIVO	V <sub>s30</sub> (m/s)	Categoria di Suolo
M034	518	B
M035	382	B
M036	695	S2
M037	584	B
M038	368	B
M039	471	B
M041	380	B
M042	397	B
M043	299	C
M044	318	C
M045	618	B
M046	342	C
M047	352	C
M049	331	C
M050	290	C
M051	316	C
M052	329	C
M053	344	C
M054	481	E
M055	346	C
M056	782	B
M057	336	C
M058	426	S2
M059	659	B
M060	474	S2
M062	509	B
M063	428	B
M064	543	B
M065	423	B
M066	852	S2
M067	364	B
M067bis	596	B
M067tris	751	S2
M068	747	S2
M070	810	S2
M073	706	B
M074	756	S2

IDENTIFICATIVO	V <sub>s30</sub> (m/s)	Categoria di Suolo
M075	635	S2
M075bis	683	S2
M076	562	S2
M077	1025	A
M078	625	B
M079	494	S2
M082	514	B
M084	572	B
M085	705	S2
M085bis	622	S2
M086	357	C
M087	347	C
M088	282	C
M090	360	C
M091	325	C
M092	288	S2
M092bis	320	S2
M093	333	S2
M095	360	C
M096	378	B
M097	630	E
M098	334	C
M100	352	C
M101	765	A
M102	314	C

**Tabella E-4 - Riepilogo dei risultati (V<sub>s30</sub> e categoria di suolo) delle prospezioni sismiche di tipo Down-Hole.**

IDENTIFICATIVO	V <sub>s30</sub> (m/s)	Categoria di Suolo
S011	619	B
S012	716	S2
S015	752	S2
S036	430	E
S044	430	S2
S059	414	S2

IDENTIFICATIVO	$V_{S30}$ (m/s)	Categoria di Suolo
S068	486	S2
S070	368	B
S074	443	B
S077	386	B
S080	351	C
S083	407	B
S097	712	B
S099	441	B
S101	486	B
S107	668	B
S125	337	C
S139	395	S2
S157bis	601	S2
S160	512	B
S166	906	A
S181	472	S2
S184	288	C
S198	268	S2
S201	266	C
S203	243	C
S211	344	C
S215	359	C
S218	329	S2
S220bis	326	C
S225	267	C
S093	666	B
S112	409	B
S174	612	S2
S178	534	S2
S190	648	B
S208	307	S2
S005	718	S2
S034	818	A
S041	841	A
S051	453	S2
S063	402	B
S105	365	B

IDENTIFICATIVO	$V_{S30}$ (m/s)	Categoria di Suolo
S146	454	S2
S153	646	B
S172	875	A

Alla luce dei risultati ottenuti e considerata la presenza di numerose possibili classi di suolo di tipo S2, ovvero classi di suolo per le quali non è utilizzabile alcuna procedura semplificata per la classificazione sismica del terreno di fondazione, sono stati utilizzati i metodi contenuti in 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica per una nuova classificazione. Tale operazione è stata applicata solamente ai terreni attribuiti alla classe S2 per profili di Vs con inversioni di velocità.

Nei criteri definiti per la Microzonazione Sismica la presenza di una inversione di velocità nel profilo delle Vs di una successione litostratigrafica si intende realizzata quando un terreno rigido sovrasta stratigraficamente un terreno meno rigido (soffice) con un rapporto  $V_{srig}/V_{Ssof}>2$ , e con la Vs dello strato più rigido maggiore di 500 m/s.

Applicando tale criterio è stato possibile riclassificare una parte dei modelli calcolati riportandoli nelle classi di suolo per le quali è possibile applicare la procedura semplificata di risposta sismica locale.

È opportuno ricordare che il criterio utilizzato per la definizione delle inversioni di velocità è applicabile in situazioni in cui il sottosuolo è assimilabile ad un modello monodimensionale (strati piano paralleli e orizzontali, omogenei e a comportamento viscoelastico); coerentemente con 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica' emanati dal Dipartimento di Protezione Civile, qualora le condizioni geologiche non permettano una tale semplificazione per la presenza di aree soggette a fenomeni di instabilità, di pendii fortemente acclivi o a complesse morfologie del substrato, sono necessarie ulteriori indagini per valutare eventuali fenomeni di amplificazione e la risposta sismica locale.

I risultati della nuova classificazione sono riportati nella Tabella E-5 (per le MASW) e nella Tabella E-6 (per le prove Down-Hole) con alcune note che rimandano alla tipologia di opera da realizzare:

**Tabella E-5 - Riepilogo dei risultati ( $V_{S30}$  e categoria di suolo in funzione delle NTC e di 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica') delle prospezioni sismiche di tipo MASW.**

IDENTIFICATIVO	$V_{S30}$ (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08	Categoria di Suolo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica
M001	1047	A	A
M001bis	974	A	A
M002	437	B	B
M002bis	743	B	B
M003	524	S2	B
M004	731	S2	B
M005	682	B	B
M005bis	704	S2	B
M006	774	S2	B
M008	885	A	A
M009	461	B	B
M010	603	S2	B
M011	593	B	B
M012	391	S2	B / C *(1)
M013	720	B	B
M014	358	S2	C
M014bis	391	B	B
M015	1077	A	A
M015bis	498	S2	S2
M016	381	B	B
M017	387	S2	S2 / B *(2)
M019	355	C	C
M020	428	B	B
M021	557	B	B
M022	537	B	B
M023	587	B	B
M024	562	B	B
M025	712	B	B
M026	527	B	B
M027	545	B	B
M028	536	B	B
M030	528	B	B
M031	585	B	B



IDENTIFICATIVO	V <sub>S30</sub> (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08	Categoria di Suolo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica
M032	498	B	B
M033	538	B	B
M034	518	B	B
M035	382	B	B
M036	695	S2	B
M037	584	B	B
M038	368	B	B
M039	471	B	B
M041	380	B	B
M042	397	B	B
M043	299	C	C
M044	318	C	C
M045	618	B	B
M046	342	C	C
M047	352	C	C
M049	331	C	C
M050	290	C	C
M051	316	C	C
M052	329	C	C
M053	344	C	C
M054	481	E	E
M055	346	C	C
M056	782	B	B
M057	336	C	C
M058	426	S2	B
M059	659	B	B
M060	474	S2	B
M062	509	B	B
M063	428	B	B
M064	543	B	B
M065	423	B	B
M066	852	S2	S2 / A *(3)
M067	364	B	B
M067bis	596	B	B
M067tris	751	S2	B
M068	747	S2	B

IDENTIFICATIVO	$V_{S30}$ (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08	Categoria di Suolo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica
M070	810	S2	A
M073	706	B	B
M074	756	S2	B
M075	635	S2	B
M075bis	683	S2	B
M076	562	S2	B
M077	1025	A	A
M078	625	B	B
M079	494	S2	B
M082	514	B	B
M084	572	B	B
M085	705	S2	B
M085bis	622	S2	B
M086	357	C	C
M087	347	C	C
M088	282	C	C
M090	360	C	C / B *(1)
M091	325	C	C
M092	288	S2	S2 *(4)
M092bis	320	S2	C *(5)
M093	333	S2	C *(5)
M095	360	C	C
M096	378	B	B
M097	630	E	E / B *(6)
M098	334	C	C
M100	352	C	C
M101	765	A	A
M102	314	C	C

**Note:** \*(1) da valutare in funzione dell'opera;

\*(2) il rapporto  $V_{rig}/V_{soft}$  è inferiore a 2 ma  $V_{rig} < 500$  m/s: si consiglia di verificare in funzione dell'opera;

\*(3) il rapporto  $V_{rig}/V_{soft}$  è prossimo a 2: si consiglia di verificare in funzione dell'opera;

\*(4)  $V_{rig} \ll 500$  m/s;

\*(5)  $V_{rig} < 500$  m/s ma  $\Delta V_s < 50$  m/s: da valutare in funzione dell'opera;

\*(6) se lo scavo è maggiore di 2 m, potrebbe diventare B: valutare in funzione dell'opera.

**Tabella E-6 - Riepilogo dei risultati ( $V_{s30}$  e categoria di suolo in funzione delle NTC e di 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica' ) delle prospezioni sismiche di tipo Down-Hole.**

IDENTIFICATIVO	$V_{s30}$ (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08	Categoria di Suolo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica
S005	718	S2	B
S011	619	B	B
S012	716	S2	S2 / B *(1)
S015	752	S2	S2
S034	818	A	A
S036	430	E	E / B *(2)
S041	841	A	A
S044	430	S2	S2
S051	453	S2	S2
S059	414	S2	S2 / B *(1)
S063	402	B	B
S068	486	S2	S2
S070	368	B	B
S074	443	B	B
S077	386	B	B
S080	351	C	C
S083	407	B	B
S093	666	B	B
S097	712	B	B
S099	441	B	B
S101	486	B	B
S105	365	B	B
S107	668	B	B
S112	409	B	B
S125	337	C	C

IDENTIFICATIVO	$V_{S30}$ (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08	Categoria di Suolo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica
S139	395	S2	S2 / B *(3)
S146	454	S2	B
S153	646	B	B
S157bis	601	S2	B
S160	512	B	B
S166	906	A	A
S172	875	A	A
S174	612	S2	B
S178	534	S2	B
S181	472	S2	B
S184	288	C	C
S190	648	B	B
S198	268	S2	S2
S201	266	C	C
S203	243	C	C
S208	307	S2	S2 / C *(3)
S211	344	C	C
S215	359	C	C
S218	329	S2	S2 / C *(3)
S220bis	326	C	C
S225	267	C	C

**Note:** \*(1) il rapporto  $V_{rig}/V_{soft}$  è prossimo a 2: si consiglia di verificare in funzione dell'opera;

\*(2) da valutare in funzione dell'opera;

\*(3) il rapporto  $V_{rig}/V_{soft}$  è inferiore a 2, ma  $V_{rig} < 500$  m/s: si consiglia di verificare in funzione dell'opera.

## E.1 Coefficiente topografico

La normativa prevede che per condizioni topografiche complesse debbano essere predisposte specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni semplici si può adottare la seguente classificazione:

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$

Le su descritte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste e dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza superiore a 30 m.

Tenendo conto dell'estensione del progetto in esame non è possibile stimare coefficienti topografici per tratte di tracciato ma è cura dei progettisti valutare i coefficienti topografici per ogni singola opera d'arte o parte di essa .

## F PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA E DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

### F.1 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un certo sito su base probabilistica. Più precisamente è la probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro di moto sismico al suolo (ad esempio l'accelerazione massima) o da un grado di intensità macrosismica, venga superato in un sito dato (o in un insieme di siti) entro un dato periodo di tempo. La pericolosità sismica può essere pertanto rappresentata attraverso due indicatori:

- l'accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$
- l'intensità macrosismica

Per quanto attiene la definizione della pericolosità sismica attraverso l'accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$ , nel 2004 è stata elaborata la nuova mappa di pericolosità sismica del territorio italiano (Figura B.1). In particolare la mappa definisce localmente i livelli di accelerazione massima su suolo roccioso (suolo di categoria A,  $V_{s30} > 800$  m/s) con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni, ovvero un periodo di ritorno pari a 475 anni. Con riferimento al suddetto elaborato i territori comunali percorsi dal nuovo tracciato autostradale ricadono in un'area caratterizzata da un valore di  $a_g$  compreso tra 0.200g e 0.300g.

Per avere un quadro completo della pericolosità sismica è necessario considerare anche il secondo parametro, ossia l'intensità macrosismica. L'intensità macrosismica (MCS) rappresenta, in un certo senso, la conseguenza socio-economica di un evento sismico descrivendo, infatti, il grado di danneggiamento causato dai terremoti; una carta di pericolosità in intensità macrosismica si avvicina, con le dovute cautele derivate da diverse approssimazioni insite nel parametro intensità, al concetto di rischio sismico.

La sismicità in Sicilia è concentrata lungo la zona costiera orientale, compresa tra lo Stretto di Messina e il siracusano; lungo la zona settentrionale, nella dorsale dei Monti Peloritani-Nebrodi-Madonie-Monti di Palermo; nella zona del Belice, nella parte occidentale dell'isola; nella zona etnea e delle Isole Eolie.

In generale, il grado di sismicità dell'area interessata dal progetto in esame è elevato sia in termini di frequenza degli eventi che di classe di magnitudo.

Per la valutazione della sismicità nell'area interessata dall'intero tracciato di progetto sono stati individuati tre comuni, Carlentini, Vizzini e Ragusa, posti rispettivamente all'estremità nord, al centro e all'estremità sud del tracciato.

Nella Tabella F-1, Tabella F-2 e Tabella F-3 sono stati riportati, rispettivamente, gli effetti risentiti nei suddetti comuni così come estratti dal DBMI11, il Database delle Osservazioni Macrosismiche dei Terremoti Italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI11 (sito internet: <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>).

L'evento sismico più importante che ebbe effetti catastrofici è avvenuto l'11 gennaio 1693 con epicentro nella Sicilia orientale. Fu registrata una magnitudo  $M_w=7.41$  con intensità massima risentita di 11 gradi MCS e intensità risentite di X-XI grado MCS nell'area di Carlentini, e di X grado MCS nell'area di Vizzini e Ragusa. Sono stati registrati danni in tutta la Sicilia, Catania è rimasta distrutta, come pure tutti i paesi della Val di Noto; in tale area, infatti, si era verificata un altro evento sismico il 9 gennaio 1693 di magnitudo  $M_w=6.21$  con epicentro in Val di Noto e intensità risentita di VIII grado a Vizzini.

Un altro evento importante con epicentro nel Siracusano è avvenuto il 10 dicembre 1542 con intensità epicentrale di XI grado MCS ( $M_w=6.77$ ) e intensità risentita a Vizzini di VIII grado MCS.

Un evento risentito a Carlentini e Ragusa con intensità rispettivamente di grado VII e VII-VIII MCS ( $M_w=5.51$ ) è quello del 1 marzo 1818 con epicentro sui Monti Iblei.

Anche Vizzini è stata epicentro di una scossa di magnitudo  $M_w=5.86$  avvenuta il primo gennaio del 1698 ed ha registrato danni nel comune Vizzini con intensità risentita di VII-VIII grado MCS; un'altra scossa con epicentro a Vizzini ma di entità minore rispetto alla precedente è avvenuta il 13 aprile 1895 ( $M_w=4.89$ ) risentita sia a Vizzini ( $I_s=VI-VII$  MCS) che a Ragusa ( $I_s=V-VI$  MCS).

Un terremoto risentito nell'area di Carlentini è quello del 20 febbraio 1718 ( $M_w=5.32$ ) con epicentro nella Sicilia orientale e intensità risentita di VI-VII grado MCS.

Il più recente evento sismico registrato nell'area interessata dal progetto in esame è stato quello del 13 dicembre 1990 con epicentro nella Sicilia sud-orientale; per tale evento è stata registrata una magnitudo  $M_w=5.64$  ed una intensità massima risentita di VII grado MCS. L'intensità risentita è di VII grado MCS nell'area di Carlentini e di VI grado MCS nell'area di Vizzini e Ragusa.

Un altro catastrofico evento sismico che ha avuto risentimenti anche nell'area di progetto ( $I_s=VI$  grado MCS a Carlentini e Vizzini) è il terremoto del 28 dicembre 1908 ( $M_w=7.10$ ) con epicentro

tra la Calabria meridionale e Messina; tale sisma ha avuto una intensità epicentrale di XI grado MCS.

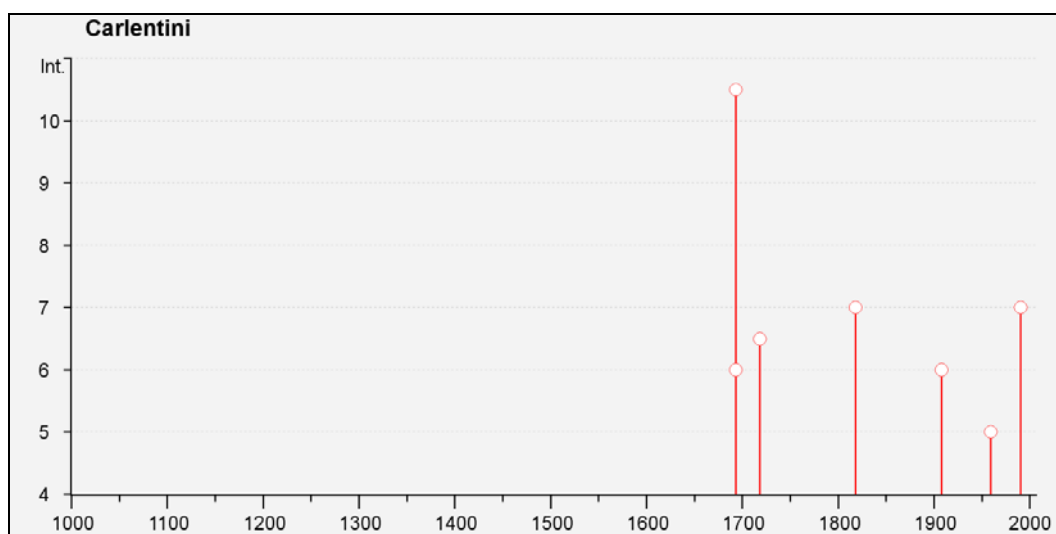
Tutti gli altri terremoti elencati nelle tabelle di seguito riportate hanno avuto risentimenti inferiori al VI grado MCS cioè al di sotto della soglia del danno.

In Figura F.1, Figura F.2 e Figura F.3 sono riportati i grafici che evidenziano la distribuzione delle Intensità risentite al sito ( $I_s$ ) dei terremoti verificatisi, rispettivamente, nelle aree di Carlentini, Vizzini e Ragusa dal 1000 al 2002.

**Tabella F-1 - Catalogo sismico di sito dell'area di Carlentini. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011. ( $I_o$  = intensità epicentrale;  $M_w$  = magnitudo;  $I_s$  = intensità risentita al sito).**

$I_s$	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	$I_o$	$M_w$
10-11	1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	11	7.41 ± 0.15
7	1818 03 01 02:45	Monti Iblei	7-8	5.51 ± 0.65
7	1990 12 13 00:24:28	Sicilia sud-orientale	7	5.64±0.09
6-7	1718 02 20	Sicilia orientale	6-7	5.32±0.66
6	1693 07 08 17:50	Monti Iblei	6	4.94±0.64
6	1908 12 28 04:20:24	Calabria meridionale-Messina	11	7.10±0.15
5	1959 12 23 09:29	Piana di Catania	6-7	5.29±0.20

**Figura F.1 - Distribuzione delle intensità risentite al sito ( $I_s$ ) dei terremoti verificatisi nell'area di Carlentini dall'anno1000 al 2002**

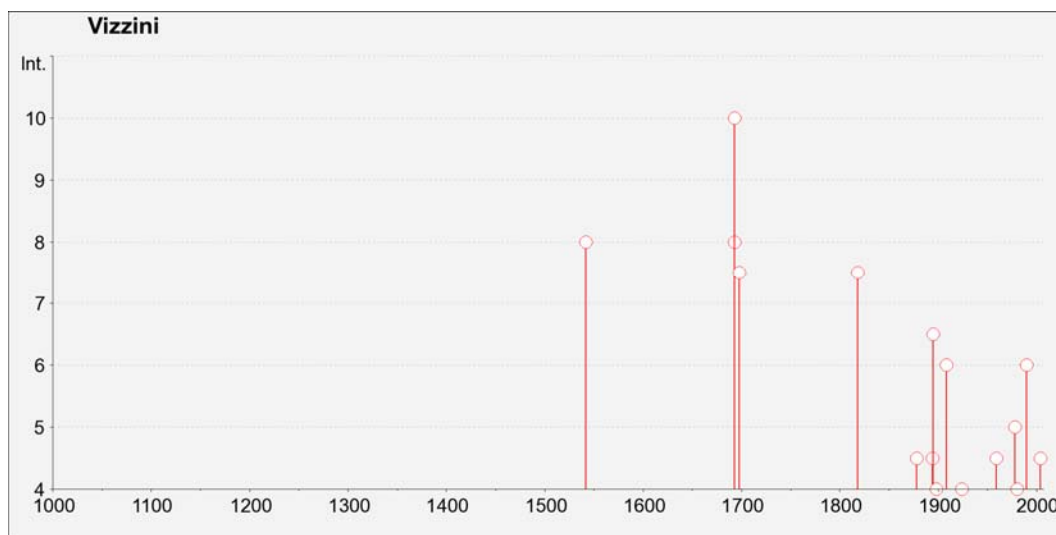




**Tabella F-2 - Catalogo sismico di sito dell'area di Vizzini. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011. (Io = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Is = intensità risentita al sito).**

Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Io	Mw
10	1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	11	7.41 ± 0.15
8	1542 12 10 15:15	Siracusano	10	6.77 ± 0.32
8	1693 01 09 21:00	Val di Noto	8-9	6.21 ± 0.31
7-8	1698 01 01	Vizzini	7-8	5.86 ± 0.71
7-8	1818 03 01 02:45	Monti Iblei	7-8	5.51 ± 0.65
6-7	1895 04 13 15:01	Vizzini	6-7	4.89 ± 0.45
6	1908 12 28 04:20:24	Calabria meridionale-Messina	11	7.10 ± 0.15
6	1990 12 13 00:24:28	Sicilia sud-orientale	7	5.64 ± 0.09
5	1978 04 15 23:33:47	Golfo di Patti		6.06 ± 0.09

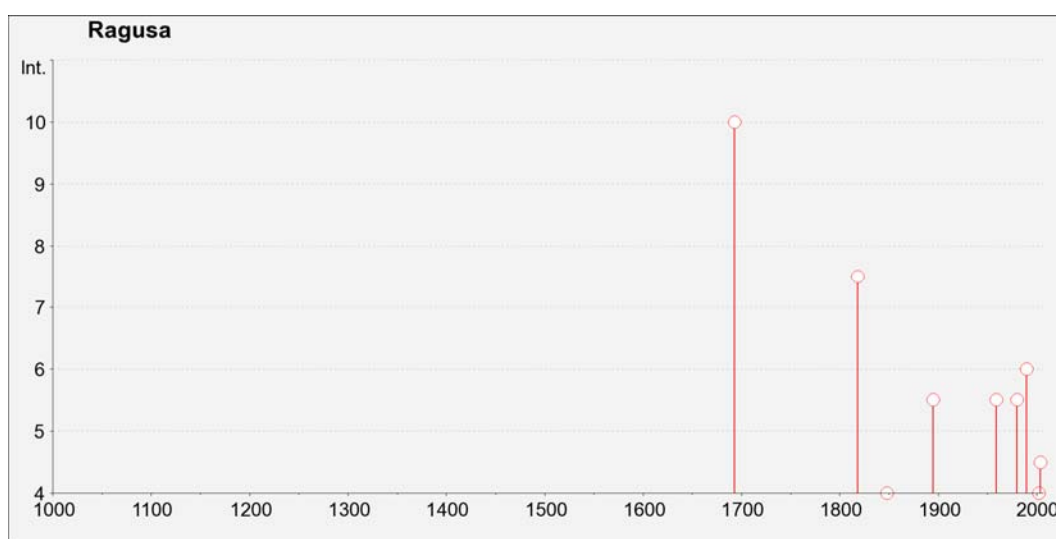
**Figura F.2 - Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Vizzini dall'anno 1000 al 2002**



**Tabella F-3 - Catalogo sismico di sito dell'area di Ragusa. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011. (Io = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Is = intensità risentita al sito).**

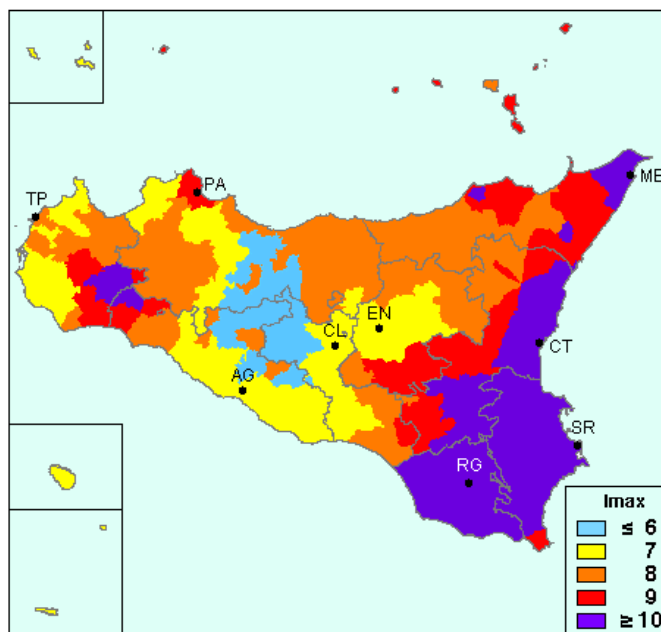
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Io	Mw
10	1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	11	7.41 ± 0.15
7-8	1818 03 01 02:45	Monti Iblei	7-8	5.51 ± 0.65
6	1990 12 13 00:24:28	Sicilia sud-orientale	7	5.64 ± 0.09
5-6	1895 04 13 15:01	Vizzini	6-7	4.89 ± 0.45
5-6	1959 12 23 09:29	Piana di Catania	6-7	5.29 ± 0.20
5-6	1980 01 23 21:21:06	Modica	5-6	4.58 ± 0.14

**Figura F.3 - Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Ragusa dall'anno 1000 al 2002**



Per un maggior approfondimento sono state valutate le Massime Intensità Macrosismiche a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA; tali intensità vengono rappresentate in Figura F.4 (*"Massime Intensità macrosismiche osservate nella Regione Sicilia"*, Molin, Stucchi, Valensise).

**Figura F.4 – Massime Intensità Macrosismiche osservate nella Regione Sicilia (Carta elaborata da D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise per conto del Dipartimento della Protezione Civile – Aprile 1996)**



Con riferimento alla suddetta Figura F.4 ed alla Tabella F-4 sotto riportata, le massime intensità macrosismiche osservate nei Comuni interessati dalle opere in progetto sono  $I_{max} \geq 10$  MCS.

**Tabella F-4 – Massime Intensità Macrosismiche osservate nei Comuni interessati dal progetto in esame**

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	$I_{max}$
RAGUSA	19	88	9	36.92523	14.72884	$\geq 10$
COMISO	19	88	3	36.94574	14.60579	$\geq 10$
CHIARAMONTE GULFI	19	88	2	37.03075	14.70247	$\geq 10$
LICODIA EUBEA	19	87	20	37.15454	14.70043	$\geq 10$
VIZZINI	19	87	54	37.16244	14.75548	$\geq 10$
FRANCOFONTE	19	89	10	37.22966	14.88053	$\geq 10$
LENTINI	19	89	11	37.28460	14.99854	$\geq 10$
CARLENTINI	19	89	6	37.27446	15.01533	$\geq 10$

Relativamente alle Massime Intensità Macrosismiche valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA (elaborato per il DPC a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise) va sottolineato che ad ogni Comune è stato associato un valore di intensità massima osservata oppure "ponderata", espresso in una delle cinque classi seguenti:  $\leq 6$ , 7, 8, 9,  $\geq 10$  e che non si è ritenuto utile differenziare i valori al di sotto del 6° grado e al di sopra del 10°. I valori intermedi sono stati associati alla classe superiore (es.: 6/7 è stato considerato equivalente a 7); questa scelta, unitamente a quella di associare all'intero territorio comunale il valore massimo di intensità

osservato in almeno una località appartenente al Comune stesso e di assegnare un valore "ponderato" nei casi in cui il record storico è molto incompleto, determina una rappresentazione tendenzialmente "pessimista" degli effetti dei terremoti del passato.

## F.2 Azione sismica locale e spettro di risposta elastico

La valutazione della pericolosità sismica locale è stata effettuata utilizzando la procedura indicata nelle NTC/2008 e nella successiva Circolare n°617/2009. In tal senso la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_s > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nell'Allegato B delle NTC/2008. Più precisamente la pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in tale sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Il suddetto lasso di tempo è denominato "periodo di riferimento"  $V_R$ , mentre la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento"  $P_{VR}$ . Il periodo di riferimento  $V_R$  è dato, per ciascun tipo di costruzione, dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N * C_U$$

$V_N$  = vita nominale della costruzione

$C_U$  = coefficiente d'uso dipendente dalla classe d'uso dell'opera

In particolare la vita nominale di una costruzione  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo alla quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.1 dell'Allegato A delle NTC 2008 (Tabella F-5) e deve essere precisata nei documenti di progetto.

**Tabella F-5 – Vita Nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere da NTC 2008**

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Il coefficiente d'uso  $C_U$  esprime la Classe d'uso nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso.

In presenza di Azioni Sismiche, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso, la cui definizione viene di seguito sinteticamente riportata:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie 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, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 novembre 2001 n. 6792) importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Sulla base di quanto indicato nelle normative per le opere in progetto si assume  $V_N \geq 50$  anni (opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale) e una classe d'uso IV a cui corrisponde un valore di  $C_U$  pari a 2.

**Tabella F-6 – Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso da NTC 2008**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0.7	1.0	1.5	2.0

e quindi si ottiene il seguente periodo di riferimento:

$$V_R = 100 \text{ anni}$$

In particolare nella classe d'uso IV sono comprese costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 novembre 2001 n. 6792) importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per quanto riguarda le probabilità  $P_{VR}$  di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$  esse variano al variare dello stato limite considerato. In particolare i valori cui riferirsi per individuare l'azione sismica sono riportati nella Tabella F-7

**Tabella F-7 – Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato da NTC 2008**

STATO LIMITE		$P_{VR}$ - Probabilità di superamento nel periodo di riferimento	
		$V_R$	
Stati Limite di Esercizio	SLO	81%	
	SLD	63%	
Stati Limite Ultimi	SLV	10%	
	SLC	5%	

dove:

**SLO = Stato Limite di Operatività:** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

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

**SLV = Stato Limite di Salvaguardia della Vita:** 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 di resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

**SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso:** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli nei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Fissato il periodo di riferimento  $V_R$  e la probabilità di superamento  $P_{VR}$  il periodo di ritorno  $T_R$  si ricava mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  = valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I parametri  $a_g$ ,  $F_0$ , e  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL, che definiscono lo spettro di risposta elastico di riferimento in accelerazione  $S_e(T)$  dai quali viene poi ricavato lo spettro di progetto  $S_d(T)$ , sono stati ricavati con il programma "Spettri-NTC.ver.1.03" realizzato dal Ministero delle Infrastrutture – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. I suddetti parametri e i grafici degli spettri di risposta elastici di riferimento relativi ai diversi stati limite sono stati calcolati per ogni Comune percorso dalla nuova infrastruttura e sono visualizzati nelle schede di seguito riportate.

## Comune di Ragusa

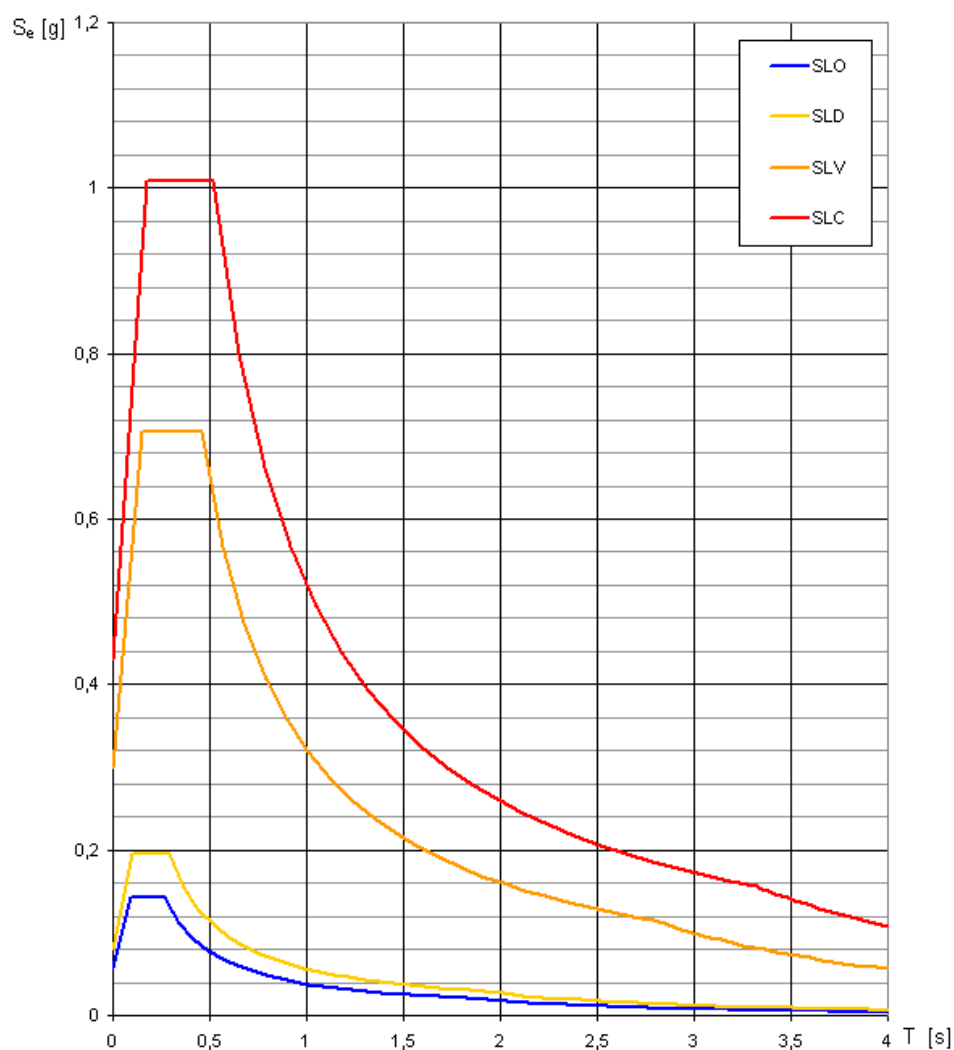
Classificazione sismica: Zona 2

Categoria suolo: Variabile

**Tabella F-8 – Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno TR associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	60	0,057	2,507	0,269
SLD	101	0,080	2,455	0,288
SLV	949	0,299	2,365	0,455
SLC	1950	0,430	2,342	0,514

**Figura F.5 - Spettri di risposta elastici di riferimento per i diversi stati limite**





## Comune di Comiso

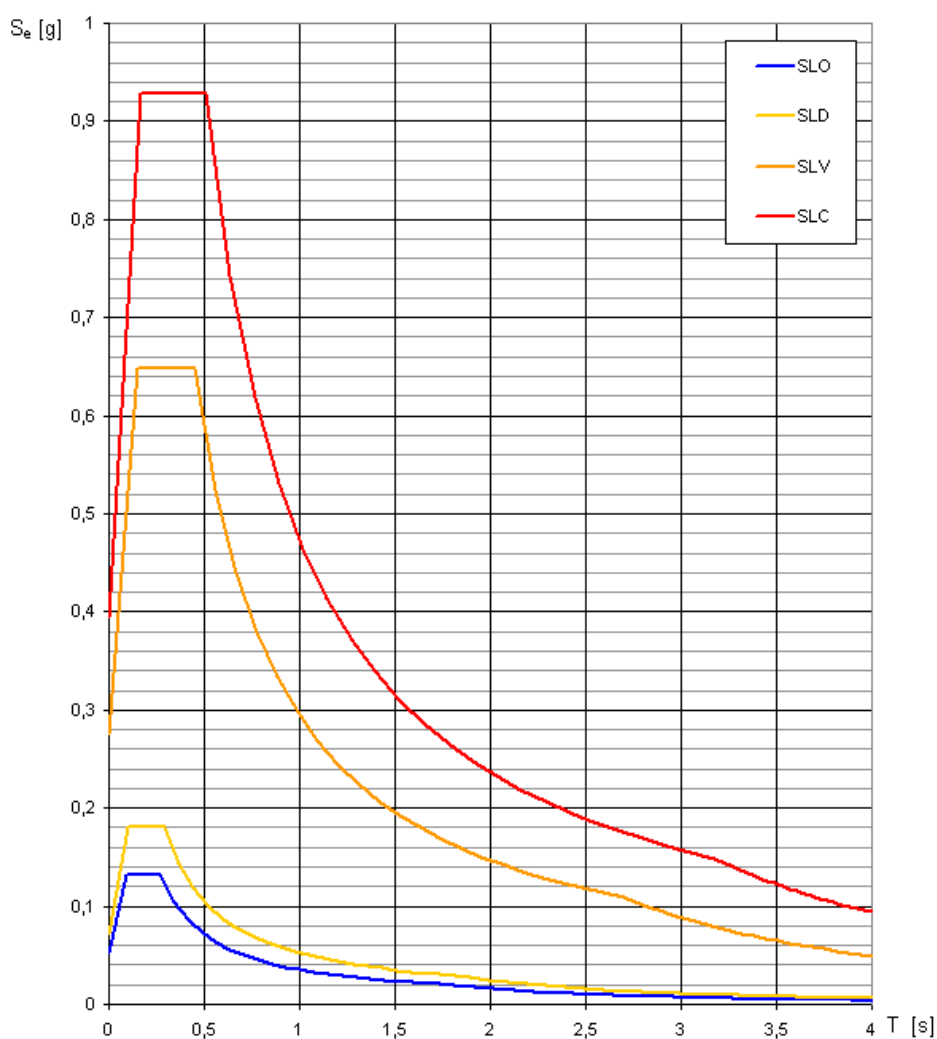
Classificazione sismica: Zona 2

Categoria suolo: Variabile

**Tabella F-9 – Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	60	0,053	2,519	0,267
SLD	101	0,072	2,510	0,289
SLV	949	0,275	2,357	0,453
SLC	1950	0,394	2,354	0,509

**Figura F.6 - Spettri di risposta elastici di riferimento per i diversi stati limite**



## Comune di Chiaramonte Gulfi

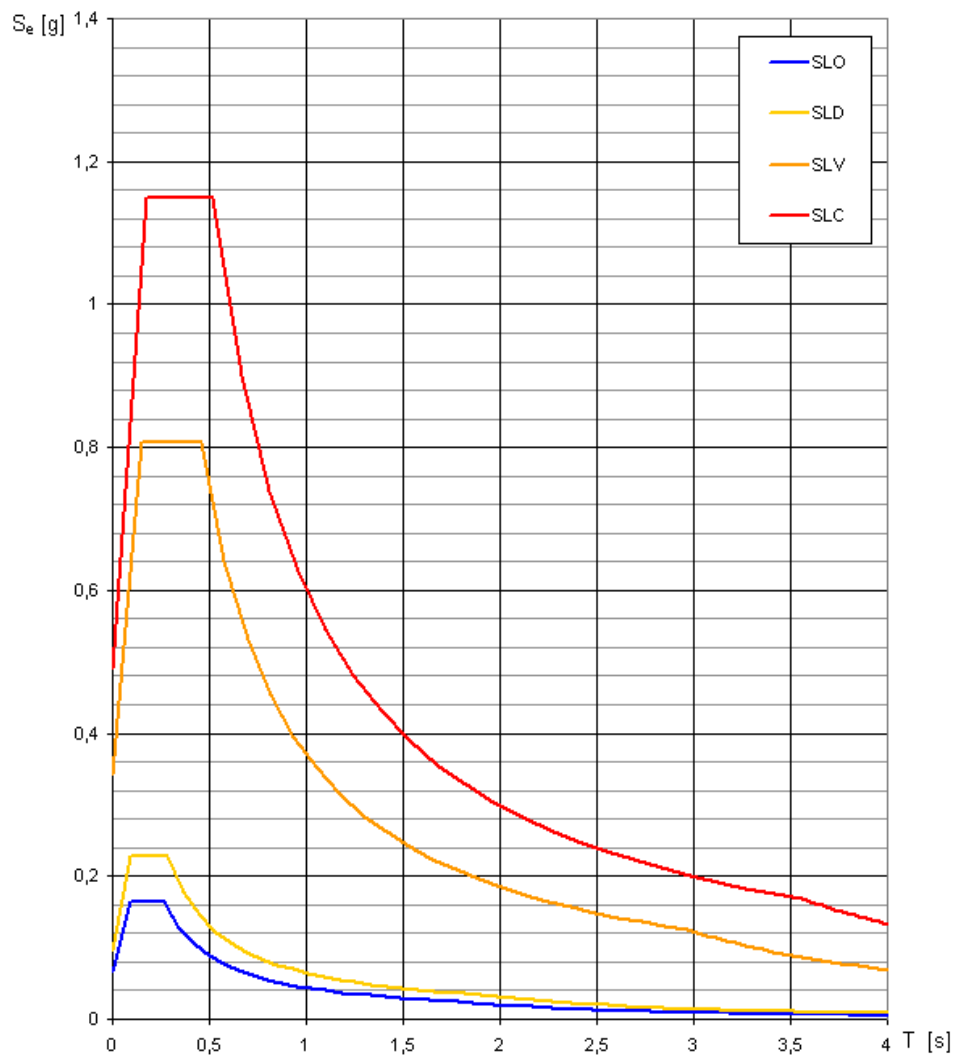
Classificazione sismica: Zona 2

Categoria suolo: Variabile

**Tabella F-10 – Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	60	0,065	2,507	0,270
SLD	101	0,095	2,393	0,285
SLV	949	0,342	2,360	0,459
SLC	1950	0,490	2,347	0,520

**Figura F.7 - Spettri di risposta elastici di riferimento per i diversi stati limite**



## Comune di Licodia Eubea

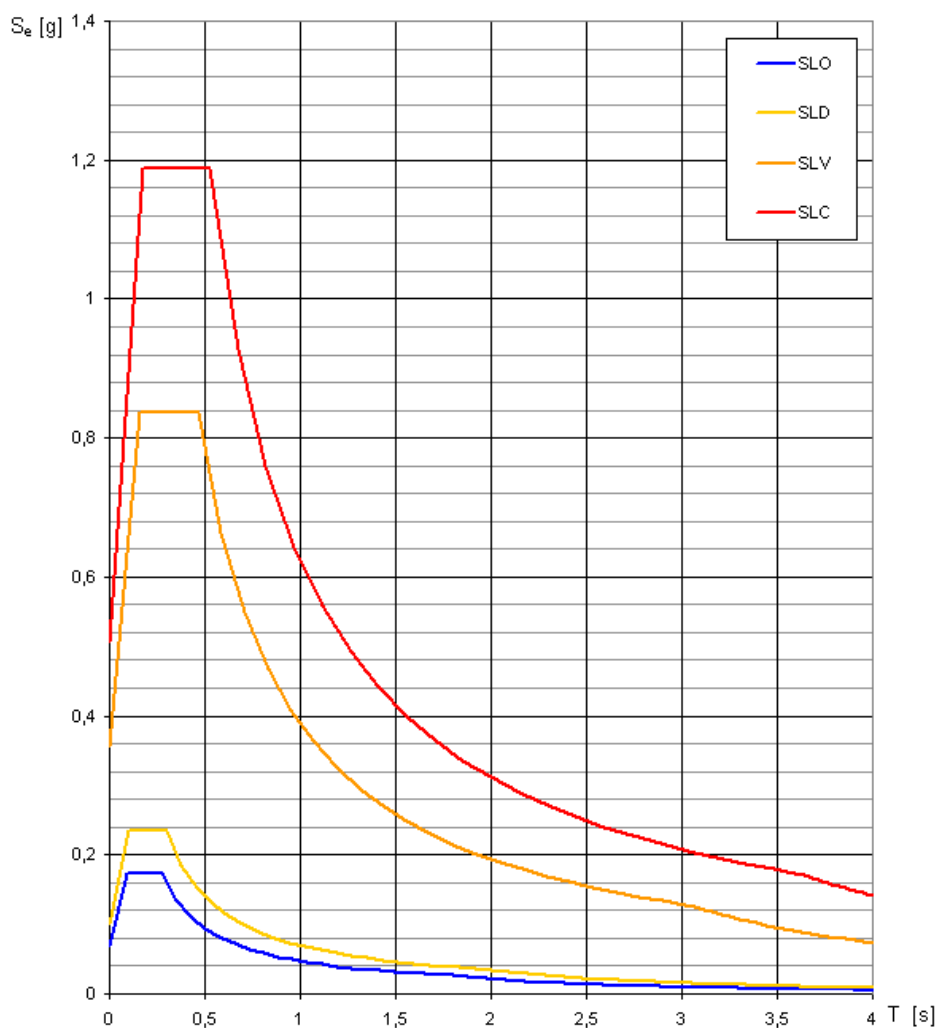
Classificazione sismica: Zona 2

Categoria suolo: Variabile

**Tabella F-11 – Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	60	0,069	2,506	0,274
SLD	101	0,099	2,356	0,298
SLV	949	0,355	2,357	0,464
SLC	1950	0,507	2,345	0,524

**Figura F.8 - Spettri di risposta elastici di riferimento per i diversi stati limite**



## Comune di Vizzini

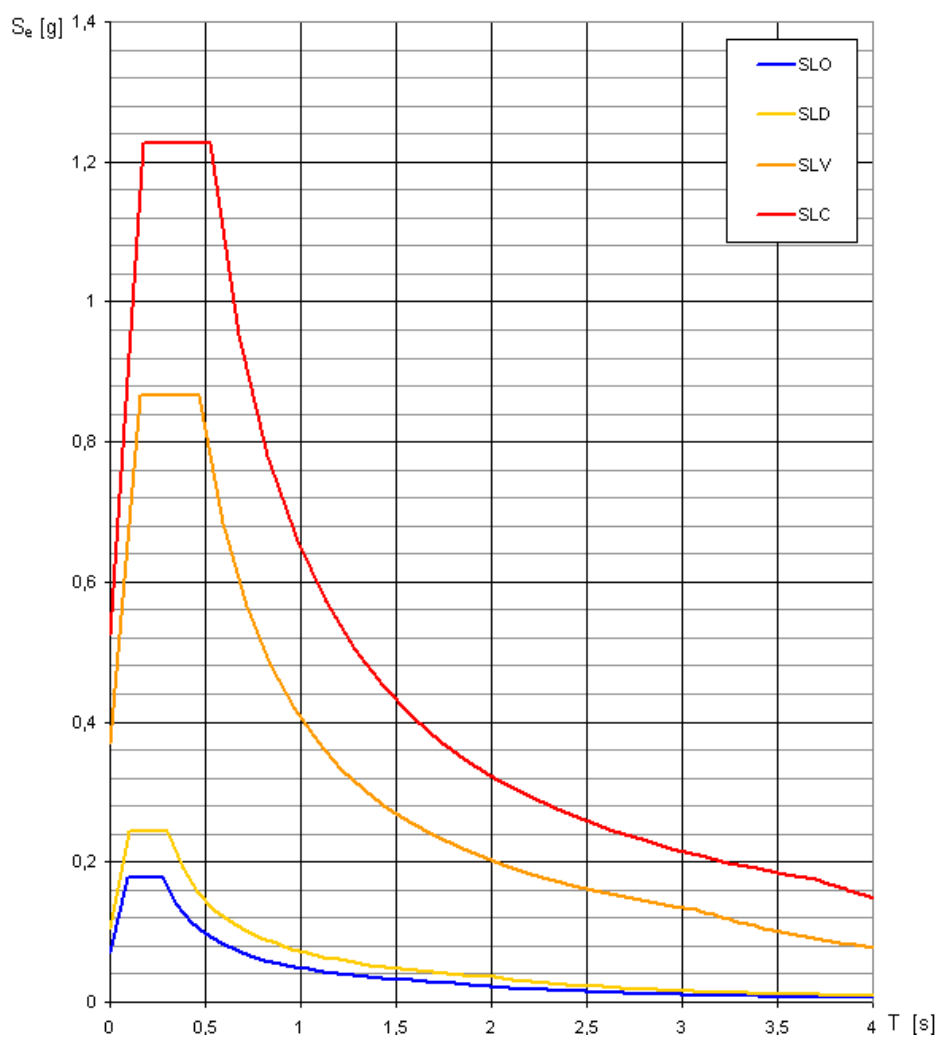
Classificazione sismica: Zona 2

Categoria suolo: Variabile

**Tabella F-12 – Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	60	0,072	2,496	0,274
SLD	101	0,104	2,338	0,298
SLV	949	0,369	2,347	0,467
SLC	1950	0,524	2,342	0,527

**Figura F.9 - Spettri di risposta elastici di riferimento per i diversi stati limite**



## Comune di Francofonte

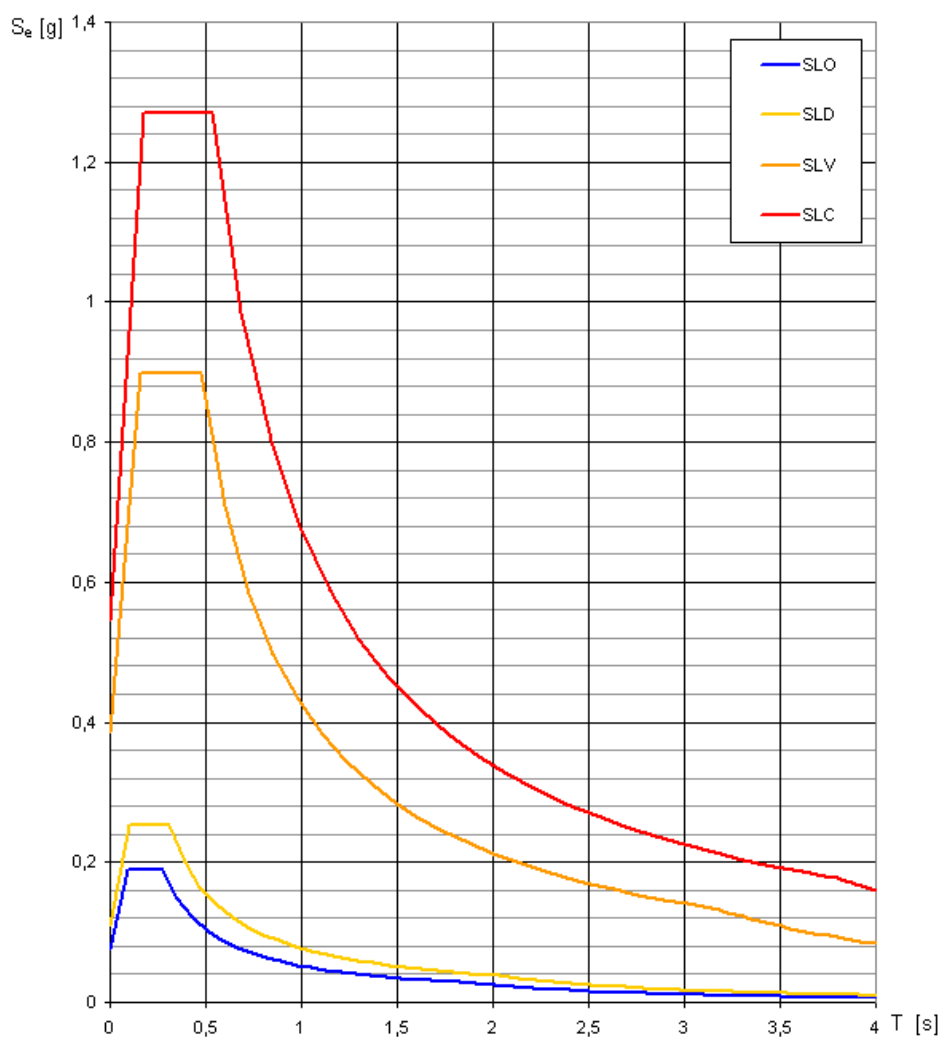
Classificazione sismica: Zona 2

Categoria suolo: Variabile

**Tabella F-13 – Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	60	0,076	2,490	0,275
SLD	101	0,109	2,323	0,305
SLV	949	0,386	2,331	0,472
SLC	1950	0,544	2,335	0,532

**Figura F.10 - Spettri di risposta elastici di riferimento per i diversi stati limite**



## Comune di Lentini

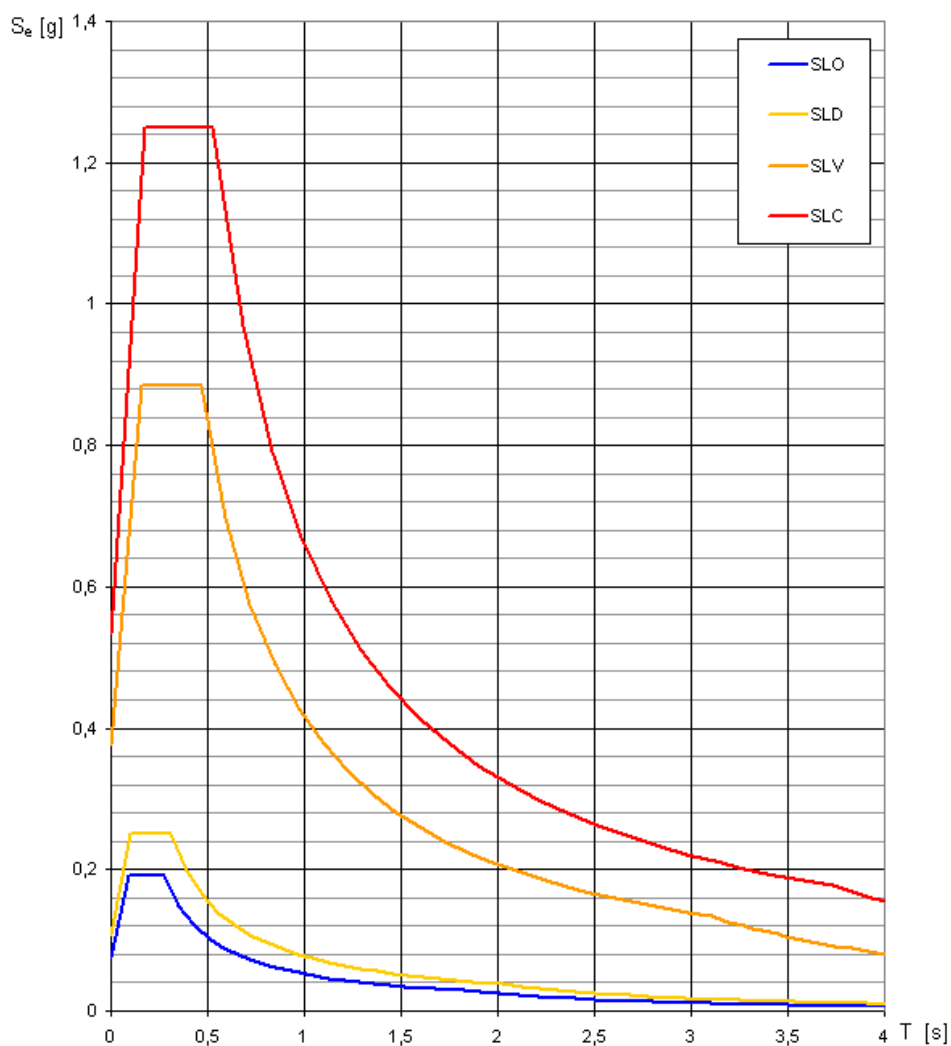
Classificazione sismica: Zona 2

Categoria suolo: Variabile

**Tabella F-14 – Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	60	0,076	2,501	0,274
SLD	101	0,107	2,357	0,308
SLV	949	0,377	2,344	0,469
SLC	1950	0,534	2,341	0,528

**Figura F.11 - Spettri di risposta elastici di riferimento per i diversi stati limite**



## Comune di Carlentini

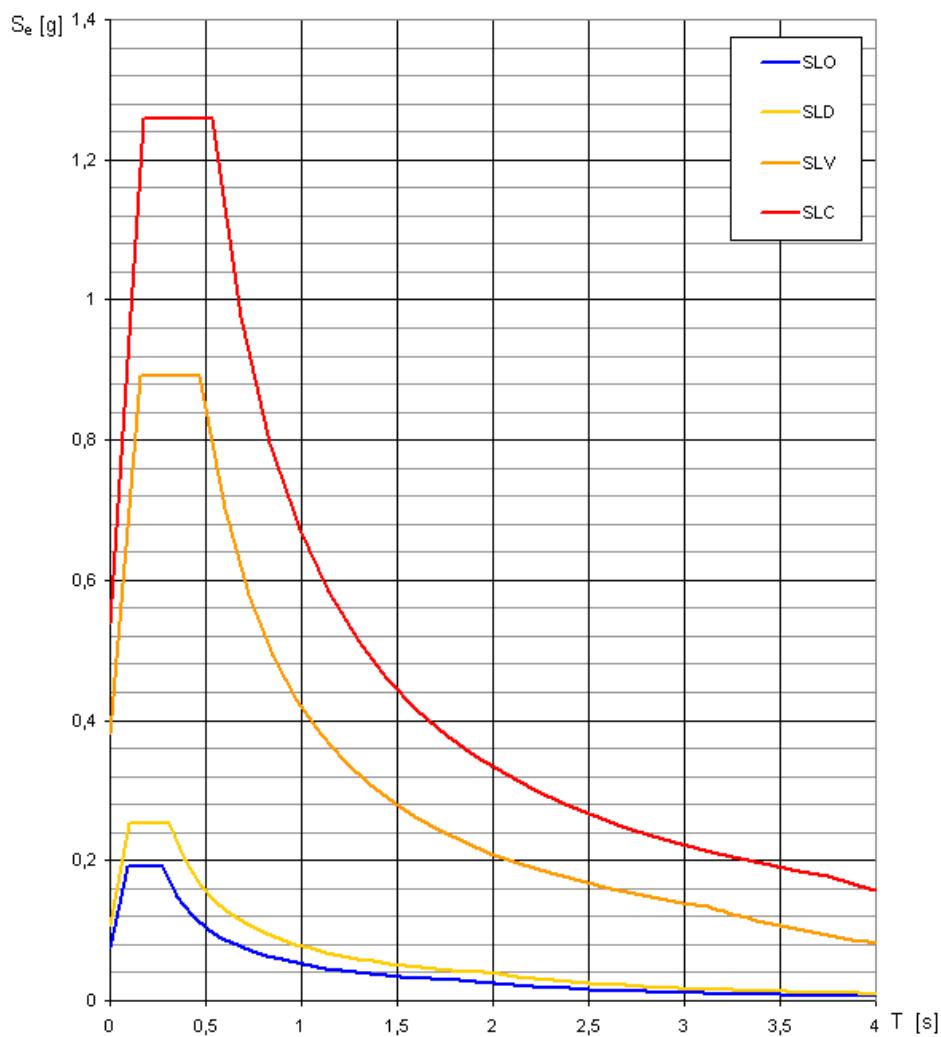
Classificazione sismica: Zona 2

Categoria suolo: Variabile

**Tabella F-15 – Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	60	0,076	2,500	0,275
SLD	101	0,108	2,342	0,308
SLV	949	0,380	2,341	0,470
SLC	1950	0,538	2,339	0,529

**Figura F.12 - Spettri di risposta elastici di riferimento per i diversi stati limite**



## G OPERE D'ARTE

La strategia di protezione sismica delle opere d'arte si basa sull'applicazione dei principi delineati nelle norme tecniche DM 14.01.2008 e nella circolare applicativa Circolare 02.02.2009 n. 617, nel rispetto degli stati limite di esercizio e degli stati limite ultimi.

Dal momento che le strutture in progetto non vengono dotate di elementi dissipativi, si sono adottati i seguenti comportamenti strutturali:

- a. Comportamento Dissipativo, utilizzato per la progettazione antisismica delle opere d'arte principali, dei Cavalcavia e degli Edifici;
- b. Comportamento Non Dissipativo, utilizzato per la progettazione delle opere d'arte stradali minori (muri, scatolari in c.a., paratie, etc)

In particolare per le opere in linea e per i Cavalcavia, la scelta di non adottare l'isolamento sismico delle opere è motivata dal fatto che, dimensionando opportunamente le sezioni critiche e quindi conferendo l'adeguata duttilità con il proporzionamento delle armature, i livelli sollecitativi sulla struttura si attestano a valori del tutto comparabili a quelli raggiunti con l'isolamento strutturale addivenendo in alcuni casi (pile di altezza maggiore di 30 m) a dimensionamenti più vantaggiosi. Tale scelta comporta inoltre il fatto di poter impiegare per gli apparecchi di appoggio tipologie del tutto consuete che permettono di contenere i costi di ispezione e manutenzione delle opere in quanto si ricorre a prodotti di impiego commerciale di cui sono noti i cicli di controllo e la vita media; chiaramente tutti gli apparecchi di appoggio saranno dotati della marchiatura CE al fine di poter essere rispettosi dei requisiti richiesti dalle norme tecniche. È evidente che a seguito di eventi sismici di particolare intensità sarà necessario operare opportuni interventi di rinforzo localizzati al fine di ripristinare la sicurezza strutturale ma, fino a che ciò non accada, i costi di gestione e manutenzione dell'opera sono sostanzialmente inferiori rispetto ad una soluzione con l'impiego di apparecchi di isolamento sismico.

Nei riguardi degli edifici il controllo della dissipazione dell'energia sismica tramite la duttilità strutturale appare la soluzione economicamente più vantaggiosa e di pratica corrente grazie alla elevata iperstaticità strutturale dei telai in c.a. costituenti lo scheletro strutturale portante; inoltre la categoria di edifici in questione non sono adibiti a scopi che richiedono la piena funzionalità anche dopo l'evento sismico. Per quanto detto, anche in tal caso non si è fatto ricorso a sistemi di isolamento sismico.



Per quanto riguarda le opere d'arte stradali minori quali muri, scatolari in c.a. e paratie, le normative non prevedono l'adozione di comportamenti strutturali dissipativi dal momento che si tratta di opere interagenti con il terreno; si è fatto pertanto ricorso ad una progettazione che tenga conto anche per gli stati limiti ultimi, di comportamenti strutturali rientranti essenzialmente in campo elastico con livelli di sollecitazioni sismiche dedotte a partire dagli spettri riportati nei paragrafi precedenti senza ridurne le ordinate.

### **G.1 Opere Maggiori: Viadotti**

Il criterio generale di progettazione applicato a tutti i Viadotti e ponti in linea e ai Cavalcavia è quello di Gerarchia delle Resistenze per cui si individuano le zone critiche a comportamento non lineare che, grazie allo snervamento delle armature, consentono la dissipazione dell'energia sismica mantenendo le rimanenti parti strutturali sostanzialmente in campo lineare.

Nel caso dei viadotti, l'organismo strutturale è concepito e dimensionato pertanto in modo tale che sotto l'azione sismica di progetto per lo SLV esso dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile, nel quale la dissipazione è limitata alle pile e più precisamente alle zone di cerniera plastica posta alla base delle medesime; il proporzionamento della struttura è tale pertanto da favorire l'impegno plastico di queste ultime per mezzo di un comportamento inelastico dissipativo di tipo flessionale, con esclusione di possibili meccanismi di rottura per taglio (criterio della "gerarchia delle resistenze"). Ciò implica che il dimensionamento a taglio della pila e le azioni orizzontali sugli apparecchi d'appoggio sono calcolati applicando il fattore di sovra-resistenza  $\gamma_0$  (funzione del fattore di struttura  $q$  applicato) che garantisce la formazione della cerniera plastica alla base della pila prima che si verifichino rotture fragili in altre parti della struttura.

Per i motivi appena descritti, è possibile applicare l'azione sismica in direzione longitudinale e trasversale attraverso lo spettro elastico di normativa ridotto del corrispondente fattore di struttura  $q$  sostituendo, nelle espressioni che descrivono i rami dello spettro, il fattore  $\eta$  (relativo allo smorzamento viscoso) con il fattore  $1/q$  (come prescritto dal DM 14.01.2008 al punto 3.2.3.5). Per le opere di maggiore estensione longitudinale, al fine di ridurre le sollecitazioni sulla spalla fissa, si è fatto ricorso ad un sistema di ancoraggio che sfrutta la duttilità del paraghiaia il quale agisce come elemento dissipativo in virtù a duttilità controllata

Il valore del fattore di struttura  $q$  che si utilizza è calcolato, per ogni direzione, mediante la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

nella quale  $q_0$  è il valore massimo del fattore di struttura e  $K_R$  è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità dell'opera.

Il valore massimo del fattore  $q_0$ , nel caso di elementi di classe di duttilità alta, vale:

$$q_0 = 3,5 \cdot \lambda .$$

In quest'ultima espressione il parametro  $\lambda$  è calcolato in funzione del rapporto  $\alpha$  tra la distanza  $L$  della sezione di cerniera plastica dalla sezione di momento nullo e la dimensione  $H$  della sezione nel piano di inflessione della cerniera plastica ( $\alpha = L/H$ ).

In particolare:

$$\lambda(\alpha) = 1 \quad \text{se} \quad \alpha \geq 3 ; \quad \lambda(\alpha) = \sqrt{\frac{\alpha}{3}} \quad \text{se} \quad 3 > \alpha \geq 1$$

Il requisito di regolarità e quindi l'applicabilità di un valore  $K_R = 1$  è verificato a posteriori secondo quanto previsto al punto 7.9.2 del D.M. 14 gennaio 2008.

Per la componente verticale dell'azione sismica il valore  $q$  utilizzato è pari a  $q = 1$ .

Per quanto attiene invece alla definizione degli spettri di progetto, la definizione dei parametri base forniti dalle norme è stata contestualizzata per ciascuna opera individuando le coordinate del punto planimetricamente baricentrico della struttura e con queste individuare i punti del reticolo da utilizzare per definire le caratteristiche sismiche relative; in tal modo si valuta con più correttezza la risposta sismica locale di ciascuna struttura. Le coordinate di riferimento geografico ed i dati di caratterizzazione sismica sono riportati per ciascuna opera nelle relative relazioni di calcolo.

## G.2 Opere Minori: Cavalcavia

Per i cavalcavia i meccanismi di dissipazione sono ovviamente ridotti trattandosi essenzialmente di ponti ad un'unica campata vincolati longitudinalmente ad una spalla.

La normativa consente di adottare un fattore generale di struttura  $q = 1.5$  da applicare alle spalle giustificato dal fatto che nella struttura in c.a. di tali elementi si verificano sempre meccanismi dissipativi legati alla duttilità delle armature di rinforzo in acciaio ed a limitati comportamenti non lineari.

Con tale valore di  $q$  è possibile ridurre le ordinate spettrali per la determinazione delle azioni sismiche e, come delineato dal DM 14.01.2008, il fattore di sovra resistenza  $\gamma_0$  risulta pari a 1 senza la necessità di incremento delle sollecitazioni nelle zone al di fuori delle sezioni critiche.

Anche per i Cavalcavia si sono impiegate le coordinate geografiche di ciascuna opera per la determinazione delle caratteristiche sismiche di definizione della risposta sismica locale; tali valori sono dichiarati per ciascuna opera nelle rispettive relazioni di calcolo.

### **G.3 Opere Minori: Muri, Paratie, Sottovia, Cordoli e Tombini. Manufatto di attraversamento ferroviario**

In merito alle opere d'arte minori in linea, ai tombini e al manufatto di attraversamento ferroviario (quest'ultimo rientrante nelle opere d'arte maggiori), come già descritto in precedenza il comportamento assunto rientra in campo elastico e pertanto l'azione sismica di progetto è dedotta a partire dagli spettri riportati nei paragrafi precedenti senza ridurre le ordinate.

Per ciascuna opera sono state determinate le coordinate geografiche del punto planimetricamente baricentrico della struttura e a partire da queste le caratteristiche sismiche relative; le coordinate di riferimento geografico ed i dati di caratterizzazione sismica sono riportati per ciascuna opera nelle relative relazioni di calcolo.

## H BIBLIOGRAFIA

BARBERI F., CIVETTA L., GASPARINI P., INNOCENTI F., SCANDONE R. & VILLARI L. (1974) - Evolution of a section of the Africa-Europe plate boundary: paleomagnetic and volcanological evidence from Sicily. *Earth and Planetary Sc. Letters*, 22, 123-132.

BIANCHI F., CARBONE S., GRASSO M., INVERNIZZI G., LENTINI F., LONGARETTI G., MERLINI S. & MOSTARDINI F. (1987) - Sicilia orientale. Profilo geologico Nebrodi-Iblei. Questo volume. *Mem. Soc. Geol. It.*, 38 (1987), 127-135.

BOMMARITO S. & LA ROSA N. (1972) - Ricerche sulla estensione dell'orizzonte fosfatifero nella regione iblea. *Riv. Min. Sic.*, 13 (76-78), 1-7.

CARBONE S. & LENTINI F. (1981a) - Caratteri deposizionali delle vulcaniti del Miocene superiore negli Iblei (Sicilia sud-orientale). *Geol. Romana*, 20, 79-101.

CARBONE S. & LENTINI F. (1981b) - Rapporti tra vulcanismo miocenico e tettonica nel settore orientale dei M. Iblei (Sicilia Sud-Orientale,). *Rend. Soc. Geol. It.*, 4, 245-248.

CARBONE S. (1985) - I depositi pleistocenici del settore nord-orientale ibleo tra Agnone e Melilli (Sicilia SE): Relazione tra facies e lineamenti strutturali. *Boll. Soc. Geol. It.*, 104, 405-420.

CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI E., LOMBARDO O. & PATANÉ G. (1982b) - Elementi per una prima valutazione dei caratteri sismotettonici dell'Avampese Ibleo (Sicilia Sud-Orientale). *Mem. Soc. Geol. It.*, 24, 507-520.

CARBONE S., DI GERONIMO I., GRASSO M., IOZZIA S. & LENTINI F. (1982c) - I terrazzi marini quaternari dell'area Iblea (Sicilia sud-orientale). *Contr. alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia C.N.R., P.F. Geodinamica*, pubbl. n. 506, 35 pp.

CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI E. (1982d) - Elementi per una valutazione degli eventi tettonico-sedimentari dal Cretaceo al Quaternario nella Sicilia Sud-Orientale. In: *Guida alla Geologia della Sicilia occidentale*, Palermo, 103-109.

CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1982a) - Considerazioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia sud-orientale dal Cretaceo al Quaternario. *Mem. Soc. Geol. It.*, 24, 367-386.

CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1982d) - Elementi per una valutazione degli eventi tettonico-sedimentari dal Cretaceo al Quaternario nella Sicilia Sud-Orientale. In: *Guida alla Geologia della Sicilia occidentale*, Palermo, 103-109.

CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1987) – Lineamenti geologici del Plateau Ibleo (Sicilia S.E.). Presentazione delle carte geologiche della Sicilia sud-orientale. Mem. Soc. Geol. It., 38, 127-135.

CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G., MAUGERI PATANE' G. (1982) - Elementi per una prima valutazione dei caratteri sismotettonici dell'avampaese ibleo (Sicilia Sud-Orientale). Mem. Soc. Geol. It., 1982, Volume 24, Fascicolo 3, pp. 507 – 520.

CARBONE S., GRASSO M., LENTINI F., PEDLEY H.M. (1982) - Cretaceous to Miocene facies of the Hyblean Plateau, S.E. Sicily. Rend. Soc. Geol. It., 1982, Volume 5, Fascicolo 1, pp. 43 – 44.

CARBONE S., GRASSO M., LENTINI F. (1982) - Considerazioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia sud-orientale dal Cretaceo al Quaternario. Mem. Soc. Geol. It., 1982, Volume 24, Fascicolo 2, pp. 367 – 386.

CARVENI P., GRASSO M.F., ROMANO R., TRICOMI S. (1991) - Vulcanismo del margine settentrionale ibleo. Mem. Soc. Geol. It., 1991, Volume 47, pp. 417 – 429.

CASERO P., CITA MB., CROCE M. & DE MICHELI A. (1984) - Tentativo di interpretazione evolutiva della Scarpata di Malta basata su dati geologici e geofisici. Mem. Soc. Geol. It., 27, 233-253.

CITA MB., BENELLI F., BIGIOGGERO B., CHEZAR H., COLOMBO A., FANTINI SESTINI N., LEGNANI E., MALINVERNO A., MASSIOTTA P., PAGGI L. & PREMOLI SILVA I. (1980) - Contribution to the geological exploration of the Malta Escarpment. Riv. Ital. Paleont. Strat., 86, 317-357.

COLACICCHI R. (1963) - Geologia dei territorio di Pachino. Geol. Romana, 2, 343-404.

CONTI M.A., DI GERONIMO I., ESU D. & GRASSO M. (1979) - Il Pleistocene in facies limnica di Vittoria. Geol. Romana, 18, 93-104.

CRISTOFOLINI R. (1969) - Le vulcaniti del Miocene superiore e del Pliocene inferiore nella zona compresa tra Mineo, Polagonia e Vizzini (Altopiano Ibleo). Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, e. 7, 1, 211- 238.

CRISTOFOLINI R. (1967) - Le vulcaniti plio-pleistoceniche al margine settentrionale dell'Altopiano Ibleo. Atti Aee. Gioenia Sc. Nat. Catania, s. 6, 18, 265-270.

DI GERONIMO I. (1979) - Il Pleistocene in facies batiale di Valle Palione (Grammichele, Catania). Boll. Malac., 15, 85-156.

DI GERONIMO I., GHISSETTI F., LENTINI E. & VEZZANI L. (1978) - Lineamenti neotettonici della Sicilia orientale. Mem. Soc. Geol. 11., 19, 543-549.

DI GRANDE A. & ROMEO M. (1980) - Caratteri lito-biostratigrafici dei depositi messiniani nell'area Iblea (Sicilia sud-orientale). Riv. It. Pal., 83, 855-916.

DI GRANDE A. & SCAMARDA G. (1973) - Segnalazione di livelli a *Strombus Bubonius LAMARK* nei dintorni di Augusta (Siracusa). Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, 11(4), 157-172.

DI GRANDE A. (1967) - I sedimenti pleistocenici del margine settentrionale dell'Altopiano Ibleo. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, 18 (6), 247-263.

DI GRANDE A., GRASSO M. & ROMEO M. (1977) - Stratigrafia dei terreni affioranti nei dintorni di Ragusa. Riv. It. Pal., 83, 137-178.

DI GRANDE A., GRASSO M. (1977) - Lineamenti geologici del margine occidentale ibleo nei dintorni di Comiso-Ragusa (Sicilia). Boll. Soc. Geol. It., 1977, Volume 96, Fascicolo 1-2, pp. 209-224.

DI GERONIMO I., GHISSETTI F., GRASSO M., LENTINI E., SCAMARDA G. & VEZZANI L. (1980) - Dati preliminari sulla neotettonica della Sicilia sud-orientale. Fogli 273 (Caltagirone), 274 (Siracusa), 275 (Scoglitti), 276 (Ragusa) e 277 (Nato). Contributi preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia, PE. Geodinamica, pubbl., 356. 747-773.

GHISSETTI E. & VEZZANI L. (1980) - The structural features of the Iblean Plateau and of the Mount Judica area (South-Eastern Sicily): a microtectonic contribution to the deformational history of the Calabrian At. Boll. Soc. Geol. It., 99, 57-102.

GRASSO M. & LENTINI E. (1982) - Sedimentary and tectonic evolution of the eastern Hyblean Plateau (Southeastern Sicily) during Late Cretaceous to Quaternary time. *Palaeo* 3, 39, 261-280.

GRASSO M. (1999) - Carta geologica del settore centro-meridionale dell'Altopiano Ibleo (Provincia di Ragusa, Sicilia sud-orientale).

GRASSO M., LENTINI E. & PEDLEY H.M. (1982) - Late Tortonian-Lower Messinian (Miocene) palaeogeography of SE. Sicily. Information from two new formations of the Sortino Group. *Sedimentary Geology*, 32, 279-300.

GRASSO M., LENTINI E., LOMBARDO O. & SCAMARDA G. (1979) - Distribuzione delle facies cretaceo-mioceniche lungo l'allineamento Augusta-M. Lauro (Sicilia Sud-Orientale). Boll. Soc. Geol. It., 98, 175-188.

GRASSO M., LENTINI E., NAIRN A.E.M. & VIGLIOTTI L. (1983) - A geological and palaeomagnetic study of the Hyblean volcanic rocks (Sicily). Tectonophysics, 98, 271-295.

GRASSO M., REUTRER CD., BAUMANN H. & BECKER A. (1986) - Shallow crustal stress and neotectonic framework of the Malta platform and the Southeastern Pantelleria rift Central Mediterranean). Geol. Romana, 25.

GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G., SCAMARDA G.. (1979) - Distribuzione delle facies cretaceo-mioceniche lungo l'allineamento Augusta-M. Lauro (Sicilia sud-orientale). Boll. Soc. Geol. It., 1979, Volume 98, Fascicolo 2, pp. 175 – 188.

GRASSO M., PEDLEY H.M., MANISCALCO R., RUGGIERI R.. (2000) - Geological context and explanatory notes of the "Carta Geologica del settore centro-meridionale dell'Altopiano Ibleo". Mem. Soc. Geol. It., 2000, Volume 55, pp. 45 - 52

GRASSO M., PHILPS B., REUTHER C.D., GAROFALO P., STAMILLA R., ANFUSO G., DONZELLA G., CULTRONE G.. (2000) - Pliocene-Pleistocene tectonics on the western margin of the Hyblean Plateau and the Vittoria Plain (SE Sicily). Mem. Soc. Geol. It., 2000, Volume 55, pp. 35 – 44

GRUPPO DI LAVORO CPTI (2004). *Catalogo Parametrico Terremoti Italiani*, versione 2011. INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>.

GRUPPO DI LAVORO MS, 2008. *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Cd-rom.

ILLIES .J.H. (1980) - Form and formation of graben structures: the Maltese Islands. In H. Closs. KV. GEHILEN, H. ILLIES, E. KUNTZ, J. NEUMANN & E. SEIBOLD (Editors): *Mobile Earth* Boldt, Boppard, 16 1-184.

ISPRA & SINANET - Progetto IFFI – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia; <http://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartanetiffi/carto3.asp?cat=42&lang=IT>.

ILLIES J.H. (1981) - Graben formation - The Maltese Islands - a case history. Tectonophysics, 73, 151- 168.

- KAFKA F.T. & KIRKBRIDE R.K. (1959) - The Ragusa oil field (Sicily). 5th World Petr. Congr., Proc. Geol., Sect. 1, New York.
- LENTINI F. & VEZZANI L. (1978) - Tentativo di elaborazione di uno schema strutturale della Sicilia orientale. Boll. Soc. Geol. It., 19, 495-500.
- LENTINI F. (1982) - The geology of the Mt. Etna basement. Mem. Soc. Geol. It., 23, 7-25.
- LENTINI F., CARBONE S. & GRASSO M. (1984) – Carta geologica della Sicilia sud-orientale, scala 1:100.000. S.EL.CA., Firenze.
- LENTINI F., GRASSO M. & CARBONE S. (1987) - Introduzione alla geologia della Sicilia e guida all'escursione. In «Convegno Soc. Geol. It», Naxos-Pergusa, Aprile 1987.
- LENTINI F., CARBONE S., CATALANO S., GRASSO M., MONACO C.. (1991) - Presentazione della Carta Geologica della Sicilia centro-orientale. Mem. Soc. Geol. Italiana, 1991, Volume 47, pp. 145 - 156.
- LENTINI F., CARBONE S., CATALANO S., GRASSO M.. (1996) - Elementi per la ricostruzione del quadro strutturale della Sicilia orientale. Mem. Soc. Geol. It., 1996, Volume 51, Fascicolo 1, pp. 179 – 195.
- LONGARETTI G. & ROCCHI S.(1990) - Il magmatismo dell'avampese ibleo (Sicilia orientale) tra il Trias e il Quaternario: dati stratigrafici e petrologici di sottosuolo: Mem. Soc. Geol.It., 45, 911-925.
- MONTANARI L., RIO D. & SPROVIERI R. (1984) - Studio micropaleontologico della sezione del Cretaceo in feriore di Licodia Eubea (Catania). Boll. Soc. Paleont.It., 23(3), 451-471.
- PATACCA E., SCABDONE P., GIUNTA G. & LIGUORI V. (1979) – Mesozoic paleotectonics of the Ragusa zone (Southeastern Sicily). Geol. Romana, 18, 33 1-369.
- PEDLBY H.M. (1981) - Sedimentology and palaeoenvironment of the south-east Sicilian Tertiary platform carbonates. Sedimentary Geology, 28, 273-291.
- PEDLEY H.M. & BENNET S.M. (1985) - Phosphorites, hardgrounds and syndepositional subsidence structures: a palaeoenvironmental model from the Miocene of the Maltese Islands. Sedimentary Geology, 45, 1-34.
- PEDLEY H.M., GRASSO M., MANISCALCO R., BEHNCKE B., DI STEFANO A., GIUFFRIDA S., STURIALE G.. (2001). The sedimentology and palaeoenvironment of Quaternary temperate carbonates and their distribution around the northern Hyblean Mountains (SE Sicily). Boll. Soc. Geol. It., 2001, Volume 120, Fascicolo 2-3, pp. 233 - 255.



PIERI M. (1967) - Caratteristiche sedimentologiche del limite Cretacico-Terziario nella zona di Monterosso Almo (Monti Iblei, Sicilia sud-orientale). Riv. It. Paleont., 73, 1259-1294.

Regione Siciliana - Assessorato del territorio e dell'ambiente - Dipartimento dell'ambiente - Servizio III - Assetto del territorio e difesa del suolo - Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico; <http://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/index.htm>.

REUTHER CD. (1984) - Tectonics of the Maltese Islands. Centro, 1, 1-16.

REUTHER CD. (1987) - Extensional tectonics within the Central Mediterranean segment of the Afro-European zone of convergence. Mem. Soc. Geol. It., 38 (1987).

RIGO M. & BARBIERI F. (1959) - Stratigrafia pratica applicata in Sicilia. Boll. Serv. Geol. It., 80, 351-441.

RIGO M. & CORTESINI A. (1961) - Contributo alla conoscenza strutturale della Sicilia sud-orientale. Boll. Serv. Geol. It., 81, 349-369.

ROMEO M. & SCIUTO F. (1987) - Stratigrafia micropaleontologica delle successioni mioceniche dell'alta valle del Fiume Tellaro (Sicilia sud-orientale). Mem. Soc. Geol. It., 38 (1987).

SCANDONE P., PATACCA E., RADOICIC R., RYAN W.B.F., CITA M.B., RAWSON M., CHEZAR H., MILLER E., MCKENZIE J. & ROSSI S. (1981) - Mesozoic and Cenozoic rocks from Malta Escarpment (Central Mediterranean). A.A.P.G. Bull., 65, 1299-1319.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1954-57) - Tavole: 272/2/SE (Ponte Dirillo); 274/4/NO (Lentini); 273/1/SE (Francofonte); 273/1/SO (Stazioni di Vizzini-Licodia); 273/3/NE (Licodia Eubea); 273/3/SE (Chiaramonte Gulfi); 273/4/SE (Grammichele).

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1972) - Foglio 652 (Capo Passero) alla scala 1:50.000.