

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. PA898

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI - GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott. Ing. N.Granieri
Dott. Ing. F.Durastanti
Dott. Ing. V.Truffini
Dott. Arch. A.Bracchini
Dott. Ing. L.Nani

Dott. Ing. M.Abram
Dott. Ing. F.Pambianco
Dott. Ing. M.Briganti Botta
Dott. Ing. L.Gagliardini
Dott. Geol. G.Cerquiglini

MANDANTI:



Dott. Ing. G.Guiducci
Dott. Ing. A.Signorelli
Dott. Ing. E.Moscatelli
Dott. Ing. A.Belà

Dott. Ing. G.Lucibello
Dott. Arch. G.Guastella
Dott. Geol. M.Leonardi
Dott. Ing. G.Parente



Dott. Arch. E.A.E.Crimi
Dott. Ing. M.Panfilì
Dott. Arch. P.Ghirelli
Dott. Ing. D.Pelle

Dott. Ing. L.Ragnacci
Dott. Arch. A.Strati
Archeol. M.G.Liseno



Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. C.Consorti

Dott. Ing. F.Aloe
Dott. Ing. A.Salvemini



Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. G.Pulli
Dott. Ing. F.Macchioni

Dott. Ing. G.Verini Supplizi
Dott. Ing. V.Piunno
Geom. C.Sugaroni



Dott. Ing. P.Agnello

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



GEOLOGIA SISMICA Relazione sismica

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

L O 4 0 8 Z E 2 1 0 1

NOME FILE

T04GE06GEORE01B

REVISIONE

SCALA:

CODICE
ELAB.

T 0 4 G E 0 6 G E O R E 0 1

B

-

B

Revisione a seguito campagna indagini 2021

Nov. 2021

G.Cerquiglini

F. Durastanti

N.Granieri

A

Emissione

Giu 2021

G.Cerquiglini

F. Durastanti

N.Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	5
3.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
3.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	9
4	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	11
5	INQUADRAMENTO SISMICO	13
5.1	SISMICITÀ DELL'AREA.....	13
5.2	SORGENTI SIMOGENETICHE.....	20
5.3	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	23
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	25
6.1	INTERPRETAZIONE INDAGINI SISMICHE	25
6.2	ATTRIBUZIONE DELLE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO.....	26
6.3	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	30
7	STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	32
8	ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	34
8.1	DETERMINAZIONE DEGLI INPUT SISMICI	34
8.2	DETERMINAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA IN SUPERFICIE	35
8.2.1	Il codice di calcolo DEEPSOIL	37
8.3	RISULTATI DELLE ANALISI	41
8.3.1	Sondaggio S198d – Lotto 4 pk 7+807 (Cavalcavia pk 7+789).....	42
8.3.2	Masw M092 – Lotto 4 pk 10+300 (Attraversamento idraulico pk 9+611).....	45
8.3.3	Sondaggio S208d – Lotto 4 pk 12+175 (tratto in rilevato).....	48
8.3.4	Sondaggio S2018d – Lotto 4 pk 15+623 (Manufatto di attraversamento ferroviario).....	51
9	CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TRACCIATO	54

1 PREMESSA

La presente Relazione Sismica è relativa al Progetto esecutivo del lotto 4 (ex lotti 7 e 8 del PD) del progetto di ammodernamento del collegamento viario Ragusa Catania compreso tra lo svincolo della SSS14 di "Chiaramonte" con la SS 115 e lo svincolo della Ragusana.

Lo studio si basa sugli elementi contenuti nel progetto definitivo integrati con una serie di approfondimenti.

Le indagini che sono state effettuate sull'area d'intervento sono state elaborate e utilizzate per la stesura della presente Relazione Sismica secondo i disposti delle normative vigenti.

Pertanto, nella presente relazione, vengono affrontati e descritti i seguenti aspetti:

- Normative di riferimento sia nazionali che regionali
- Sismicità del corridoio di progetto
- Pericolosità sismica
- Classificazione sismica e definizione della categoria di suolo e di sito basata sulle indagini eseguite
- Definizione degli spettri di sito e valutazione di Risposta sismica locale

Il modello sismico di riferimento dell'opera attualmente supportato da un sufficiente numero di indagini sarà approfondito ed integrato in seguito con i risultati di una campagna di indagini integrative in corso di esecuzione.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Eurocodice 8 1998

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture.

Parte 5 Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

- 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.

- 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 quale riferimento ufficiale.



Figura 2-1 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06).

- 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. 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.

- Gruppo di lavoro sulla microzonazione sismica

Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (2008)

Conferenza delle Regioni e delle Provincie Autonome, Dipartimento della Protezione Civile, Roma.

- NTC 2018 – DM 08/2018

In data 17 gennaio 2018 è stato pubblicato il decreto del Ministero delle infrastrutture dei trasporti n. 8/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le categorie di suolo e di cui in data 21 gennaio 2019 sono state pubblicate le istruzioni per l'applicazione.

Il presente progetto, come previsto dalle vigenti NTC2018, è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni delle NTC2008.

3 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il lotto 3 dell'intervento ricade nel settore sud orientale del territorio della regione Sicilia, interessando i sottoelencati comuni per una lunghezza complessiva di circa 19,6 km

- Francofonte
- Lentini
- Carlentini

Nello stralcio planimetrico di seguito allegato si evidenzia in rosso il tracciato del lotto 3 in esame

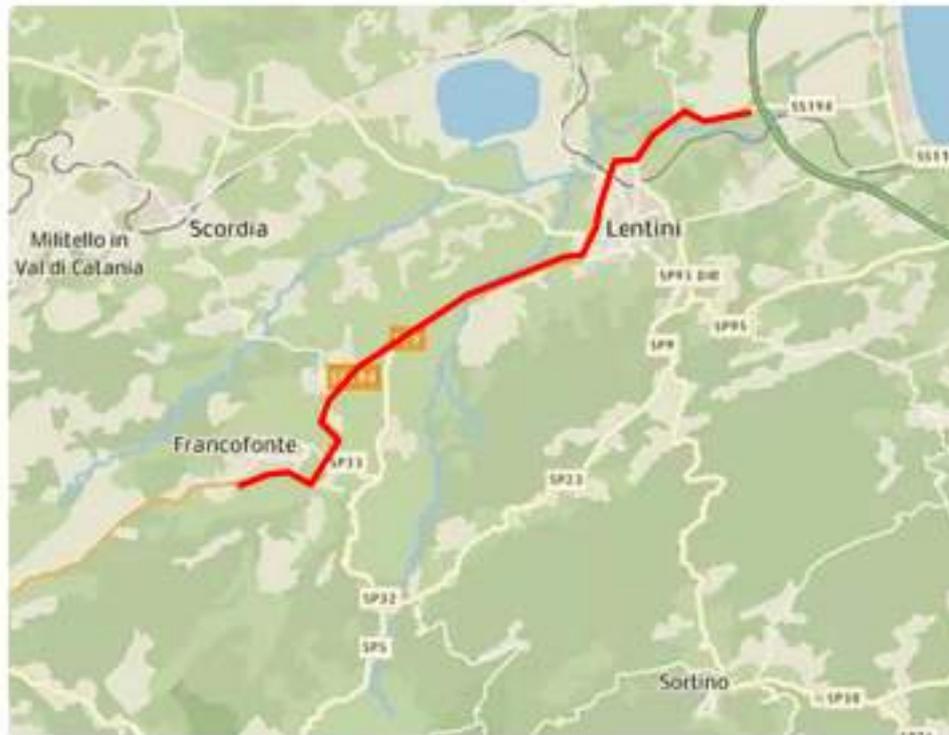
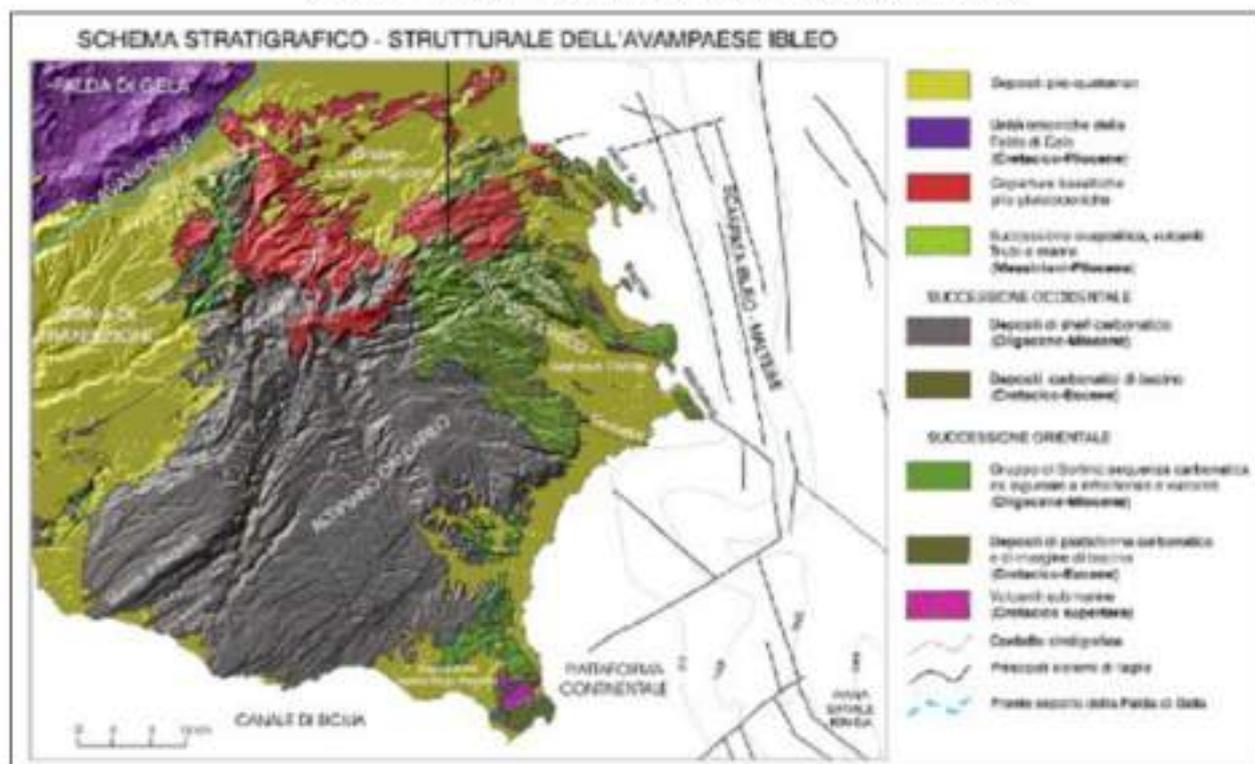


Figura 3-1 Posizione geografica del tracciato del lotto 4.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di interesse progettuale si inserisce in un settore del Plateau Ibleo caratterizzato da successioni costituite da sequenze prevalentemente carbonatiche di età Miocenico-Quaternarie, cui si intercalano orizzonti di vulcaniti basiche, talora di notevole potenza.

Figura 3-2 – Schema stratigrafico-strutturale dell'Avampae Ibleo.



Le formazioni di sottosuolo per altro sono ben conosciute a partire dal Trias medio dal momento che l'area è stata sede di intensa ricerca petrolifera da più di un trentennio. Informazioni sui dati di sottosuolo si hanno in Kafka & Kirkbride (1959), Rigo & Barbieri (1959), Rigo & Cortesini (1961), sintetizzati e aggiornati in Patacca et alii (1979).

Le coperture plioceniche affiorano generalmente nell'area nord-occidentale del Plateau, dove sono caratterizzate da alternanze di sedimenti e vulcaniti sub-marine che a luoghi passano verso l'alto a colate subaeree sovrapposte. In corrispondenza della sinclinale di Licodia Eubea si registra la successione pliocenica più completa. Essa inizia con i Trubi del Pliocene inferiore poggiati su evaporiti e breccie calcaree messiniane, alternate a tufiti risedimentate. L'intervallo mediopliocenico è rappresentato da vulcanoclastiti e lave a pillows, potenti alcune centinaia di metri. L'intervallo più alto, suprapliocenico, è dato da biocalcareni e sabbie a *Globorotalia inflata* (Di Grande, 1967). Le calcareniti supraplioceniche affiorano in placconi isolati anche più ad ovest tra Licodia e Grammichele. Ad ovest e a nord di Licodia i Trubi affiorano ancora con discreta continuità laterale. In corrispondenza dell'area M. Lauro-Guffari sabbie organogene a *Strombos coronatus* (Grasso et alii, 1979) marcano l'originaria linea di costa del Pliocene inferiore in questo settore.

I Trubi sono presenti anche nella depressione di Scicli, nella pianura tra Ispica e Capo Passero e, in limitati lembi a sud di Siracusa, nella Penisola della Maddalena e a Fontane Bianche. Nella Piana di Vittoria affiorano estesamente lungo la Valle del Fiume Ippari.

I sedimenti del Pliocene medio e superiore ad ovest di Licodia invece si assottigliano e nella zona di Vizzini-Buccheri sono sostituiti quasi totalmente da coperture di brecce a pillows potenti anche fino ad alcune centinaia di metri. Queste passano verso l'alto a vere e proprie colate basaltiche subaeree che dagli espandimenti lavici di M. Lauro-M. Pancali-Francofonte-Militello (Cristofolini, 1967; 1969) si estendono fino alle zone costiere fra Lentini e Agnone. Sull'estremo margine settentrionale del Plateau (zona di Scordia-Palagonia) ai prodotti basaltici del Pliocene sup.-Pleistocene inf. si intercalano ripetutamente biocalcareni che datano la chiusura dell'attività vulcanica nell'area iblea.

Il Pleistocene inferiore è rappresentato da sedimenti marini distribuiti lungo i bordi del Plateau; essi formano una cintura più o meno continua e colmano con spessori anche notevoli ampie depressioni strutturali.

Sulla fascia ionica del Plateau, procedendo da sud verso nord, i sedimenti del Pleistocene inf. sono presenti nella depressione di Noto-Capo Passero, dove sono dati da biocalcareni affioranti probabilmente come lembi residui di una copertura che si estendeva con continuità fino alla falesia costituita a nord del F. Tellaro dalle Montagne d'Avola e a sud dalla faglia Pozzallo-Ispica-Rosolini.

Sul margine settentrionale del Plateau (graben di Scordia-Lentini e zona di Palagonia-Mineo) al passaggio con l'avanfossa, i sedimenti infrapleistocenici presentano appoggi sul substrato e distribuzione di facies che ricalcano quanto osservato nell'area di Siracusa-Augusta. Biocalcareni affioranti nelle zone di alto, discordanti su substrato di varia età, passano rapidamente ad argille in corrispondenza delle zone di cerniera dei graben con clinostratificazioni pronunciate, dovute al controllo esercitato dalla tettonica sinsedimentaria.

Nella zona Mineo-Grammichele le biocalcareni passano rapidamente a silt e argille batiali (Di Geronimo, 1979) nelle quali si intercalano depositi a carattere torbido di slope, con frequenti contatti erosivi che drappeggiano la scarpata di faglia preesistente.

Il Pleistocene medio è rappresentato lungo il perimetro costiero ibleo da discontinui lembi di "panchina" e da terrazzi marini distribuiti in più ordini. Generalmente la panchina, poggiante su un paleosuolo con resti di vertebrati (Accordi, 1962), affiora con continuità nell'entroterra di Augusta fino a Villasmundo.

Stratigrafia dell'area

Come detto precedentemente, le successioni che affiorano nell'area di interesse sono caratterizzate da sequenze prevalentemente carbonatiche e sabbioso-arenacee cui si intercalano e/o si sovrappongono orizzonti di vulcaniti.

I termini più antichi sono dati dai litotipi della Formazione Ragusa che in letteratura viene divisa in due: la parte inferiore, Membro Leonardo, costituita da calcisiltiti, calcilutiti e marne calcaree e la parte superiore, Membro Irminio, costituita da calcari marnosi, calcareniti, calciruditi e marne (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

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.

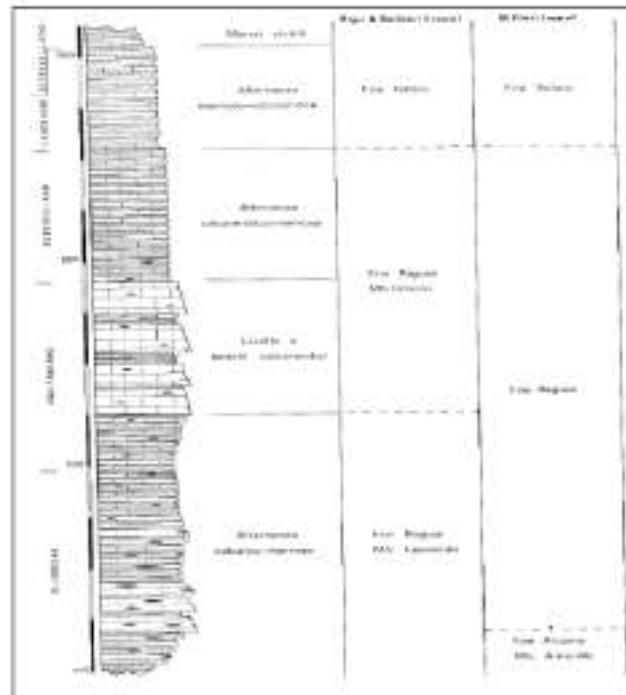


Figura 3-3 – Colonna stratigrafica della Formazione Ragusa con suddivisione nei Membri Leonardo e Irminio.

La presenza limitata di depositi evaporitici (Miocene sup.-Messiniano) è probabilmente legata a fenomeni di sollevamento dell'altipiano calcareo che 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 sono legate prevalentemente ad una attività vulcanica submarina e localmente sub-aerea come dimostra la presenza di ripetuti livelli di breccie vulcaniche e vulcanoclastiti alternate ai "Trubi" (calcarei marnosi biancastri) e alle marne medio-plioceniche.

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.

L'esame bibliografico della cartografia ufficiale e della documentazione esistente, completato con l'analisi e l'interpretazione geologica delle foto aeree e con un rilevamento di dettaglio di campagna, hanno consentito di integrare la geologia del Progetto Definitivo e di redigere una Carta geologica ad una scala più dettagliata (1:2.000; elab.: T04GE01GEOCG05A÷ T04GE01GEOCG16A), allo scopo di conoscere, con buona attendibilità, i principali caratteri litologici e giaciture dei terreni affioranti interessati dal tracciato e dalle opere di progetto.

Di seguito si descrivono le diverse unità stratigrafiche che interessano l'area in esame, dalla più recente alla più antica:

- Riporti antropici (R) – (Attuale).

- Depositi eluvio-colluviali (ec) – (Olocene).
- Fasce e coni di detrito (dt) – Pleistocene superiore – Olocene.
- Alluvioni fluviali e fondi palustri recenti ed attuali (a) – Pleistocene superiore – Olocene.
- Terrazzi fluviali (ar) – Pleistocene superiore – Olocene.
- Sabbie da cementate a debolmente cementate con lenti ghiaiose e argille salmastre (Qcs) – Pleistocene medio.
- Argille siltoso-marnose (Qa) – Pleistocene inferiore.
- Calcareni, sabbie e argille siltoso-marnose Qc(a) – Pleistocene inferiore
- Vulcaniti del Pliocene medio-superiore Pleistocene inferiore (Pvl-Pvs)

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il tracciato stradale in progetto si sviluppa nei settori nord-orientale e nord-occidentale dell'altipiano Ibleo (Sicilia orientale) ed attraversa i territori dei Comuni di Francofonte, Lentini e Carlentini.

La morfologia della zona è fortemente influenzata dalla natura dei litotipi affioranti e dal loro grado di erodibilità; l'idrologia di superficie, le precipitazioni meteoriche e l'acclività sono tra le cause principali che hanno determinato un modellamento differenziato dei versanti; inoltre, questo carattere si riflette sui pattern dei reticoli idrografici che sono riferibili ai tipi sotto descritti:

- a) Tipo "sub-dendritico" ed addirittura "piumato", caratteristico delle aree di affioramento dei terreni coesivi e plastici di natura argilloso-marnosa (Trubi, Marne argillose della F.ne Tellaro).
- b) Tipo "parallelo", tipico delle aree in cui sono presenti affioramenti di litotipi a diversa erodibilità.
- c) Tipo "angolare", caratteristico delle aree di affioramento dei terreni litoidi (calcarei e vulcaniti) con numerose aste non confluenti.

La diversa natura dei terreni affioranti ha condizionato strettamente i tratti morfologici, caratterizzati da una significativa varietà di situazioni nelle diverse zone interessate dall'opera in oggetto.

Sulla base del rilevamento geologico di superficie svolto e con l'ausilio dell'analisi delle riprese aeree disponibili, è stato possibile definire le principali caratteristiche morfo-evolutive del corridoio di studio.

Il tratto compreso tra lo Svincolo di Francofonte e lo Svincolo di Lentini Ospedale si sviluppa in un'area confinante all'estremo margine meridionale della piana di Catania rientra dapprima nel territorio di Carlentini (lungo il Pantano dei Gelsari) e, quindi, 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 sabbie e calcareniti pleistoceniche o le vulcaniti plioceniche.

Il reticolo idrografico caratterizzato dall'asta principale del fiume S. Leonardo e dai suoi tributari è caratterizzato da incisioni torrentizie, per lo più regimentate con opere di bonifica idraulica, che raccolgono le acque di ruscellamento dalle dorsali collinari presenti nei dintorni dell'area.

Il tracciato, superato lo Svincolo di Francofonte, passa in sotterraneo in corrispondenza di un vasto terrazzo alluvionale sinistro del Fiume Costanzo per poi intercettare un dissesto franoso (Frana L4_1 che

nella precedente fase progettuale era indicata con L7_1) situato sul versante settentrionale del rilievo di Francofonte.

Proseguendo in direzione Catania il tracciato interseca a quota 50 m s.l.m. circa, dapprima il Fiume di Barbaiani ad andamento semirettilineo N-S e deflusso settentrionale e poi il Torrente Margi caratterizzato dal medesimo andamento, i quali alla loro confluenza danno origine al Fiume Zena-Reina che scorre in direzione parallela al tracciato di progetto, mostrando la medesima deviazione angolare in prossimità dell'abitato di Lentini (pk 12+000 circa) e in prossimità dell'Ospedale. Tutto il tratto è caratterizzato da vaste aree di esondazione fluviale.

Tra lo Svincolo di Lentini Ospedale ed il successivo della S.S. 114 Lentini Zona Industriale si sviluppa nel territorio della Piana di Lentini, definita area di deposito alluvionale che si addossa al rilievo terrazzato di Panne – Tenutella caratterizzato da quote massime pari a circa 45 m s.l.m.. La morfologia che si viene a delineare è appunto 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.

Il reticolo idrografico caratterizzato dall'asta principale del fiume S. Leonardo e dai suoi tributari è caratterizzato da incisioni torrentizie, per lo più regimentate con opere di bonifica idraulica, che raccolgono le acque di ruscellamento dalle dorsali collinari presenti nei dintorni dell'area.

Nel suo sviluppo il tracciato interseca a quota 50 m s.l.m. circa, dapprima il Fiume Barbagianni ad andamento semirettilineo N-S e deflusso settentrionale, e poi il Torrente Margi caratterizzato dal medesimo andamento, i quali alla loro confluenza danno origine al Fiume Zena-Reina che scorre in direzione parallela al tracciato di progetto, mostrando la medesima deviazione angolare in prossimità dell'abitato di Lentini (pk 12+000 circa). Tutto il tratto è caratterizzato da vaste aree di esondazione fluviale.

In prossimità del km 14+300 si osserva la confluenza tra il Fiume Reina ed il Fiume Trigona, ad andamento sub-rettilineo, i quali danno origine al Fiume San Leonardo ad andamento meandriforme a quote comprese tra i 10 ed i 20 m s.l.m. della piana alluvionale. Il tracciato in questo settore si allontana dal corso d'acqua ed interseca un terrazzo fluviale le cui quote si attestano intorno ai 40 m s.l.m.

Nella zona terminale del tracciato, dal km 67+000 al 68+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.

Gli elementi della morfologia di superficie che caratterizzano il rilievo, ed in particolare quelli che sono risultati dal nostro esame significativi ai fini di un inquadramento dei processi lungo il corridoio stradale in esame, sono stati rappresentati graficamente nelle allegate Carte geomorfologiche in scala 1:2.000 (T04GE01GEOCG19A+ T04GE01GEOCG31A).

L'attività di rilevamento geologico e geomorfologico di superficie è stata condotta prendendo in esame anche quanto indicato dagli elaborati di Pianificazione territoriale vigenti, quali la Carta dei Dissesti edita dal PAI della Regione Sicilia e la cartografia interattiva dell'IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) disponibile in rete e curata dall'ISPRA-SINANet, al fine di valutare la corrispondenza tra i dissesti rilevati e quelli indicati dalle citate fonti.

La Frana L4_1, (ex L7.1 del PD) censita nel corso dello studio, non è indicata sulla Carta dei Dissesti del PAI. Le Frane censite in sede di rilevamento geologico non sono indicate sulla cartografia interattiva dell'IFFI.

4 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La valutazione della "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione è stata effettuata utilizzando le prescrizioni indicate nelle Normative Tecniche per le Costruzioni (NTC2008 – D.M. 14/01/2008) e nella Circolare n. 617 del 2/02/2009.

In particolare, ai fini della stima dei parametri sismici per la definizione dell'azione sismica di progetto è necessario fare riferimento alla probabilità, che in un fissato intervallo di tempo, in tale sito si verifichi un evento di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Tale probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento" P_{VR} , mentre l'intervallo di tempo è denominato "periodo di riferimento" V_R .

Il periodo di riferimento V_R si ricava, per ciascun tipo di costruzione, dalla relazione:

$$V_R = V_N \times C_u$$

dove V_N è la vita nominale di progetto di una costruzione e C_u è il coefficiente d'uso dipendente dalla classe d'uso dell'opera.

La vita nominale di una costruzione V_N è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. In funzione del tipo di costruzione devono essere assunti determinati valori minimi della V_N , i quali vengono riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 Valori minimi di vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzione

TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (in anni)
Costruzioni temporanee e provvisorie	10
Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Mentre il coefficiente d'uso C_u esprime la classe d'uso nella quale sono divise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche. In particolare, le costruzioni sono suddivise in quattro 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.

Nella Tabella 4.2 si riportano i valori del coefficiente d'uso C_U al variare della classe d'uso.

Tabella 4.2 Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso (C_U)

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0.7	1	1.5	2

Sulla base di quanto indicato nelle normative, per il dimensionamento delle opere sono stati assunti i seguenti parametri:

- $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso IV ($C_U = 2$)
- Periodo di riferimento $V_R = V_N \times C_U = (50 \text{ anni}) \times 2 = 100$ anni

Infine, le probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R variano al variare dello stato limite considerato. I valori a cui riferirsi per individuare l'azione sismica vengono riportati nella Tabella 4.3:

Tabella 4.3 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 e le apparecchiature rilevanti in relazione 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 e 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 rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;
- SLC= 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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza 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 dei 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.

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

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

5 INQUADRAMENTO SISMICO

5.1 SISMICITÀ DELL'AREA

Come è noto, un terremoto può trasmettere sia sollecitazioni dinamiche con fenomeni di amplificazione locale, che dare luogo a fenomeni di instabilità dinamica con cedimenti, liquefazione e frane. Pertanto in fase di progettazione di opere in zone sismiche, è necessario partire dall'ipotesi di un "terremoto di progetto", basato sulla conoscenza della sismicità della zona.

In base all'emanazione dei criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale tramite l'OPCM 3274/03, in seguito aggiornata con l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale", si evidenzia che i comuni di Francofonte, Carlentini e Lentini interessati dal tracciato sono stati inseriti tutti in zona 2, come indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata e recepita con la Delibera della Giunta Regionale della Sicilia n. 408 del 19.12.2003 che ha confermato per i 3 comuni la zona II.

Questo sistema di classificazione elimina la presenza di territorio c.d. "non classificato", denominandolo "zona 4", ed attribuisce contestualmente alle Regioni il compito di stabilire se entro tali zone sia necessaria la progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia.

Comune	Categoria secondo la classificazione sismica precedente (Decreti fino al 1984)	Zona sismica ai sensi della OPCM 3274 del 20.3.2003 e DGR 408 del 19.12.2003	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
Francofonte	2	2	X
Lentini	2	2	X
Carlentini	2	2	X

Figura 5-1 Classificazione sismica dei comuni interessati dal tracciato.

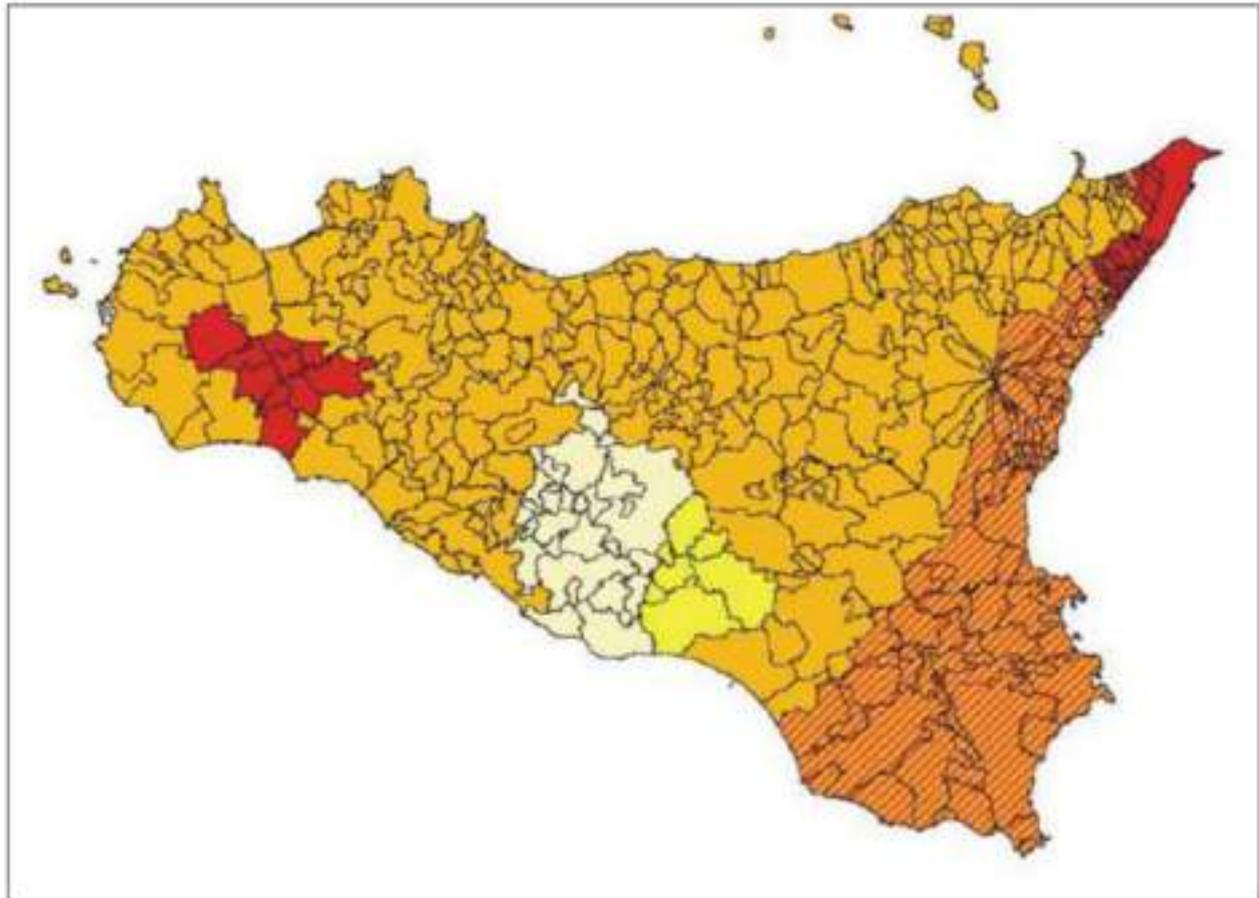


Figura 5-2 Classificazione sismica della Regione Sicilia secondo la Delibera di Giunta Regionale n. 408 del 19/12/2003.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 il concetto della classificazione del territorio nelle quattro zone sismiche è stato superato, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Nelle tabelle che seguono sono riportati, rispettivamente, gli effetti risentiti nei suddetti comuni così come estratti dal DBMI15, il Database delle Osservazioni Macrosismiche dei Terremoti Italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI15 dell'INGV.

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 e Licodia Eubea 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.

Nelle tabelle e nella immagini che seguono sono riportati gli effetti risentiti nei comuni di Licodia Eubea, Vizzini e Francofonte, estratti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Gruppo di Lavoro CPTI) dell'INGV.

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

Effetti		In occasione del terremoto del						
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw				
8	1693 01 09 21	Sicilia sud-orientale	30	8-9 4.07				
10	1693 01 11 13 30	Sicilia sud-orientale	179	11 7.32				
6-7	1818 03 21 02 43	Monti Iblei	24	7-8 3.87				
8	1892 01 23 23 47	Monti Iblei	26	8 4.41				
4	1894 11 16 17 32	Calabria meridionale	300	5 4.12				
4-5	1896 04 13 15 01	Monti Iblei ?	32	4-7 4.92				
III	1898 08 14 04 43	Etna - S. Maria Licodia	38	7-8 4.03				
III	1903 07 19 08 19	Calatino	46	5 4.14				
III	1905 09 09 01 43	Calabria centrale	895	10-11 6.95				
4	1909 12 23 09 23	Piana di Catania	100	6-7 5.11				
3	1864 06 02 11 32	Monti Iblei	14	5 4.20				
3	1878 04 18 23 31	Golfo di Patti	300	5 6.03				
3	1890 01 20 21	Monti Iblei	122	5-6 4.39				
6-7	1890 12 13 00 24	Sicilia sud-orientale	304	5.81				
4-7	1890 12 16 13 50	Ionio meridionale	100	4.38				
3-4	1897 03 25 00 46	Ionio meridionale	22	4-5 4.45				
3-4	2000 11 08 17 26	Etna - Versante meridionale	70	5-6 3.95				
III	2001 06 24 04 02	Ionio meridionale	35	4.46				
III	2004 09 05 13 33	Isole Eolie	541	5.42				
3-4	2004 12 30 04 04	Monti Iblei	48	4 3.82				
3	2005 12 19 09 01	Etna - Maletto	44	5 4.35				
III	2011 05 04 15 12	Etna - Versante nord-occidentale	25	5-6 4.31				
III	2011 10 09 08 28	Monti Iblei	26	4 3.47				
4	2014 02 09 15 33	Monti Iblei	58	5-6 4.44				

Figura 5-3 - Catalogo sismico di sito dell'area di Francofonte. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2015. (Io = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Int = intensità risentita al sito; NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).

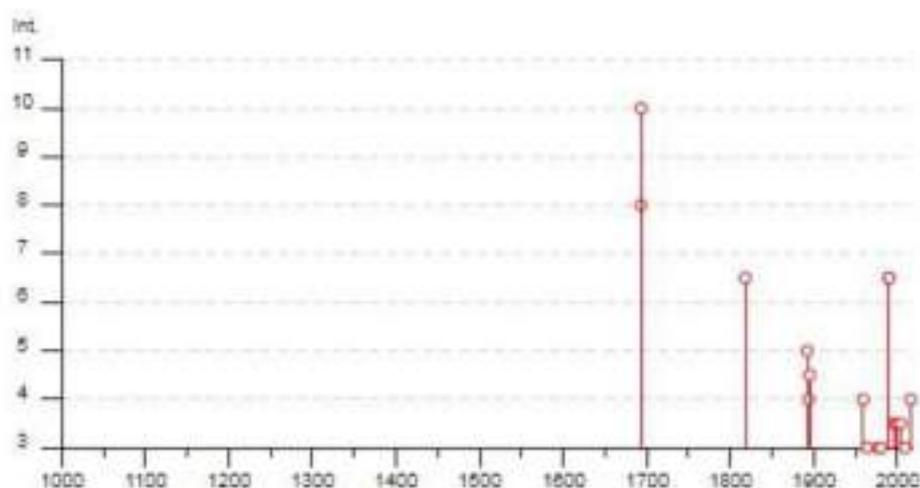


Figura 5-4 Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Francofonte dal 1000 al 2007 con intensità risentita pari o superiore al IV grado MCS (Gruppo di lavoro CPT15- INGV).

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

Evento	Da occasione del terremoto del	
Int.	Anno Me. Gi. Or. Mi. Se	Nome epicentrale
10	@ 1180 02 04 27	Sicilia sud-orientale
0-13	@ 1190 12 11 18 18	Sicilia sud-orientale
8	@ 1480 01 29 21	Sicilia sud-orientale
4-8	@ 1490 02 11 08	Sicilia sud-orientale
10-11	@ 1490 02 11 12 30	Sicilia sud-orientale
8	@ 1490 07 08 17 30	Sicilia sud-orientale
6-7	@ 1718 02 24	Sicilia orientale
7	@ 1818 08 01 02 48	Monti Diab.
8	@ 1880 01 22 28 47	Monti Diab.
6	@ 1808 12 28 04 21 27	Stretto di Messina
2	@ 1928 08 17 21 40	Monti Diab.
4	@ 1928 08 17 21 42	Terza Sicilia
3	@ 1938 11 08 00 04	Stati
6	@ 1938 12 22 00 23	Stretto di Messina
2	@ 1978 04 12 22 21 4	Stato di Sesto
0-8	@ 1980 01 23 21	Monti Diab.
2	@ 1980 11 23 18 31 32	Tigina-Masilone
3-6	@ 1980 02 02 16 00 0	Sicilia centro-orientale
7	@ 1980 12 18 00 24 2	Sicilia sud-orientale
8	@ 1980 12 18 18 01 2	Terza meridionale
3-6	@ 1980 02 17 08 18 48	Stato - Tessuto occidentale
3-6	@ 1980 07 02 16 04 0	Monti Diab.
3-6	@ 1980 12 02 00 28 0	Stato - Tessuto sud-occidentale
2	@ 1980 12 24 00 40 27	Stato - Tessuto occidentale
2	@ 1980 01 12 00 41 18	Stato - Tessuto sud-occidentale
2	@ 1980 02 14 11 40 3	Stato di Sesto
3-4	@ 2000 11 02 17 26 2	Stato - Tessuto occidentale
10	@ 2000 01 02 02 01 3	Stato - Capreria Stato
10	@ 2000 01 24 00 02 1	Terza meridionale
4	@ 2002 08 20 01 21 2	Tirreno meridionale
10	@ 2004 08 20 18 31 4	Terza Sicilia
0-3	@ 2004 04 23 18 42 3	Stretto di Messina
3	@ 2004 08 21 07 03 0	Stato - Tessuto sud-occidentale
3-6	@ 2008 12 18 02 30 1	Stato - Tessuto sud-occidentale
10	@ 2011 08 28 18 12 3	Stato - Tessuto sud-occidentale
2	@ 2012 10 02 02 23 2	Monti Diab.
2	@ 2012 04 27 01 14 2	Monti Diab.
4	@ 2012 02 23 13 31 4	Monti Diab.

Figura 5-5 – Catalogo sismico di sito dell'area di Lentini. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2015. (Io = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Int = intensità risentita al sito; NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).

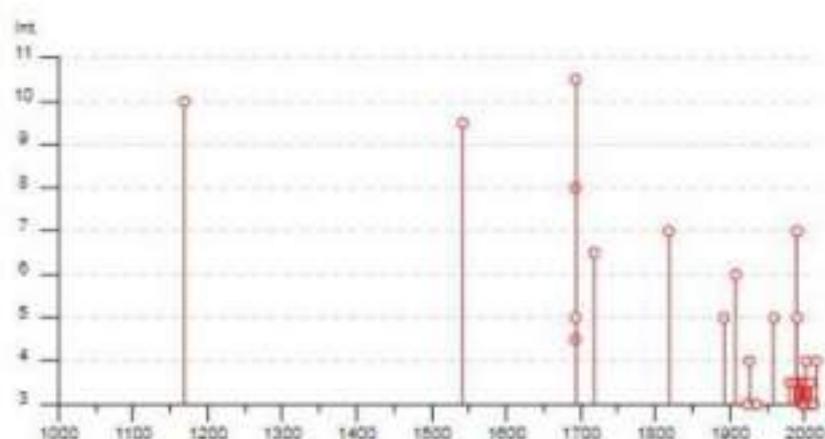


Figura 5-6 - Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Lentini dal 1000 al 2007 con intensità risentita pari o superiore al III grado MCS (Gruppo di lavoro CPT15- INGV).

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

Effetti		In occasione del terremoto del		Area epicentrale		NMDP	Io Mw
Int.	Anno Me Gi. No. Mi. Se.						
10-11	1833 21 11 13 30	Sicilia sud-orientale				175	11 7.32
6	1499 07 09 17 30	Sicilia sud-orientale				7	6 4.93
6-7	1718 02 20	Sicilia orientale				7	6-7 5.25
7	1818 02 20 18 18	Catanesi				120	9-10 4.28
7	1819 03 01 02 46	Monti Iblei				24	7-8 3.97
8	1882 11 22 24 47	Monti Iblei				26	8 4.41
IV	1918 07 15 08 19	Calatoni				44	5 4.14
8	1908 12 29 04 20 27	Stretto di Messina				772	11 7.10
8	1963 12 29 09 23	Piano di Catania				100	6-7 5.11
2-3	1980 11 20 21	Monti Iblei				122	6-6 3.39
2-4	1983 07 20 22 00 3	Etne - Viagrande				104	7-8 4.00
IV	1993 10 29 08 14 1	Stretto di Sicilia				40	4 7.9
7	1990 12 18 00 24 2	Sicilia sud-orientale				204	6.62
4	1990 12 14 13 40 2	Tonno meridionale				104	4.39
3	1997 03 28 00 44 1	Tonno meridionale				22	4-5 4.49
4	1997 07 30 14 04 0	Monti Iblei				43	5 4.45
3-4	2000 11 24 17 24 2	Etne - Versante meridionale				70	6-6 3.99
3-4	2001 11 19 02 51 4	Etne - Zafferano Etnea				104	4 3.73
3-4	2001 05 24 04 02 1	Tonno meridionale				38	4 4.48
3	2004 05 05 13 39 4	Teule Salie				041	3.62
IV	2009 12 30 04 04 4	Monti Iblei				48	4 3.92
IV	2009 11 21 10 37 4	Sicilia centrale				169	4.94
3-4	2008 12 19 14 38 0	Etne - Versante nord-occidentale				29	4 3.19
IV	2011 10 09 08 28 2	Monti Iblei				26	4 3.47
8	2012 06 27 01 14 2	Monti Iblei				16	8 3.00
4	2014 02 26 14 38 4	Monti Iblei				38	6-6 4.44
3	2018 10 24 00 54 13	Etne - Versante sud-occidentale				44	7-8 4.72

Figura 5-7 – Catalogo sismico di sito dell'area di Carlentini. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2015. (Io = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Int = intensità risentita al sito; NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).

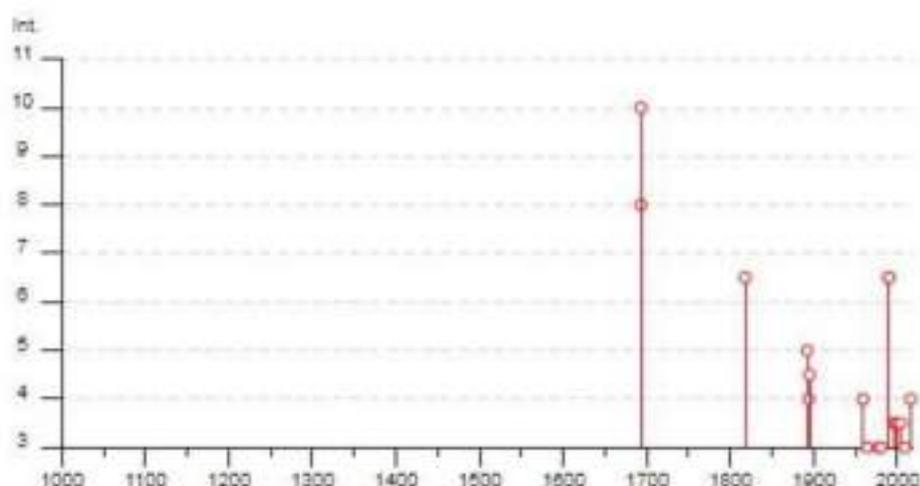


Figura 5-8 - Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Carlentini dal 1000 al 2007 con intensità risentita pari o superiore al III grado MCS (Gruppo di lavoro CPT15- INGV).

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 5.9 ("Massime Intensità macrosismiche osservate nella Regione Sicilia", Molin, Stucchi, Valensise).

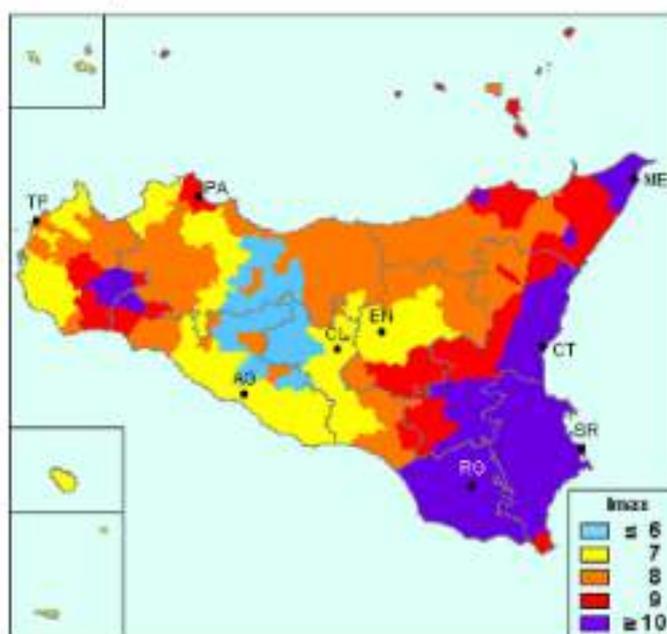


Figura 5-9 – Massime Intensità Macrosismiche osservate nella Regione Sicilia (Carta elaborata da D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise per conto del Dipartimento della Protezione Civile – Aprile 1996).

Dalla figura sopra riportata, si evince che le massime intensità macrosismiche osservate nei Comuni interessati dalle opere in progetto sono $I_{max} \geq 10$ MCS.

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	I_{max}
FRANCOFONTE	19	89	10	37.22966	14.88053	≥ 10
LENTINI	19	89	11	37.28460	14.99854	≥ 10
CARLENTINI	19	89	6	37.27446	15.01533	≥ 10

Figura 5-10 – Massime Intensità Macrosismiche osservate nei Comuni interessati dal progetto in esame.

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: ≤ 6 , 7, 8, 9, ≥ 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.

5.2 SORGENTI SISMOGENETICHE

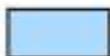
La sismicità in Sicilia è concentrata lungo la zona costiera orientale, compresa tra lo Stretto di Messina e il siracusano; lungo la zona settentrionale, nella dorsale dei Monti Peloritani-Nebrodi-Madonie-Monti di Palermo; nella zona del Belice, nella parte occidentale dell'isola; nella zona etnea e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

La Redazione della mappa di pericolosità sismica nazionale, prevista dall'ordinanza 3274 del 2003 ha contribuito ad alimentare fortemente il dibattito nella comunità scientifica che ha raccolto le istanze di revisione della carta delle zone sismogenetiche del territorio nazionale denominata SZ4 (Scandone & Stucchi, 2000), che individua, in maniera sistematica le zone a diverso stile sismico.



LZS78 (2.5a)



2.5a

Fasce sismogenetiche longitudinali. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip-slip.

Figura 5-11 - Zonazione sismogenetica SZ4 (GNDT 1996), da
http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ZONE/zone_sismo.html.

Secondo questa prima zonizzazione (sistema di classificazione SZ4) il tracciato di progetto ricade nella

- ZS78 (Zone di avampaese)

I meccanismi attivi di tipo dip slip, sono legati alla presenza di faglie orientate NE – SW la cui genesi è riconducibile alla flessione della piastra di avampaese. Sismicità connessa a questo stile geodinamico è presente nei territori del calatino e più in generale nella fascia meridionale del territorio provinciale. I terremoti in questa zona sprigionano moderata magnitudo e sono tendenzialmente localizzati nel settore più interno del Plateau Ibleo (ZS 78) (Azzaro & Barbano, 2000).

Le istanze della comunità scientifica volte al miglioramento del sistema di zonizzazione (Valensise e Pantosti, 2001; Catalogo CPTI2, Vannucci e Gasperini, 2003) sono confluite nella nuova zonizzazione a scala nazionale denominata ZS9 (Meletti e Valensise, 2004) che riprende la precedente, ma che contempla gli studi delle elaborazioni prodotte successivamente riguardo:

- la sismicità storica;
- l'analisi della sismogenesi;
- l'analisi dei meccanismi focali e del momento sismico;
- le informazioni relative alla geologia strutturale.

L'aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro 2004), previsto dall'Opcm 3274/2003, adottato con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

Ai valori di accelerazione massima su suolo rigido (a_g) così è associato un valore di pericolosità di base, che non incide comunque sulla progettazione nazionale.

Le Norme tecniche per le costruzioni del 2008 hanno, infatti, modificato il ruolo che la classificazione aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

I limiti di colore blu separano zone con analogo significato cinematico, che differiscono principalmente per le caratteristiche di sismicità. Le ZS con bordo a tratteggio, identificate da una lettera, non sono state utilizzate nella valutazione della pericolosità (da Gruppo di Lavoro, 2004. Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici).

La nuova carta, redatta come la precedente in termini di valori di a_{max} riferiti a siti su roccia o suolo molto rigido (Categoria A, con $V_s > 800$ m/s), individua le zone sismogenetiche valutandone il significato tettonico a scala regionale, lo stile sismico e tettonico, oltre al meccanismo di rottura. Questa revisione ha portato alla redazione della nuova carta delle zone sismiche ed alla conseguente ripermimetrazione del territorio nazionale.

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

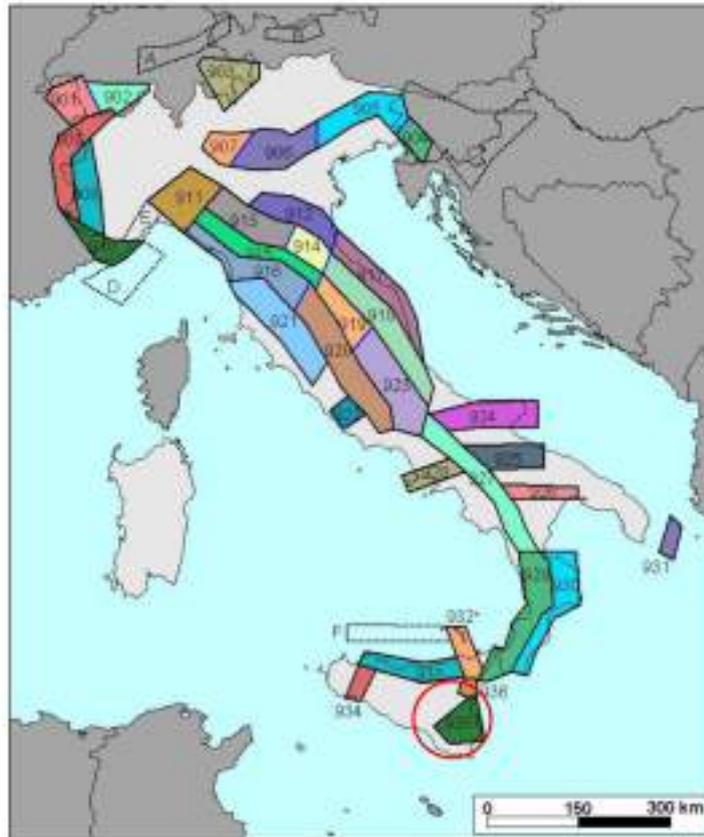


Figura 5-12- Zonazione sismogenetica ZS9.

In totale le zone sismogenetiche di ZS9 sono 36, cui vanno aggiunte 6 zone non utilizzate in quanto:

- quattro non contribuiscono in modo significativo alla pericolosità del territorio italiano: Svizzera centrale (A), Tirolo (B), Slovenia centrale (C), Mar Ligure (D);
- il numero di eventi che ricade all'interno di una di esse, Genova-Savona (E), è molto basso;
- per una di esse, denominata Ustica-Alicudi (F), è stata adottata quale alternativa conservativa la ZS933, Sicilia Settentrionale.

Per quanto riguarda l'area di progetto, le precedenti zone sono state inserite nelle seguenti:

- Z 935 (Iblei) all'interno di questa zona rientrano le faglie ed i territori che nella carta ZS4 rientravano in ZS 78 e ZS 79.

Nelle vicinanze dell'area di progetto sono anche presenti alcune faglie "capaci" di far risentire i loro effetti in superficie, come da catalogo ITHACA (ITALY HAZARD from CAPable faulting – Working Group 2019 – ISPRA) Il tracciato in esame non intercetta nessuna faglia "capace" ma costeggia quelle di Lentini e del Graben di Lentini.



Figura 5-13 Faglie capaci attive da catalogo INGV.

5.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Si evidenzia che le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. del 14/01/2008 e succ. agg. Del 17/01/2018), hanno superato il concetto della classificazione del territorio nelle quattro zone sismiche e propongono una nuova zonazione fondata su un reticolo di punti di riferimento con intervalli di a_g pari a 0.025 g, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale e verticale su suoli rigidi e pianeggianti, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo d'inizio del tratto dello spettro a velocità costante T^*C). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/> attraverso le coordinate geografiche del sito.

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

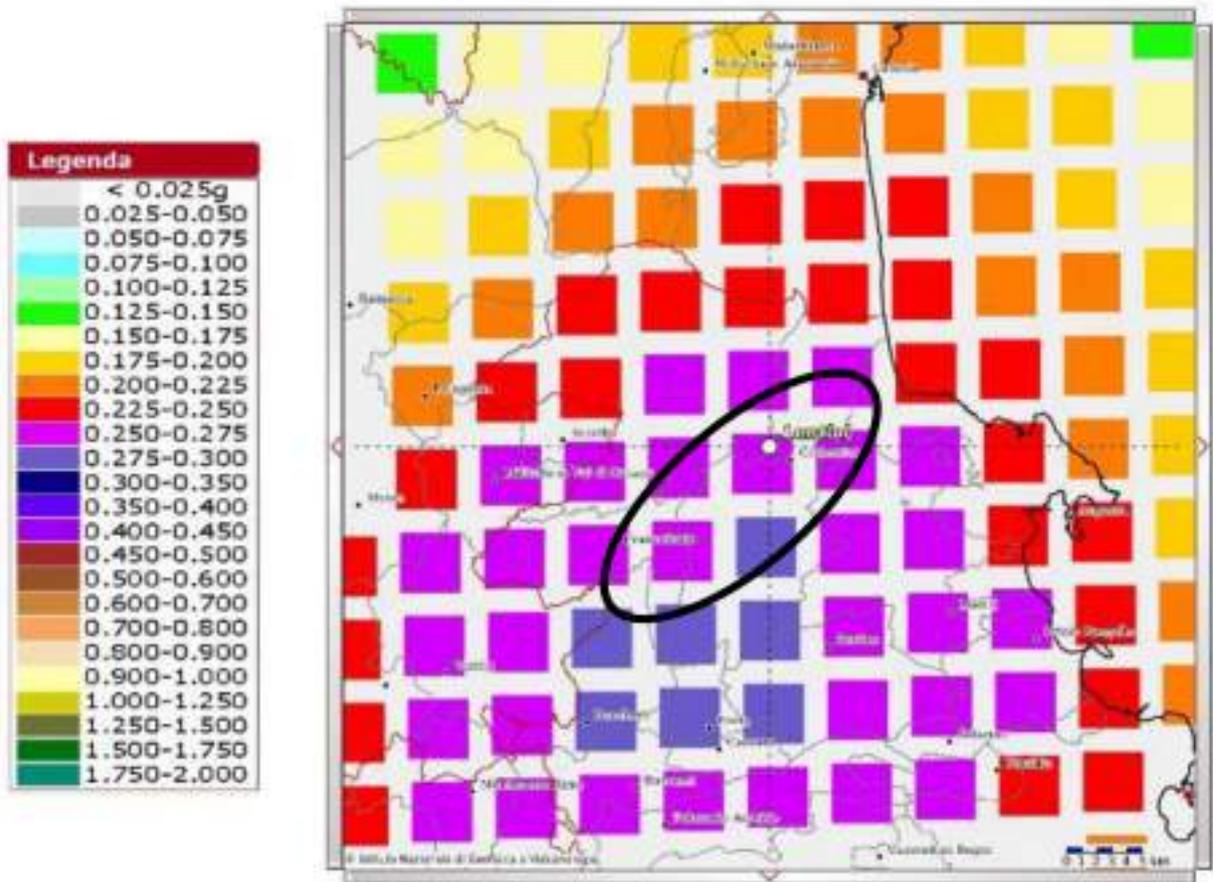


Figura 5-14 - Carta della pericolosità sismica nell'area compresa fra i comuni di Francofonte, Lentini e Carlentini. Il parametro rappresentato è la PGA (picco di accelerazione del suolo atteso con il 10% di probabilità in 50 anni; INGV 2006).

Prendendo in considerazione la "Mappa interattiva della pericolosità sismica" del territorio nazionale, edita dall'INGV, si evince, per il territorio comunale di Francofonte, Lentini e Carlentini una probabilità pari al 10% di raggiungimento o superamento di un'accelerazione di picco compresa tra 0.250 e 0.300 (g) su terreno rigido nell'intervallo temporale di 50 anni.

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

6.1 INTERPRETAZIONE INDAGINI SISMICHE

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), secondo la quale viene redatto il presente progetto, coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8 prevedeva, 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 che segue:

Figura 6-1 – Categorie sismiche dei terreni per le quali è utilizzabile la procedura semplificata secondo NTC2008

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti 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).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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 $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, 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).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

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:

Figura 6-2 – Categorie sismiche dei terreni per le quali non è utilizzabile la procedura semplificata

Categoria	Descrizione
S1	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.
S2	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 e 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.

6.2 ATTRIBUZIONE DELLE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

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.

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 V_s con inversioni di velocità.

Nei criteri definiti per la Microzonazione Sismica la presenza di una inversione di velocità nel profilo delle V_s 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 V_s 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 nelle tabelle che seguono con alcune considerazioni legate all'opera:

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

Figura 6-3 – Prospezioni sismiche di tipo MASW: V_{S30} e categoria di suolo, secondo le NTC2008 e gli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica".

IDENTIFICATIVO	V_{S30} (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08	Categoria di Suolo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica
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
M091	325	C	C
M092	288	S2	S2
M092bis	320	S2	C
M093	333	S2	C
M095	360	C	C
M096	378	B	B
M097	630	E	B
M098	334	C	C
M100	352	C	C
M101	765	A	A
M102	314	C	C
ME206	343	E	E
ME207	635	B	B
ME208	713	B	B
ME209	292	E	E
ME210	416	B	B
ME211	404	B	B
ME212	263	E	E
ME213	357	E	E
ME215	312	E	E
ME216	639	B	B
ME217	538	B	B

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

Figura 6-4 – Prospezioni sismiche Down-Hole: Vs30 e categoria di suolo, secondo le NTC2008 e gli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica".

IDENTIFICATIVO	Vs30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08	Categoria di Suolo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica
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
S211	344	C	C
S215	359	C	C
S218	329	S2	S2
S220bis	326	C	C
S225	267	C	C
SE230	363	B	B
SE239	495	B	B
SE264	592	B	B
SE266	530	B	B

Figura 6-5 – Prospezioni sismiche Cross-Hole: Vs30 e categoria di suolo, secondo le NTC2008.

IDENTIFICATIVO	Vs30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08
SE243-244	348	C
SE246-247	398	B
SE249-250	372	B
SE252-253	363	B
SE254-255	368	B
SE260-261	339	C
SE267-268	368	C

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

Nella tabella seguente vengono riportate le categorie di sottosuolo in funzione della progressiva chilometrica ed i tratti per i quali sono state condotte analisi di Risposta Sismica Locale (RSL).

Figura 6-6 - Tabella riassuntiva categorie di sottosuolo lotto 4.

Lotto 4 (ex L7 e ex L8 del PD)		
Da km	A km	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
0+000	0+160	E
0+160	2+400	
2+400	2+600	C
2+600	7+040	B
7+040	7+340	C
7+340	7+740	B
7+740	7+880	S2 ⇒ RSL
7+880	8+020	B
8+020	10+100	C
10+100	11+000	S2 ⇒ RSL
11+000	11+800	C
11+800	12+280	S2 ⇒ RSL
12+280	14+980	C
14+980	15+400	E
15+400	15+450	B
15+450	15+560	C
15+560	15+650	S2 ⇒ RSL
15+650	15+940	B
15+940	16+500	E
16+500	18+820	C
18+820	18+920	A
18+920	20+251	C

6.3 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la Normativa Italiana (NTC2008 – D.M. 14/01/2008) prevede che vengano presi in considerazione gli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica. Per tener conto di tali effetti di sito, nei casi in cui il sottosuolo può essere classificato secondo un approccio semplificato e in mancanza di indagini accurate che permettano la definizione di un modello di sottosuolo per la realizzazione di più rigorose analisi di risposta sismica locale, la norma prescrive che la forma spettrale su suolo elastico di categoria A venga modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_c , che modifica il valore del periodo T_c .

Nella figura seguente sono riportate le espressioni per la determinazione dei coefficienti S_s e C_c .

Figura 6-7 - Valori dei coefficienti S_s e C_c per ciascuna categoria di sottosuolo.

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1.0	1.0
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.5}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

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:

Figura 6-8 - Categorie Topografiche.

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

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.

Per quanto riguarda la definizione delle categorie topografiche del corridoio di progetto, nella tabella che segue si settorializza il tracciato per tratte omogenee; per una valutazione più dettagliata si rimanda agli elaborati relativi alle singole opere d'arte o parti di esse.

Figura 6-9 - Tabella riassuntiva categorie topografiche lotto 3.

Lotto 4 (ex L7 e L8 PD)		
Da km	A km	CATEGORIA TOPOGRAFICA
0+000	15+700	T1
15+700	16+440	T2
16+440	17+700	T1
17+700	18+800	T2
18+800	20+600	T1

7 STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

In funzione delle caratteristiche granulometriche, stratigrafiche e idrogeologiche del sito si è ritenuto necessario procedere ad una verifica della suscettibilità alla liquefazione dei litotipi interessati dal tracciato di progetto.

Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi.

Durante una sollecitazione sismica, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende:

- dal grado di addensamento;
- dalla granulometria e forma dei granuli;
- dalle condizioni di drenaggio;
- dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- dall'età del deposito;
- dalla profondità della linea di falda.

Normalmente con l'aumentare della profondità aumenta anche la resistenza alla liquefazione a causa dell'aumento della resistenza allo sconfinamento.

Per quanto stabilito dal D.M. 14/01/2008 nei confronti della liquefazione, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi di Magnitudo M inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$,
- distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione (D.M. 14/01/08) nel caso, rispettivamente, di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e $U_c > 3,5$.

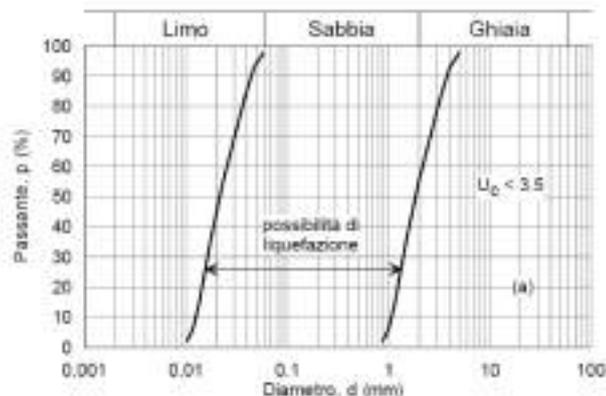


Figura 7-1 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione $U_c < 3,5$

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

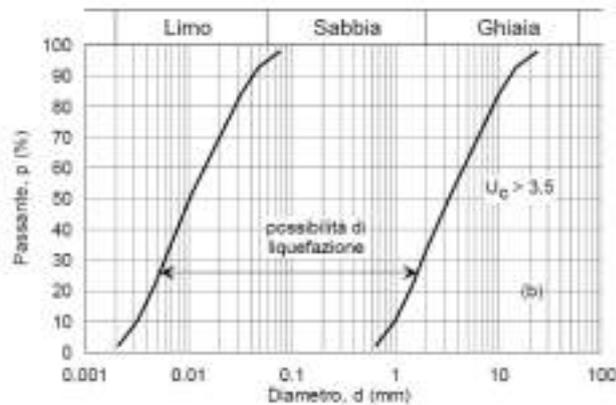


Figura 7-2 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione $U_c > 3,5$.

Di seguito vengono elencati per formazione i motivi di esclusione:

R, Ec, dt, conoidi: terreni con fuso granulometrico completo in genere presenti al di sopra del livello della falda, pertanto non suscettibili a liquefazione;

ar : terreni incoerenti costituiti da ghiaia in matrice sabbioso-limosa in genere presenti al di sopra del livello della falda, pertanto non suscettibili a liquefazione;

Qcs – Qca : terreni prevalentemente sabbioso ghiaiosi con lenti argillose con un fuso granulometrico completo pertanto non suscettibili a liquefazione;

Pvl Pvs: terreni vulcanici prevalentemente litoidi e/o cementati e solo a tratti scoriacei a granulometria ghiaioso sabbiosa, pertanto non suscettibili a liquefazione;

Qa: terreni argillosi, pertanto non suscettibili a liquefazione.

I terreni di fondazione costituiti dai terreni sopra indicati, risultai stabili nei confronti della liquefazione.

Per i terreni di fondazione costituiti dalla facies più grossolana (a-GG) dell'unità delle alluvioni recenti ed attuali (a), in particolare nei tratti compresi tra le progressive pk 14+600 + 15+600, pk 17+800 + 18+220 e pk 19+020 + 19+520, in ragione delle caratteristiche granulometriche e geotecniche dei terreni, sono state eseguite specifiche verifiche per valutare il rischio di liquefazione, per le quali si rimanda alla Relazione geotecnica generale (T04GE00GETRE01).

8 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

8.1 DETERMINAZIONE DEGLI INPUT SISMICI

Il calcolo della Risposta Sismica locale, parte dall'estrazione di opportuni accelerogrammi di progetto al bedrock sismico.

Per la loro determinazione è stato utilizzato il codice di calcolo REXEL v 3.5 (Iervolino I., Galasso C., Cosenza E. (2009). REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering. DOI 10.1007/s10518-009-9146 - in press).

In particolare è stata eseguita la ricerca di combinazioni di 7 accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri delle NTC2008.

Il database a cui si è fatto riferimento nell'impiego del software è l'Italian Accelerometric Archive (ITACA) in cui si fa riferimento a registrazioni di terremoti con magnitudo maggiore di 4 e in condizioni di free-field.

La ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri delle NTC2008 avviene secondo i seguenti passi successivi:

Definizione dello spettro target

È necessario innanzitutto costruire lo spettro di risposta elastico in accelerazione per il sito di interesse. A tale scopo, nel caso si voglia effettuare la selezione secondo le NTC, è necessario inserire le coordinate geografiche del sito, longitudine e latitudine, in gradi decimali e specificare, attraverso il menù a tendina, i seguenti parametri: Categoria di sottosuolo, Categoria topografica, Vita nominale, Classe d'uso e Stato limite. È necessario inoltre specificare la componente dell'azione sismica che si intende considerare.

Il programma permette di effettuare, una volta impostati i dati suddetti, l'operazione di disaggregazione. La disaggregazione è una procedura di tipo statistico che permette di conoscere il contributo alla sismicità di un dato sito di ogni coppia di magnitudo (M) e distanza (R). Tali contributi dipendono dal valore di hazard associato al sito studiato, dall'ordinata spettrale e dal periodo di ritorno considerato.

Ricerca nel database degli accelerogrammi da considerare nell'analisi

L'utente può selezionare i record dai due diversi database menzionati scegliendo intervalli di:

- Magnitudo M e distanza epicentrale R in chilometri (la scelta degli intervalli di M ed R può essere guidata dalla disaggregazione dell'hazard)
- Picco di accelerazione al suolo (PGA) della componente orizzontale del moto
- Picco di velocità (PGV) della componente orizzontale del moto
- Indice di Cosenza e Manfredi (ID) della componente orizzontale del moto
- Intensità di Arias (IA) della componente orizzontale del moto

Qualunque sia il criterio di selezione scelto, l'utente deve specificare gli intervalli (minimo e massimo) dei parametri di intensità di interesse. Inoltre, è necessario specificare se si intende considerare accelerogrammi provenienti dalla stessa geologia locale del sito in esame o da una qualsiasi classe di suolo. Una volta forniti tali valori il software restituisce il numero di registrazioni disponibili in questi intervalli e tra cui opererà la successiva selezione.

Definizione delle specifiche della selezione

È necessario infine specificare la tolleranza con cui lo spettro medio della combinazione deve rispettare il target in un arbitrario intervallo di periodi, comunque compreso tra 0 e 4 sec. Più precisamente, è necessario specificare la sottostima (Limite inferiore) e la sovrastima (Limite superiore) massime (in termini percentuali) rispetto allo spettro di riferimento e l'intervallo di periodi di interesse.

REXEL consente di effettuare analisi mirate ad ottenere combinazioni di accelerogrammi compatibili con lo spettro di normativa che non necessitano di essere scalati, ma anche set di accelerogrammi che, essendo stati normalizzati rispetto alla propria PGA, sono compatibili con lo spettro se scalati linearmente.

Ricerca delle combinazioni

A questo punto è possibile analizzare tutte le possibili combinazioni di sette spettri che si possono costruire a partire dai parametri di ricerca impostati. Diverse sono le combinazioni compatibili che possono essere ricercate, variabili in relazione al numero degli accelerogrammi e al numero di componenti.

Parametri di ricerca

Lo spettro target sulla base del quale sono stati ricercati gli accelerogrammi spettro-compatibili è stato costruito secondo le NTC2008, adottando i seguenti parametri:

- Categoria di suolo: A
- Categoria topografica: T1
- Vita nominale: 50 anni
- Classe d'uso: IV
- Stato Limite di Salvaguardia della Vita.

Per ogni sito esaminato, la ricerca nel database è stata effettuata utilizzando i parametri di magnitudo e distanza epicentrale, secondo quanto suggerito anche dallo studio di disaggregazione:

- $M_{min} = 5.3$; $M_{max} = 7.8$
- $R_{min} = 0$ km; $R_{max} = 30$ km
- Le tolleranze imposte nella considerazione degli spettri sono state infine le seguenti:
- Limite inferiore = 10%; Limite superiore = 30%
- Intervallo di periodi: 0.15 – 2.0 s

Sono state quindi ricercate le componenti orizzontali di 7 accelerogrammi scalati secondo le caratteristiche imposte.

8.2 DETERMINAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA IN SUPERFICIE

Negli anni sono state elaborate e affinate numerose tecniche per l'analisi della risposta sismica locale, diverse tra loro a seconda delle modalità di rappresentazione del problema e degli elementi di complessità introdotti al fine di rendere lo schema ideale rappresentato col modello, il più vicino possibile alla

situazione reale, tenendo conto solo di alcuni o di tutti quei fattori che contribuiscono a determinare la risposta sismica locale di un deposito.

Tali modelli si raggruppano in varie categorie in funzione della dimensionalità con cui rappresentano la situazione reale e quindi in funzione del tipo di soluzione che propongono (analitica o numerica), in funzione dello schema matematico adottato nella rappresentazione del terreno e del modello di comportamento adottato per il terreno.

Il problema che tali modelli intendono risolvere, e quindi la soluzione che propongono, consiste nel determinare tutte quelle modifiche, in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un segnale sismico $u_B(t)$ in arrivo alla base di un deposito subisce nel suo attraversamento, fino a raggiungere la superficie trasformandosi in un segnale $u_S(t)$.

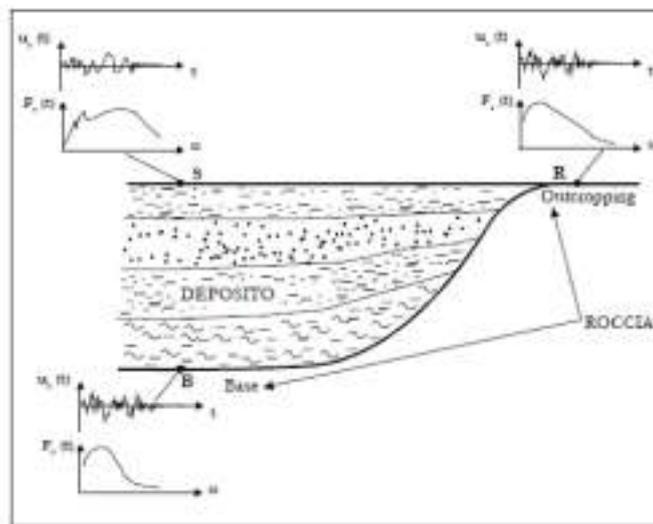


Figura 8-1 _ Schema di riferimento adottato per l'analisi della risposta sismica locale.

I modelli più semplici e comunemente utilizzati sono i modelli monodimensionali (1-D), che si basano su una serie di ipotesi e di semplificazioni introdotte nella caratterizzazione geometrica e meccanica del deposito e nelle leggi di propagazione delle onde sismiche e di comportamento dei terreni.

Nella condizione in esame si ritiene che tale approccio sia sufficiente alla definizione dei parametri di input sismico tralasciando i metodi bidimensionali o tridimensionali che vengono normalmente utilizzati per problemi più complessi e per magnitudo attese maggiori.

Nello specifico si assume che:

- il bedrock sia orizzontale e indefinitamente esteso;
- il deposito sia omogeneo o al più stratificato orizzontalmente;
- la sollecitazione sismica sia costituita da sole onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale (SH) incidenti il bedrock con direzione di propagazione verticale.

Quindi, a seconda del modello di comportamento adottato per il terreno, si possono avere:

- modelli lineari;
- modelli lineari equivalenti;
- modelli non lineari;
- modelli elasto-plastici.

La presente analisi di sismicità locale è stata effettuata con modellazione monodimensionale del sito, utilizzando per il terreno un modello di tipo lineare equivalente.

In queste condizioni, per valutare la risposta in superficie al deposito (in termini di storia temporale delle accelerazioni, velocità, spostamenti, deformazioni o tensioni di taglio, ecc.) ad un assegnato input sismico applicato alla base (ad esempio l'accelerogramma) si utilizza la funzione di trasferimento, funzione complessa $F(\omega)$ definita nel dominio della frequenza, caratteristica della geometria e delle proprietà meccaniche del deposito, la quale è in grado di fornire informazioni, di tipo qualitativo, sui campi di frequenze in cui è lecito attendersi significativi fenomeni di amplificazione del moto sismico e gli intervalli in cui è possibile che addirittura si verifichino fenomeni di attenuazione.

Il codice di calcolo utilizzato per le analisi è il codice DEEPSOIL v. 6.1.

8.2.1 Il codice di calcolo DEEPSOIL

Il codice di calcolo DEEPSOIL v. 6.1, sviluppato dall'Università dell'Illinois, è un programma che permette di effettuare analisi monodimensionali di tipo lineare e non lineare.

La definizione della risposta sismica superficiale viene ottenuta attraverso i seguenti passi successivi:

1. Selezione del tipo di analisi

È necessario innanzitutto definire il tipo di analisi che si vuole effettuare, se nel dominio delle frequenze o nel dominio del tempo. Per ognuna delle due analisi può essere scelta poi, rispettivamente, una analisi di tipo lineare o lineare equivalente ed un'analisi lineare o non lineare.

L'analisi è stata effettuata all'interno del dominio delle frequenze, con un modello per i terreni di tipo lineare equivalente:

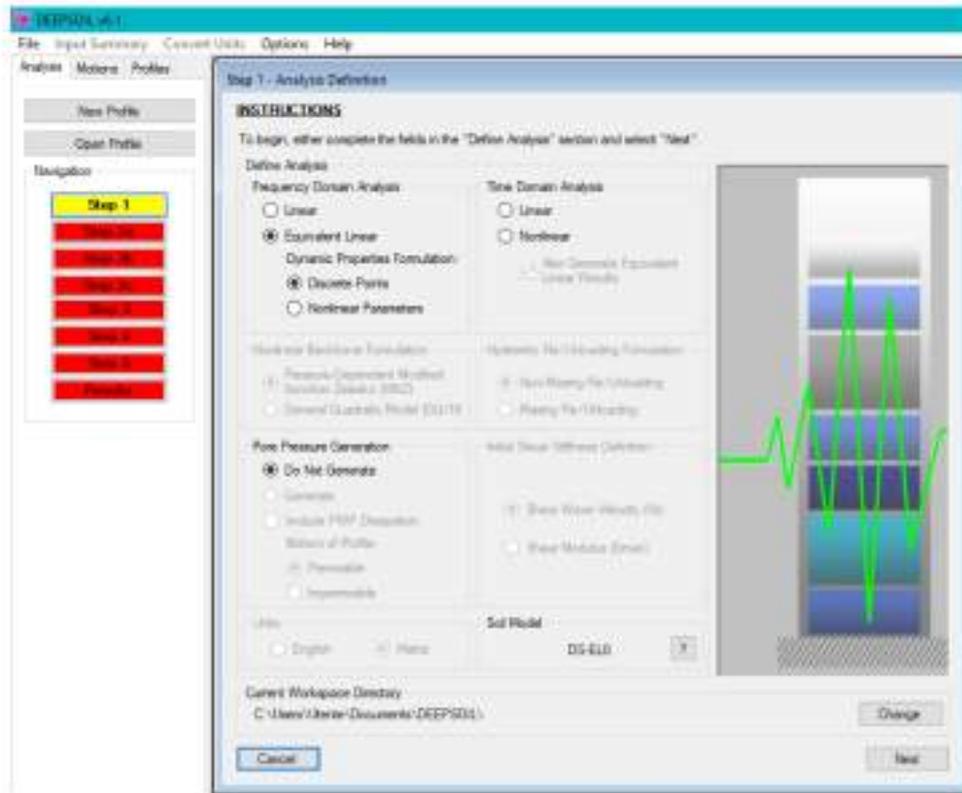


Figura 8-2 _ Schermata di definizione dell'analisi in DEEPSOIL (STEP 1).

2. Definizione delle proprietà dei terreni

In questa fase occorre definire il profilo del sottosuolo e le proprietà dei terreni che lo costituiscono.

Il numero di informazioni circa le proprietà dei terreni da inserire in questa fase dipende dal tipo di analisi scelta.

Si precisano in questo step anche la posizione della falda e le unità di misura da utilizzare.

In questo step inoltre va definita la tipologia di bedrock, se di tipo rigido o elastico.

Al fine di modellare il comportamento dinamico dei materiali e le relative caratteristiche di non linearità, è indispensabile assumere i seguenti parametri:

- curve di decadimento del modulo di rigidità a taglio normalizzato ($G/G_0-\gamma$) e di incremento del fattore di smorzamento ($D-\gamma$) che descrivono il comportamento non lineare e dissipativo dei materiali e la loro variazione con la deformazione tangenziale (γ);
- velocità delle onde di taglio (V_s);
- velocità delle onde di compressione (V_p).

Per il presente studio, in assenza di specifiche prove di laboratorio, sono state assunte curve $G/G_0-\gamma$ e $D-\gamma$ di letteratura.

Per i depositi prevalentemente argillosi, sono state assunte le curve di Vucetic & Dobry (1991) relative a $I_p=30$ Figura 8-3.

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

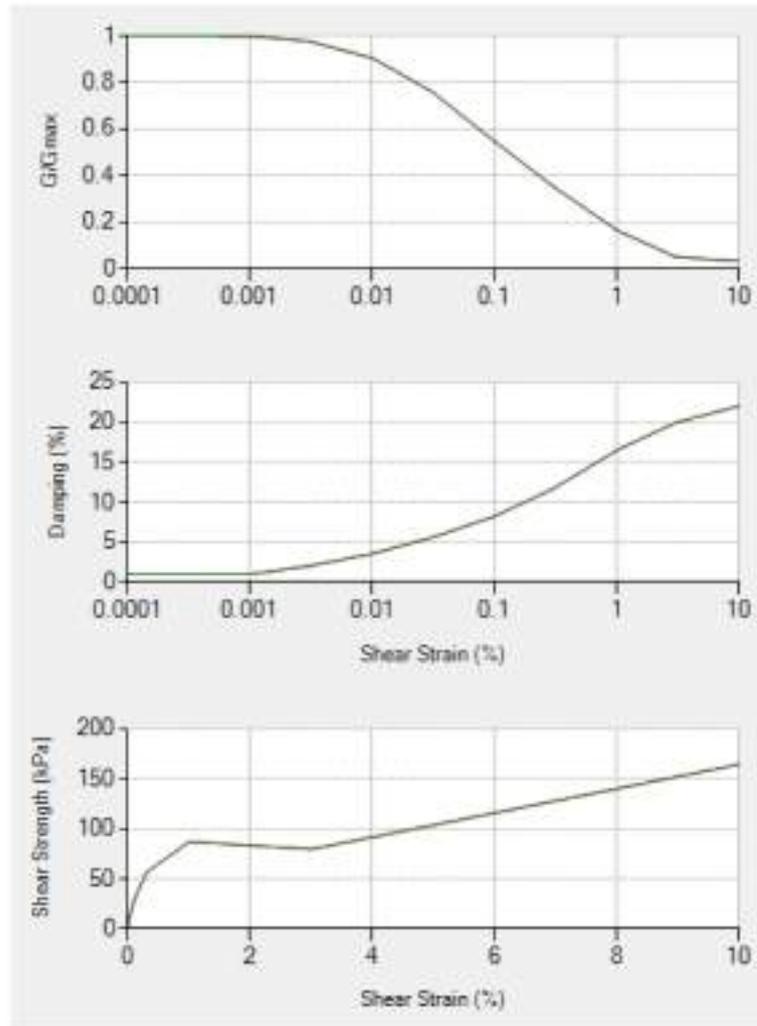


Figura 8-3 _ Curve di Vucetic & Dobry (1991) relative a IP=30.

Per i materiali a granulometria grossolana si è fatto riferimento alle curve di Seed & Idriss (1991-mean limit e upper limit), riportate in Figura 8-4.

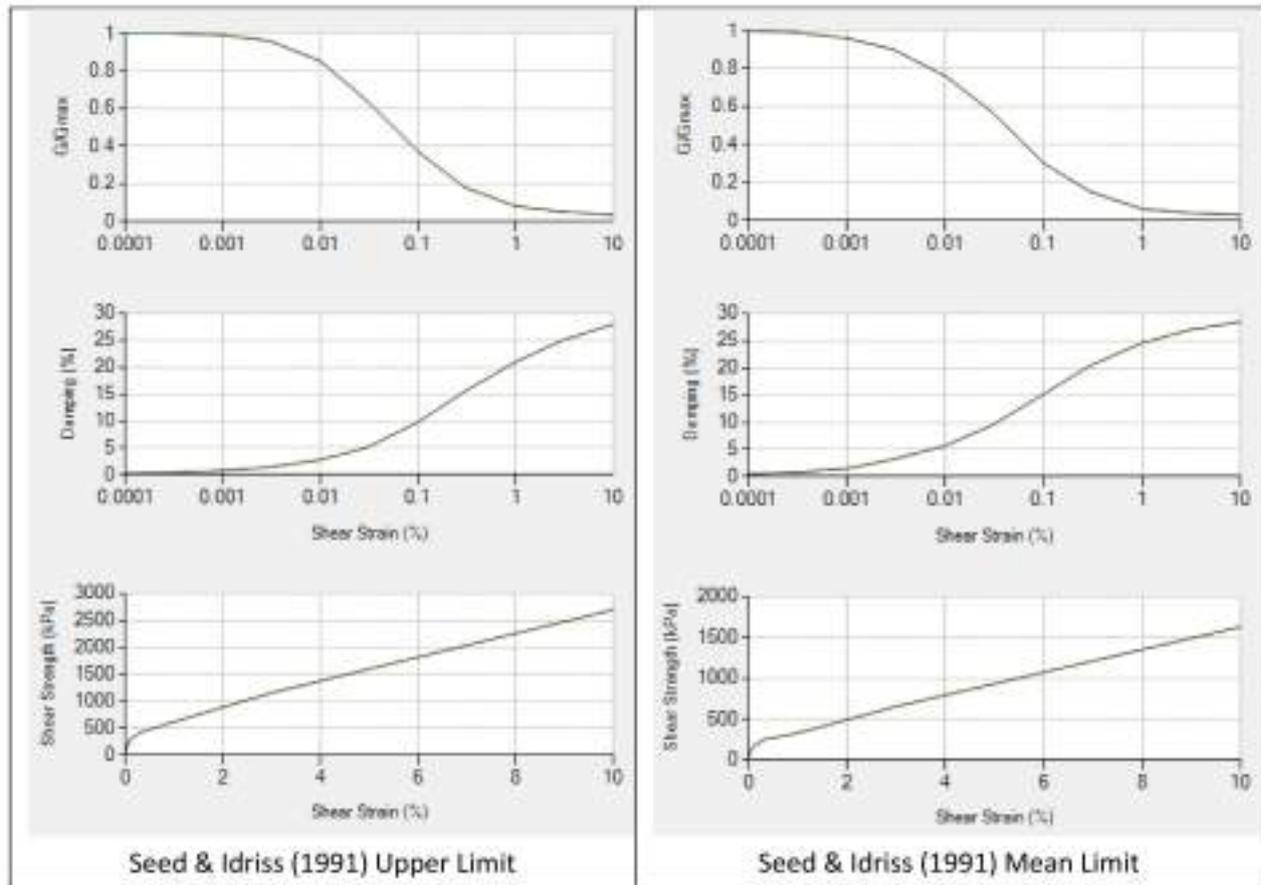


Figura 8-4 _ Curve di Seed & Idriss (1991).

I valori di V_s sono stati assunti sulla base delle prove Down-Hole e MASW eseguite in prossimità delle opere. Il bedrock, è stato modellato come elastico, con velocità $V_s = 800$ m/s laddove non presenti dati diretti, o con le velocità desunte dalle prove sismiche, laddove queste abbiano intercettato una formazione caratterizzata da velocità $V_s > 800$ m/s.

Definiti i parametri di analisi (utilizzo della trasformata discreta di Fourier e modulo di taglio complesso dipendente dalla frequenza) è stato infine possibile assegnare, volta per volta, i 7 accelerogrammi ottenuti con REXEL ed analizzarne gli output per ogni sito.

3. Controllo dell'analisi

Questa fase permette la selezione dei parametri di calcolo da utilizzare per le analisi.

4. Definizione dell'accelerogramma

Questa fase permette di assegnare l'accelerogramma di progetto e di scegliere i layer del sottosuolo per i quali si desiderano ottenere informazioni in uscita. Nel caso di analisi nel dominio delle frequenze è possibile scegliere se assegnare l'accelerogramma di input alla base degli strati o come roccia affiorante.

5. Parametri di output

Diversi sono i parametri di output che è possibile ottenere e visualizzare: la storia temporale dell'accelerazione, delle deformazioni e delle tensioni, lo spettro di risposta, lo spettro delle amplificazioni di Fourier e lo spettro dei rapporti delle amplificazioni.

In aggiunta può essere visualizzato il profilo, in profondità, dei picchi di accelerazione e può essere verificato il raggiungimento della convergenza.

8.3 RISULTATI DELLE ANALISI

Nei seguenti paragrafi vengono esposti i risultati delle analisi di RSL eseguite in corrispondenza delle indagini sismiche eseguite nell' in cui è emersa una significativa inversione delle velocità sismiche lungo le verticali ed in particolare:

1. Sondaggio S198d – Lotto 4 pk 7+807 (Cavalcavia pk 7+789)
2. Masw 092 – Lotto 4 pk 10+300 (Attraversamento idraulico pk 9+611)
3. Sondaggio S208d – Lotto 4 pk 23+175 (tratto in rilevato)
4. Sondaggio S218d – Lotto 4 pk 15+623 (Manufatto di attraversamento ferroviario)

Per ogni sito vengono riportati:

- I 7 accelerogrammi spettro-compatibili individuati al bedrock, mediante il software Rexel 3.5, i rispettivi spettri visualizzati insieme allo spettro target, lo spettro medio ed i fattori di scala applicati agli accelerogrammi;
- Il set di accelerogrammi ottenuto da analisi di RSL, in cui è possibile osservare un'amplificazione rispetto ai valori dell'accelerazione al bedrock (precedentemente riportati);
- Gli spettri di risposta, corrispondenti a tutti e sette gli accelerogrammi superficiali, lo spettro medio risultante ed il valore dell'accelerazione massima (valore di ancoraggio dello spettro, per $T(s) = 0$) attesa nel sito in esame in superficie;
- L'andamento della funzione di trasferimento, che rappresenta, il rapporto di amplificazione tra le ampiezze degli spettri di Fourier in superficie rispetto a quelle al bedrock in funzione della frequenza ed il valore di frequenza in corrispondenza del quale si riscontra il primo effetto di amplificazione.

8.3.1 Sondaggio S198d – Lotto 4 pk 7+807 (Cavalcavia pk 7+789)

Accelerogrammi al bedrock

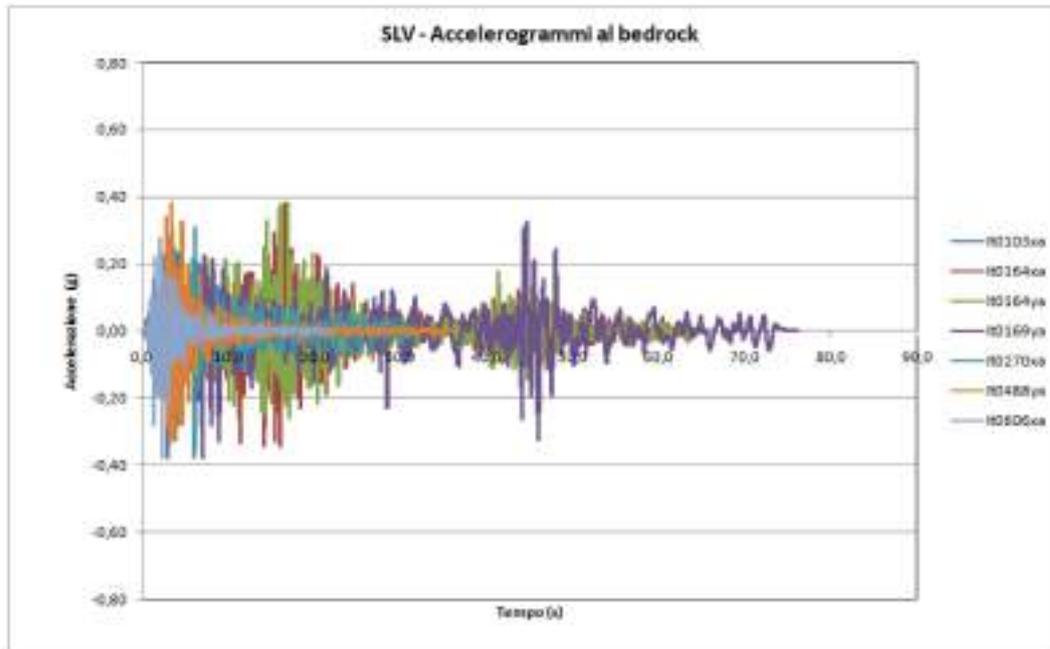


Figura 8-5 _ Accelerogrammi al bedrock – S198

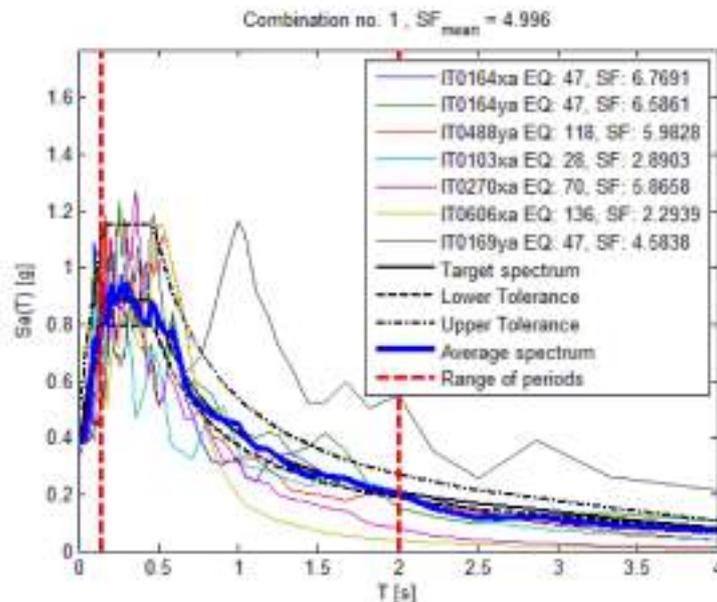


Figura 8-6 _ Spettri degli accelerogrammi al bedrock (output di Rexel 3.5) – S198

Determinazione della risposta sismica in superficie

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

Il modello implementato nel codice di calcolo DeepSoil 6.1 fa riferimento alla stratigrafia del sondaggio S198 alla ricostruzione stratigrafica del profilo geologico ed ai risultati della prova Down-Hole eseguita nel foro di sondaggio, dalla quale sono stati considerati valori di Vs medi rappresentativi per strati omogenei riportati nella figura seguente.

Il bedrock è stato ipotizzato alla profondità di 30 m e caratterizzato da una velocità Vs = 800 m/s.

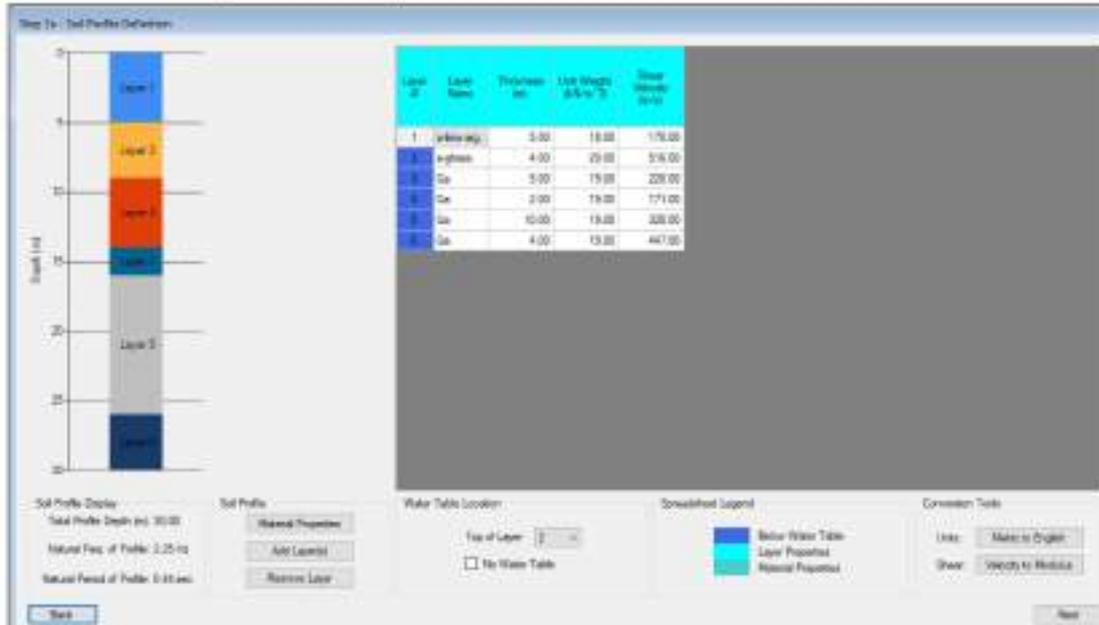


Figura 8-7 _ Stratigrafia di progetto implementata in DeepSoil – S198

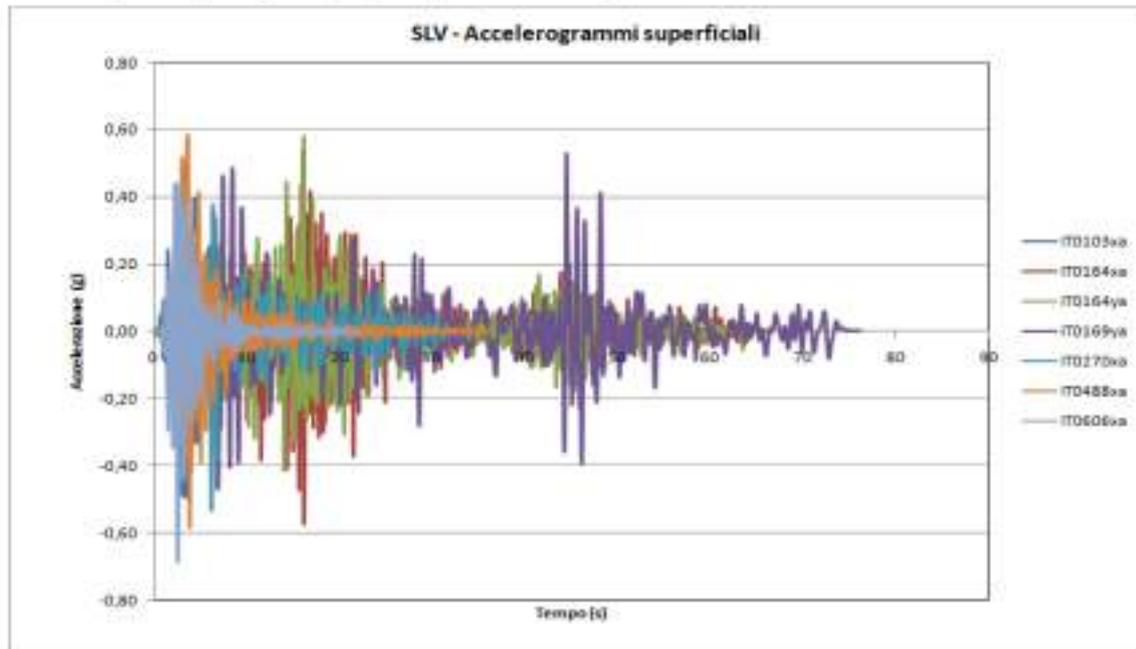


Figura 8-8 _ Accelerogrammi superficiali risultanti – S198

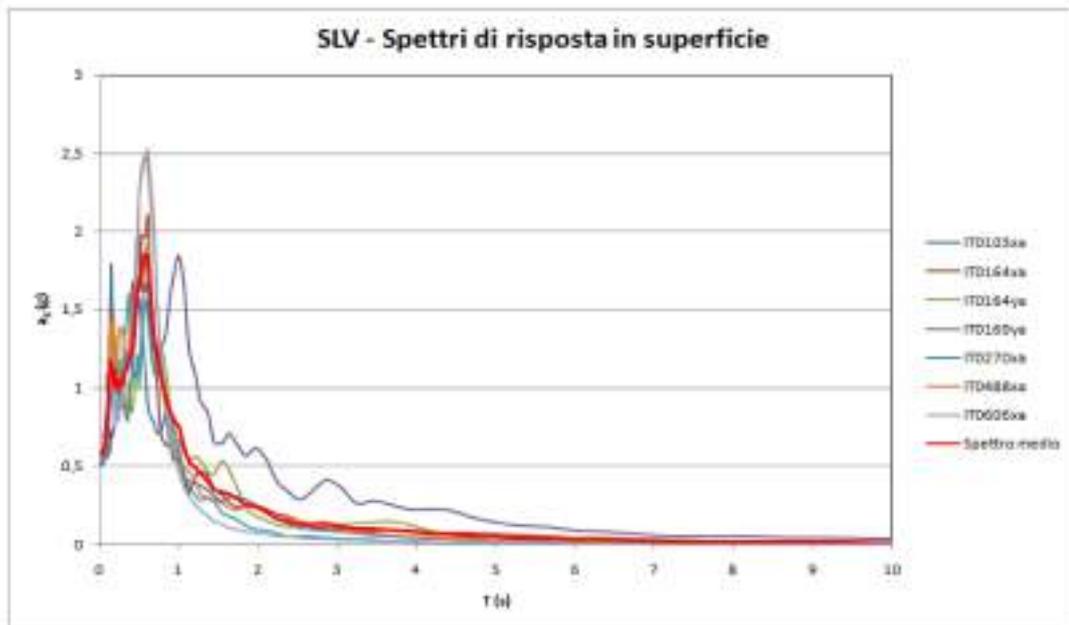


Figura 8-9 _ Spettri di risposta in superficie – S198

Come emerge dal grafico nella figura precedente, considerando ai fini dei calcoli di progetto lo spettro medio fra i 7 esaminati, l'accelerazione massima (valore di ancoraggio dello spettro, per $T(s) = 0$) attesa nel sito in esame in superficie risulta pari a:

$$a_{max} = 0.57 \text{ g}$$

Dal grafico della funzione di trasferimento riportato di seguito, il primo effetto di amplificazione si riscontra per un valore di frequenza pari a circa 1.75 Hz.

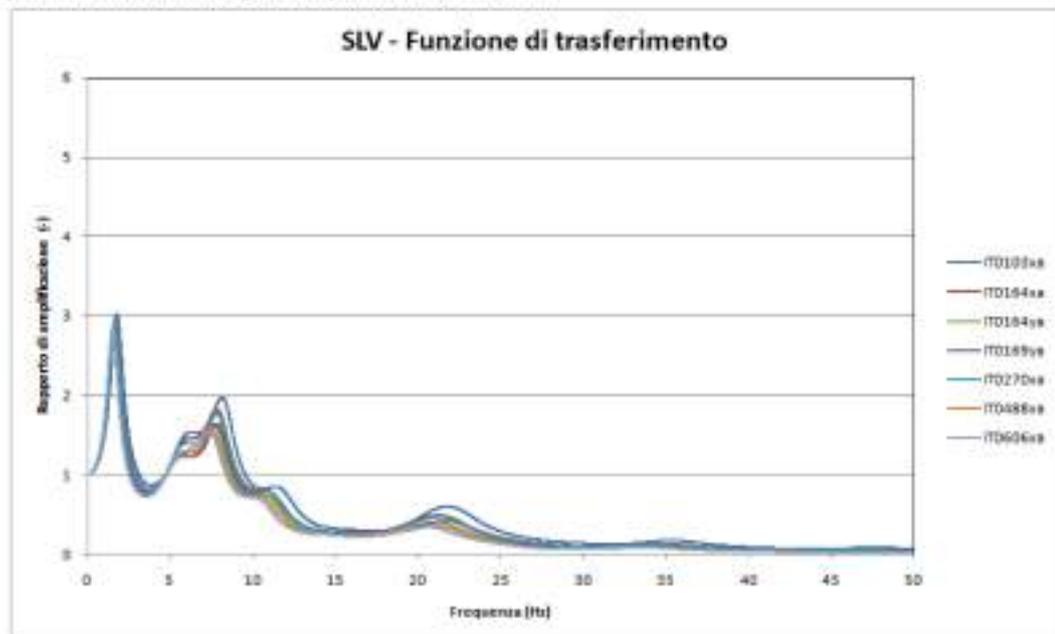


Figura 8-10 _ Funzione di trasferimento – S198

8.3.2 Masw M092 – Lotto 4 pk 10+300 (Attraversamento idraulico pk 9+611)

Accelerogrammi al bedrock

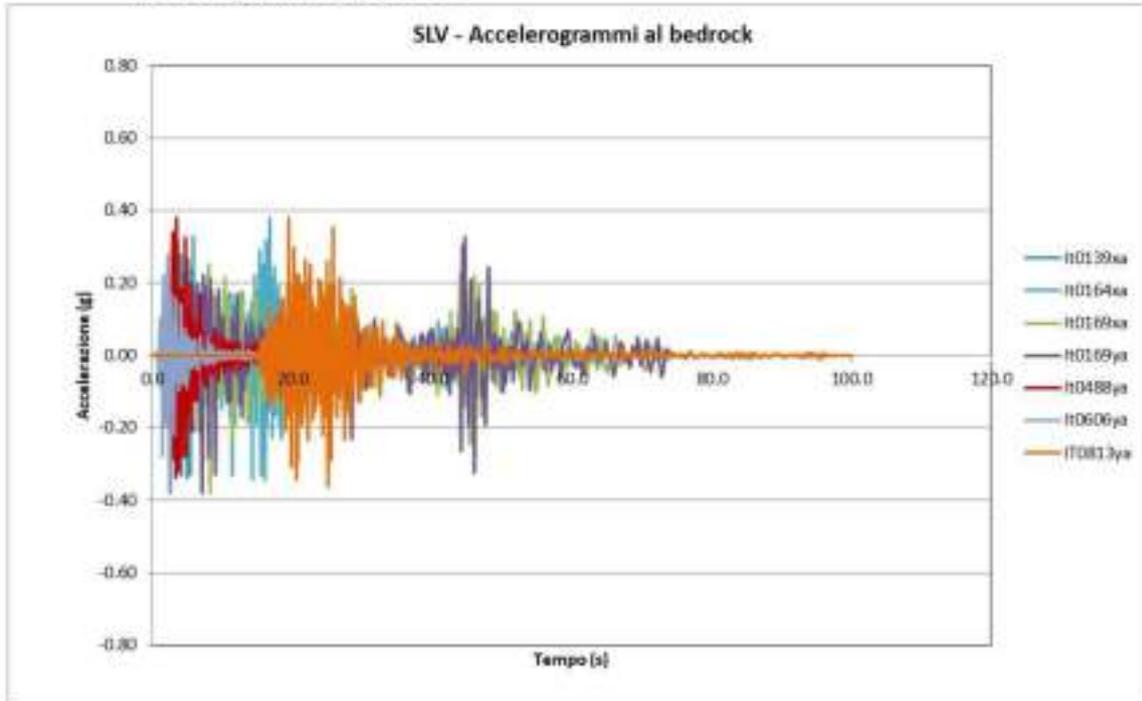


Figura 8-11 _ Accelerogrammi al bedrock – M092

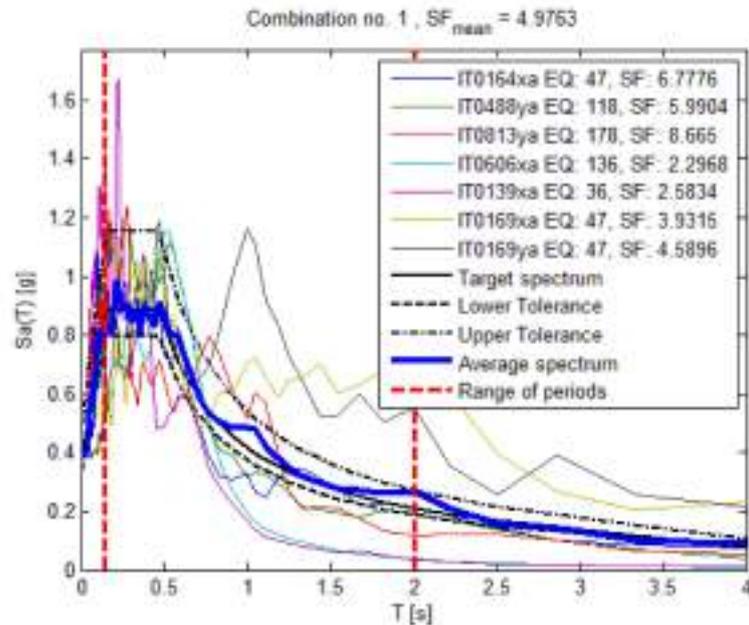


Figura 8-12 _ Spettri degli accelerogrammi al bedrock (output di Rexel 3.5) – M092

Determinazione della risposta sismica in superficie

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

Il modello implementato nel codice di calcolo DeepSoil 6.1 fa riferimento alla stratigrafia individuata dalla MASW M092 e dalla ricostruzione stratigrafica condotta nel profilo geologico.

Il bedrock è stato ipotizzato presente alla profondità di 30 m e caratterizzato da una velocità pari a $V_s = 800$ m/s.

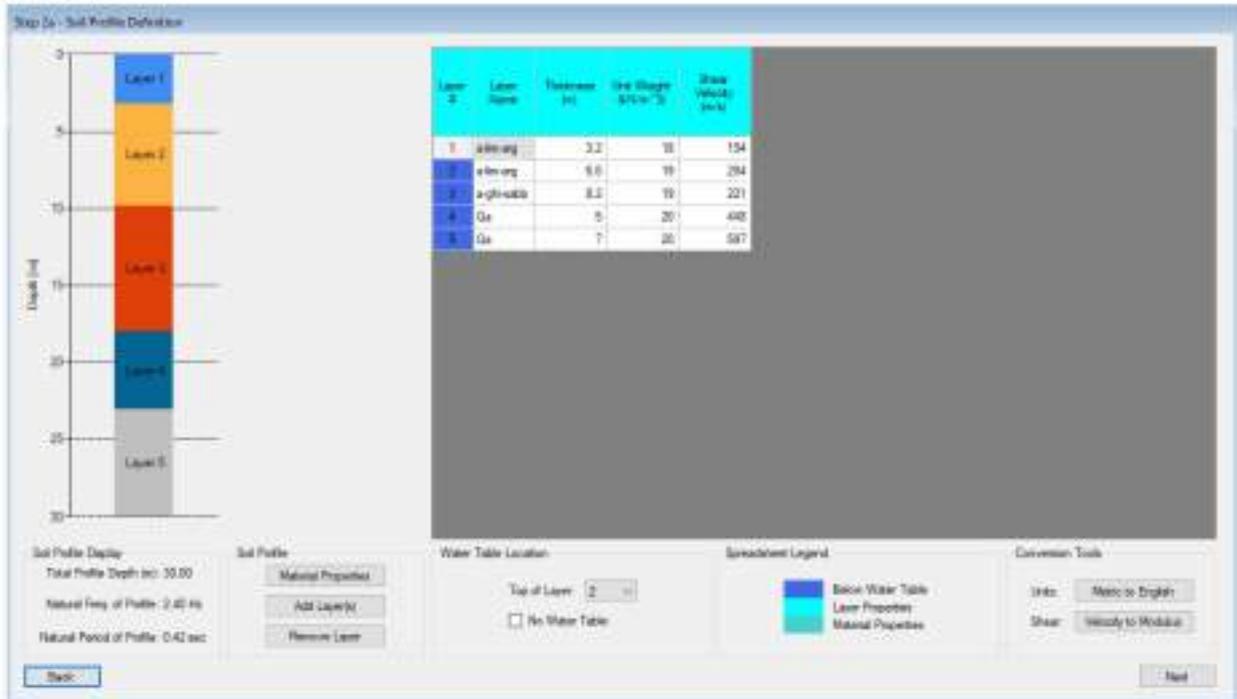


Figura 8-13 _ Stratigrafia di progetto implementata in DeepSoil – M092

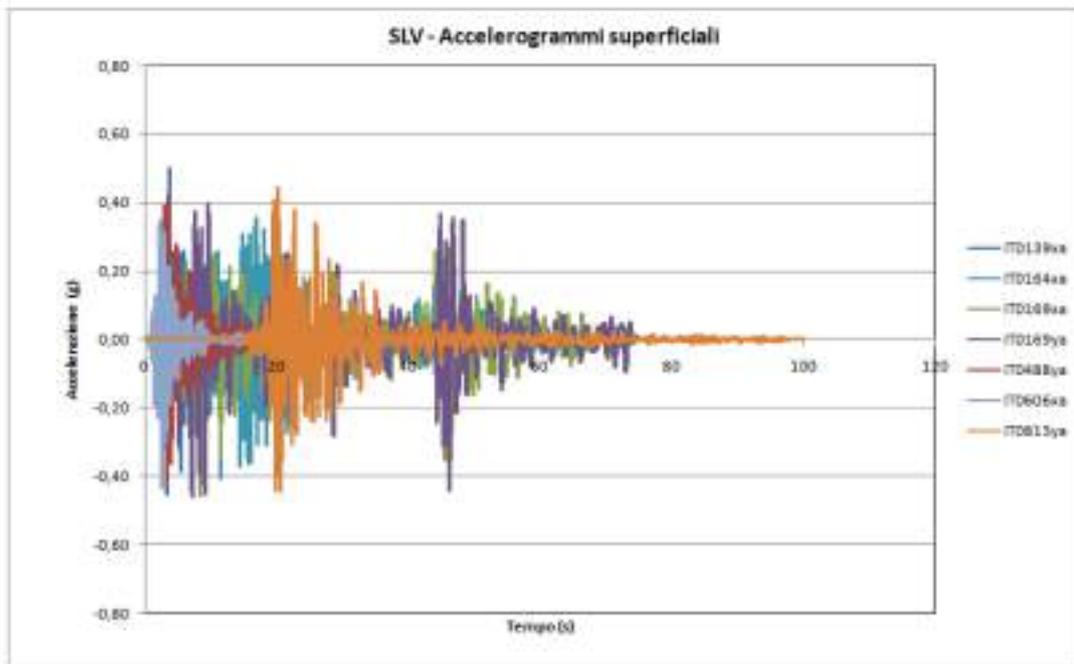


Figura 8-14 _ Accelerogrammi superficiali – M092

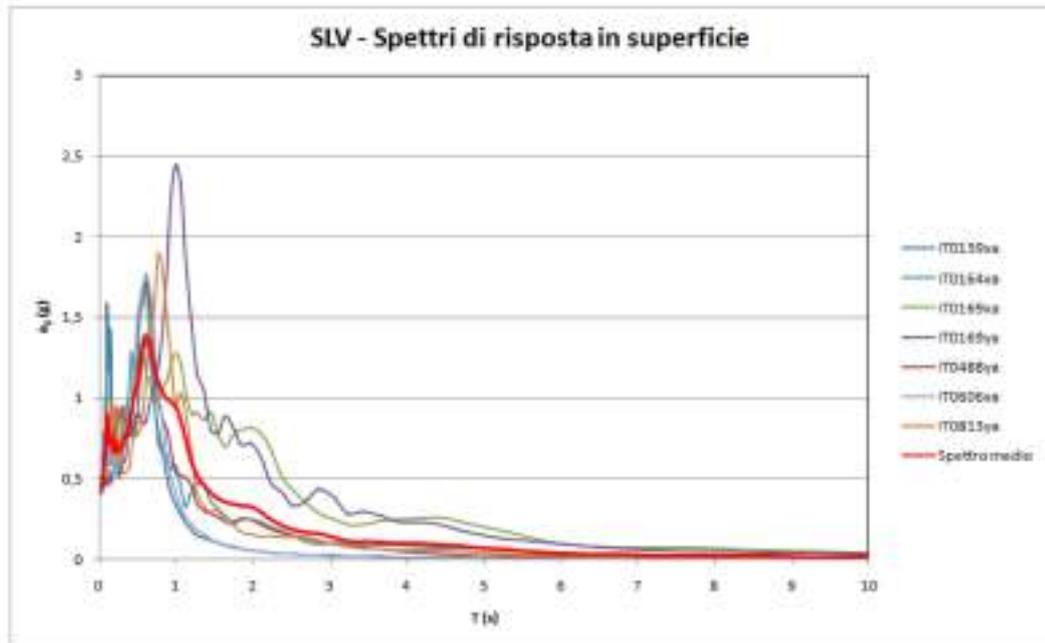


Figura 8-15 _ Spettri di risposta in superficie – M092

Come emerge dal grafico nella figura precedente, considerando ai fini dei calcoli di progetto lo spettro medio fra i 7 esaminati, l'accelerazione massima (valore di ancoraggio dello spettro, per $T(s) = 0$) attesa nel sito in esame in superficie risulta pari a:

$$a_{max} = 0.446 \text{ g}$$

Dal grafico della funzione di trasferimento riportato di seguito, il primo effetto di amplificazione si riscontra per un valore di frequenza pari a circa 1 - 1.5 Hz.

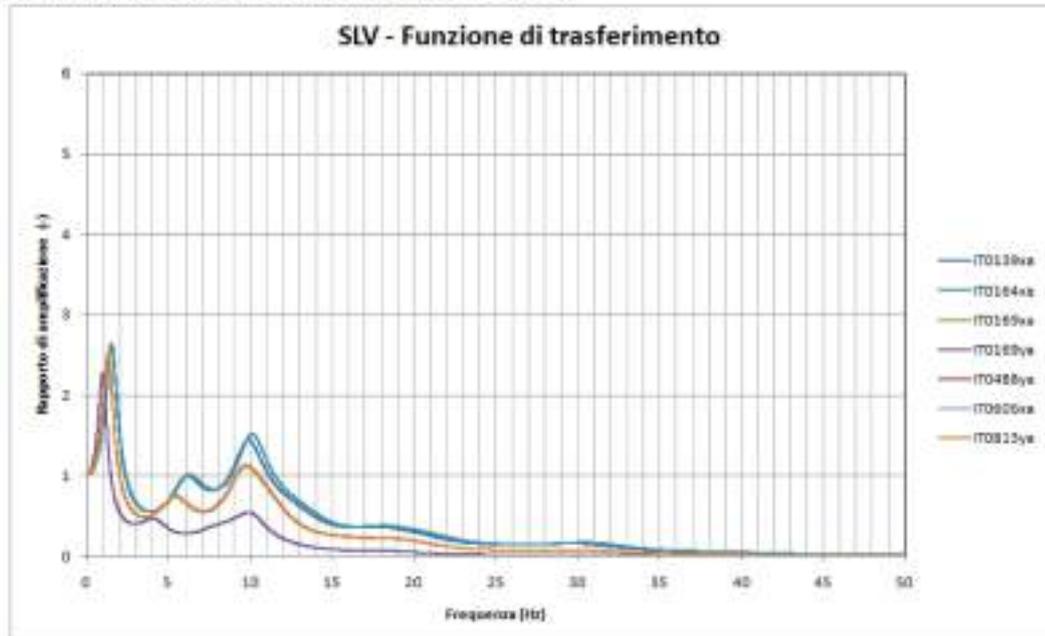


Figura 8-16 _ Funzione di trasferimento – M092

8.3.3 Sondaggio S208d – Lotto 4 pk 12+175 (tratto in rilevato)

Accelerogrammi al bedrock

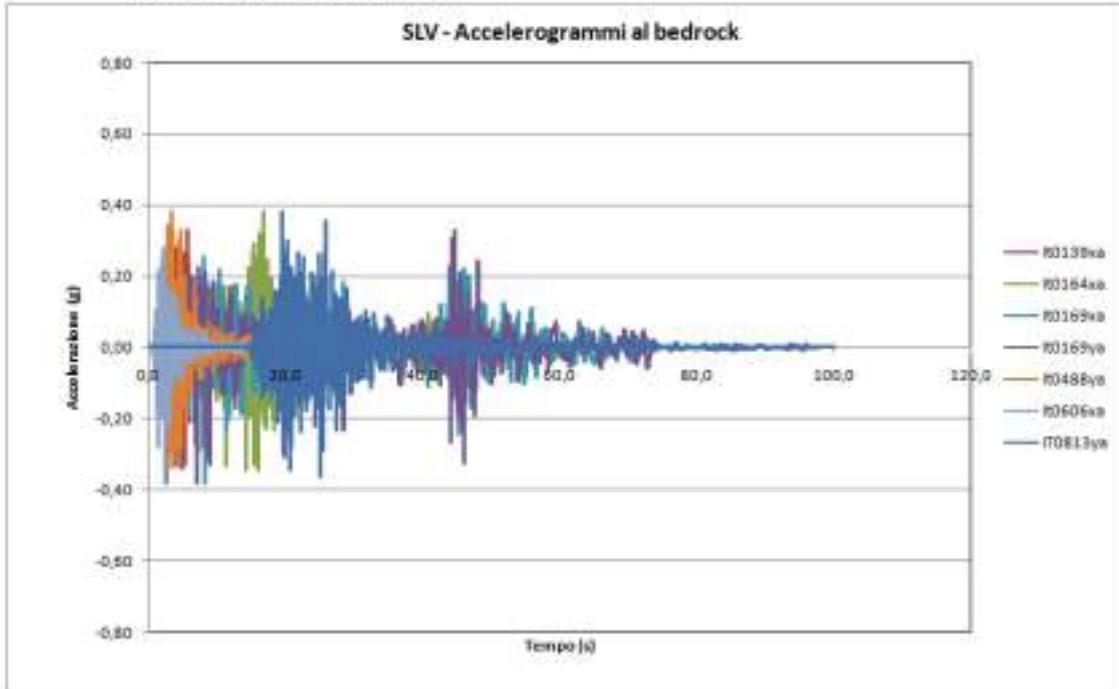


Figura 8-17 _ Accelerogrammi al bedrock – S208

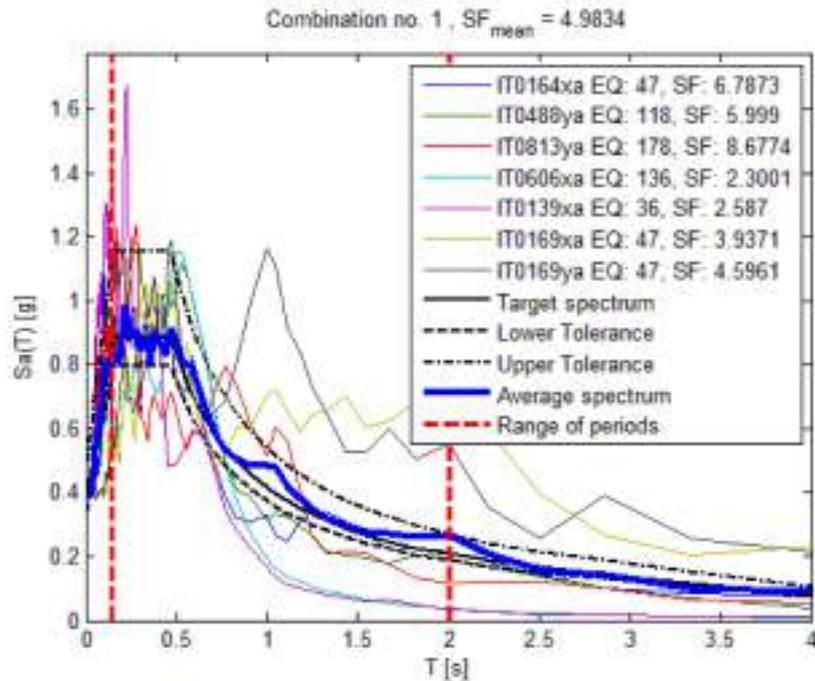


Figura 8-18 _ Spettri degli accelerogrammi al bedrock (output di Rexel 3.5) – S208

Determinazione della risposta sismica in superficie

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

Il modello implementato nel codice di calcolo DeepSoil 6.1 fa riferimento alla stratigrafia del sondaggio S208, alla ricostruzione stratigrafica del profilo geologico ed ai risultati della prova Down-Hole eseguita in foro, dalla quale sono stati considerati valori di Vs medi rappresentativi per strati omogenei riportati nella figura seguente.

Il bedrock è stato ipotizzato alla profondità di 40 m e caratterizzato da una velocità Vs = 800 m/s.

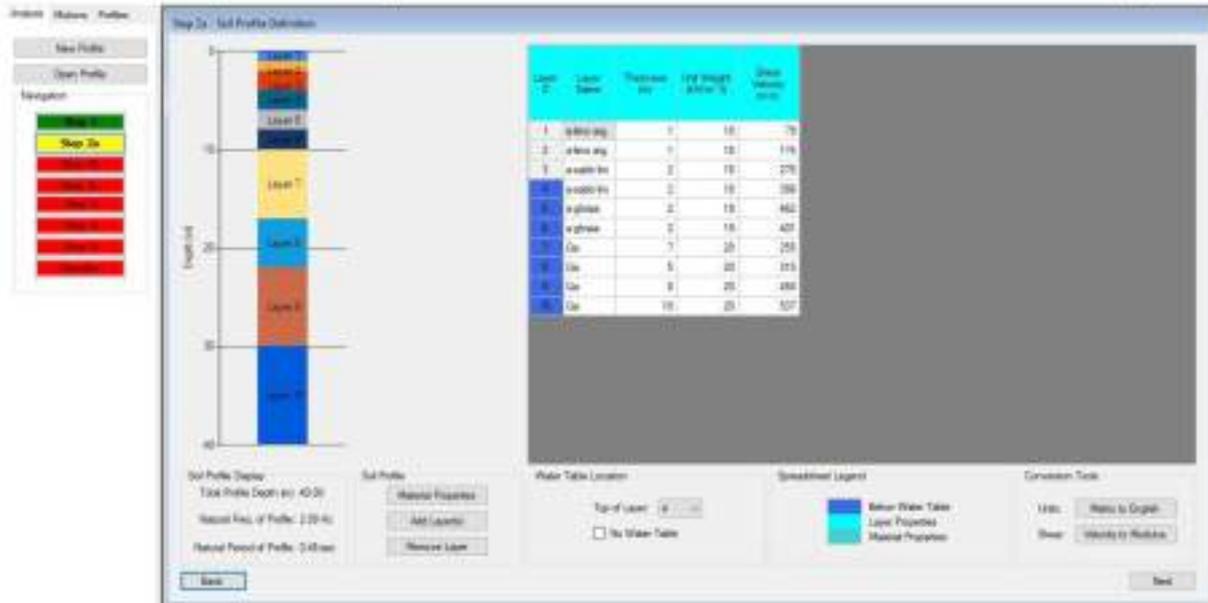


Figura 8-19 _ Stratigrafia di progetto implementata in DeepSoil – S208

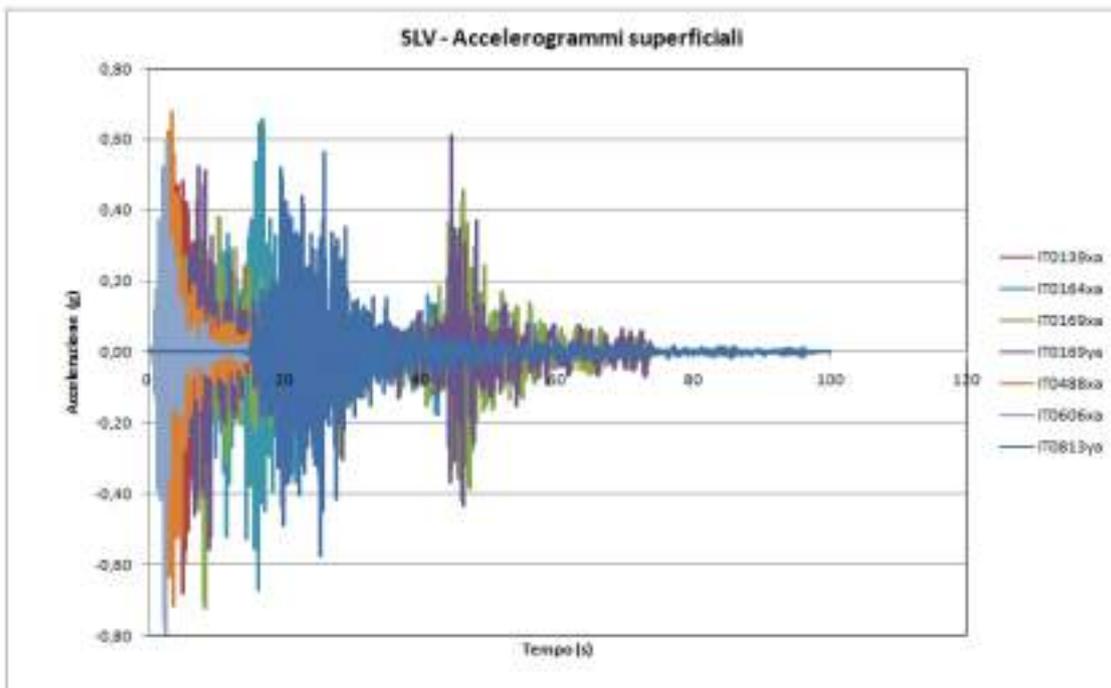


Figura 8-20 _ Accelerogrammi superficiali risultanti – S208

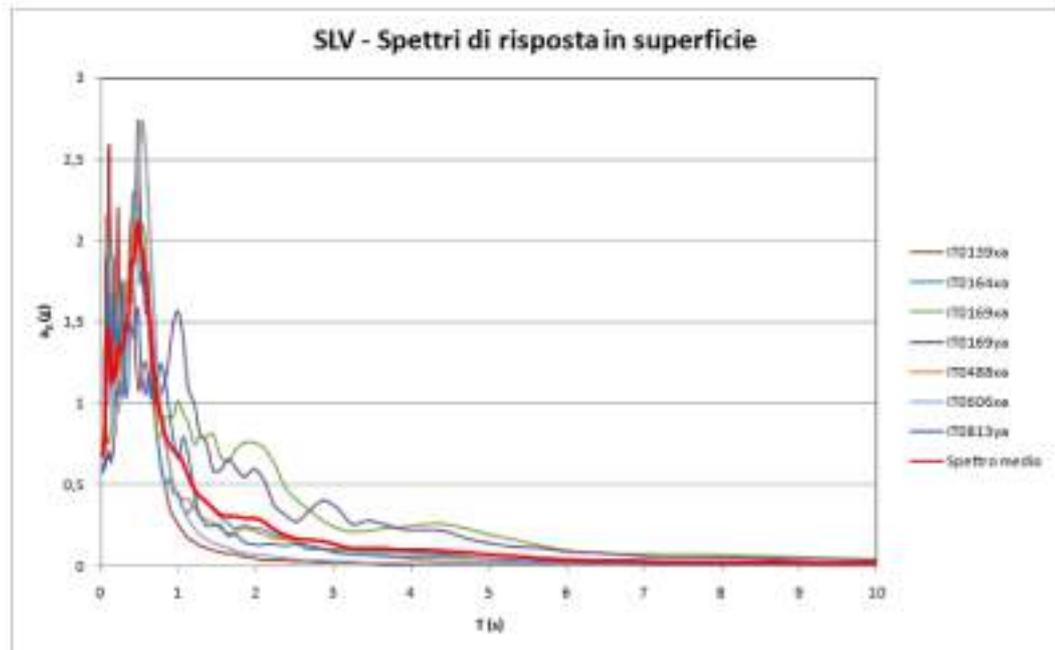


Figura 8-21 _ Spettri di risposta in superficie – S208

Come emerge dal grafico nella figura precedente, considerando ai fini dei calcoli di progetto lo spettro medio fra i 7 esaminati, l'accelerazione massima (valore di ancoraggio dello spettro, per $T(s) = 0$) attesa nel sito in esame in superficie risulta pari a:

$$a_{max} = 0.685 \text{ g}$$

Dal grafico della funzione di trasferimento riportato di seguito, il primo effetto di amplificazione si riscontra per un valore di frequenza pari a circa 2.2 Hz.

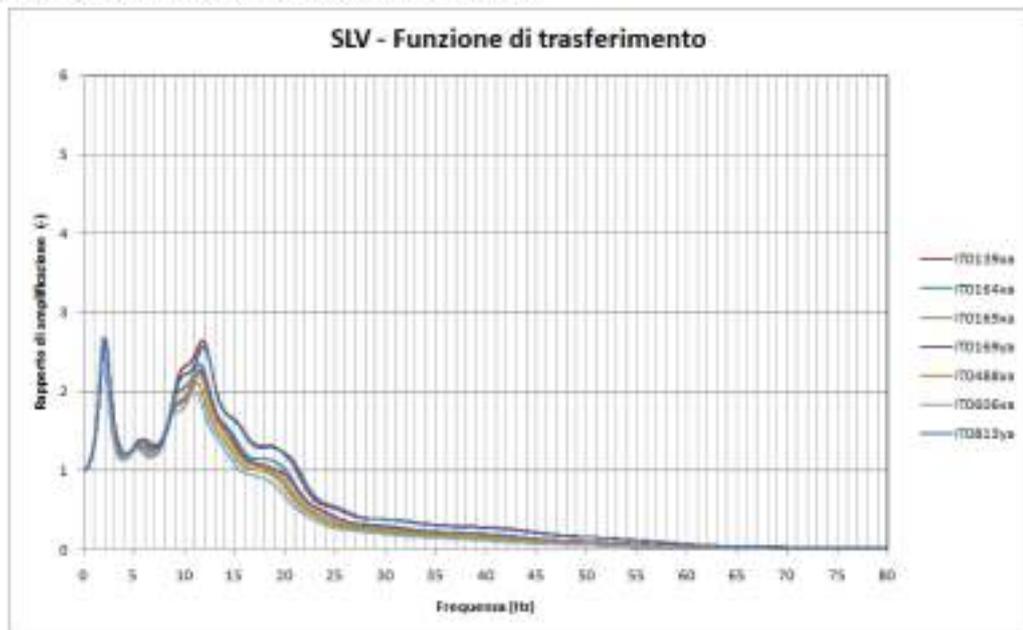


Figura 8-22 _ Funzione di trasferimento – S208

8.3.4 Sondaggio S2018d – Lotto 4 pk 15+623 (Manufatto di attraversamento ferroviario)

Accelerogrammi al bedrock

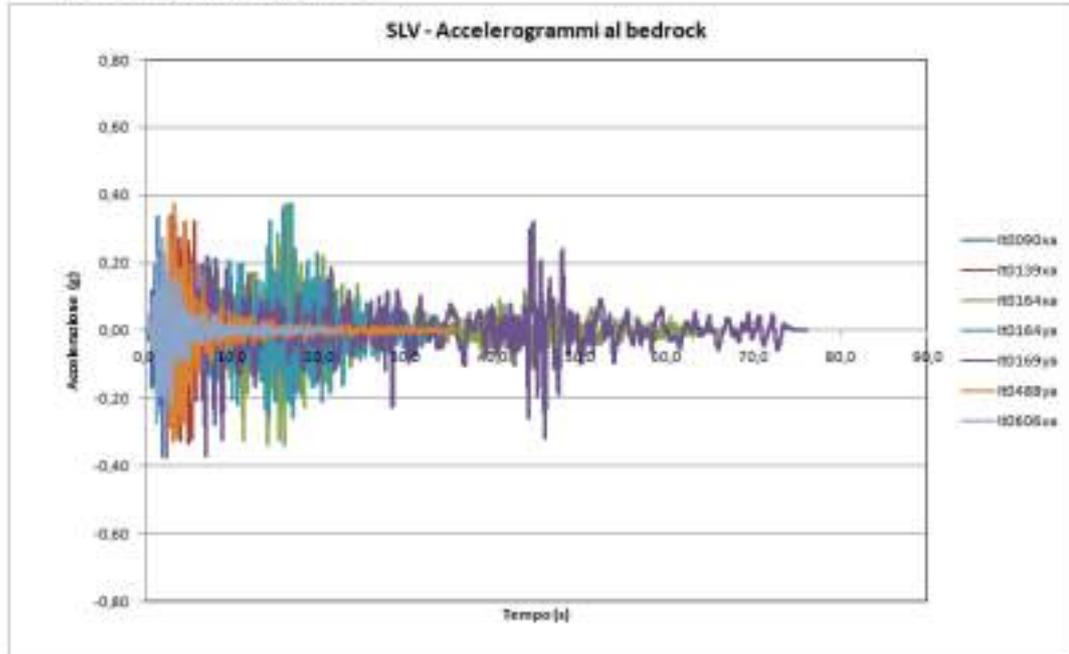


Figura 8-23 _ Accelerogrammi al bedrock – S218

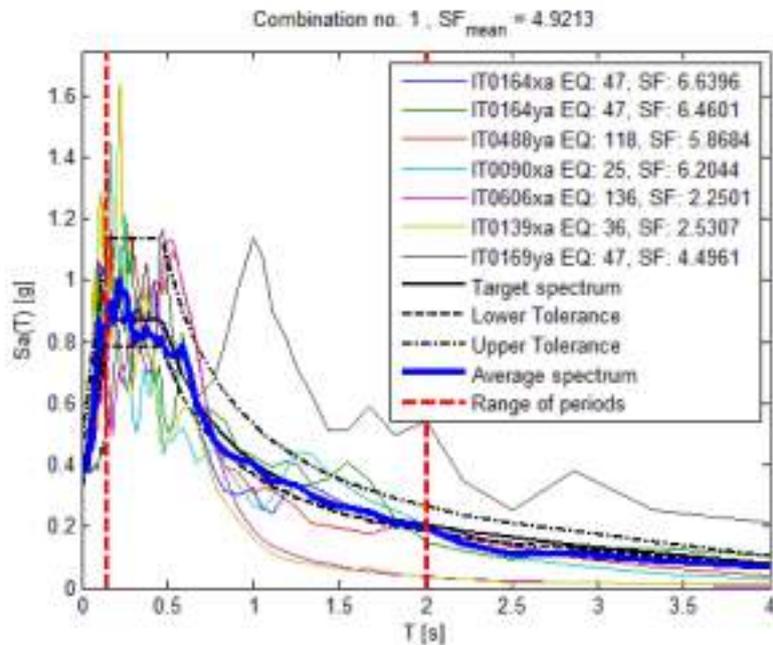


Figura 8-24 _ Spettri degli accelerogrammi al bedrock (output di Rexel 3.5) – S218

Determinazione della risposta sismica in superficie

RELAZIONE SISMICA LOTTO 4

Il modello implementato nel codice di calcolo DeepSoil 6.1 fa riferimento alla stratigrafia del sondaggio S218, alla ricostruzione stratigrafica del profilo geologico ed ai risultati della prova Down-Hole eseguita nel foro di sondaggio, dalla quale sono stati considerati i valori di Vs medi rappresentativi per strati omogenei riportati nella figura seguente.

Secondo quanto emerso dalla stratigrafia e dalla prova Down-Hole, il bedrock è stato posizionato alla profondità di 29 m e caratterizzato da una velocità Vs = 1450 m/s.

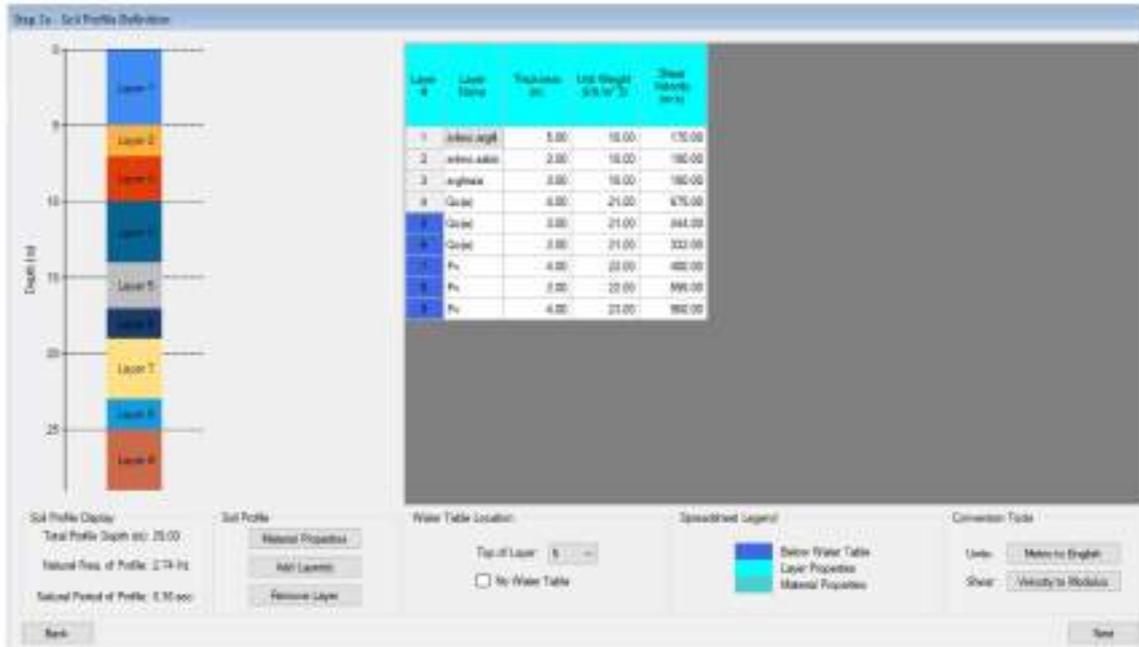


Figura 8-25 _ Stratigrafia di progetto implementata in DeepSoil – S218

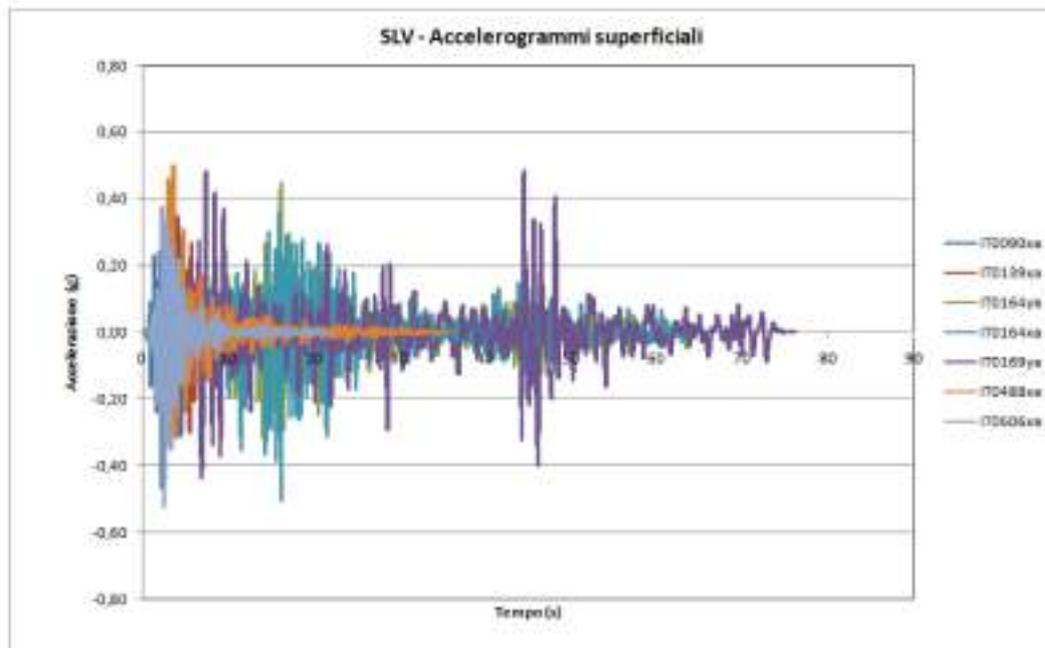


Figura 8-26 _ Accelerogrammi superficiali risultanti – S218

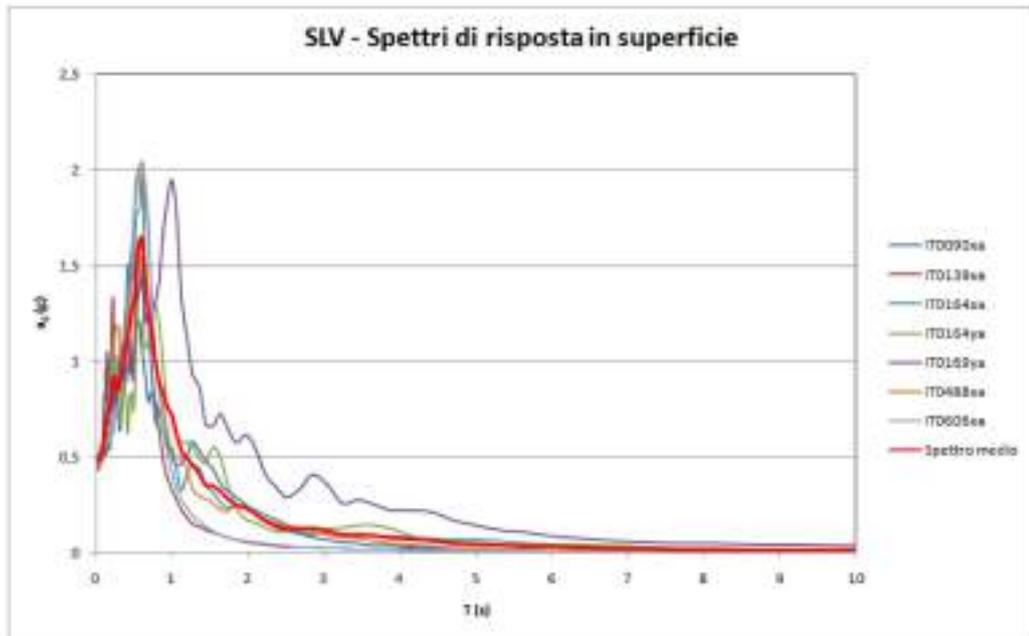


Figura 8-27 _ Spettri di risposta in superficie – S218

Come emerge dal grafico nella figura precedente, considerando ai fini dei calcoli di progetto lo spettro medio fra i 7 esaminati, l'accelerazione massima (valore di ancoraggio dello spettro, per $T(s) = 0$) attesa nel sito in esame in superficie risulta pari a:

$$a_{max} = 0.48 \text{ g}$$

Dal grafico della funzione di trasferimento riportato di seguito, il primo effetto di amplificazione si riscontra per un valore di frequenza pari a circa 1.6 Hz.

SLV - Funzione di trasferimento

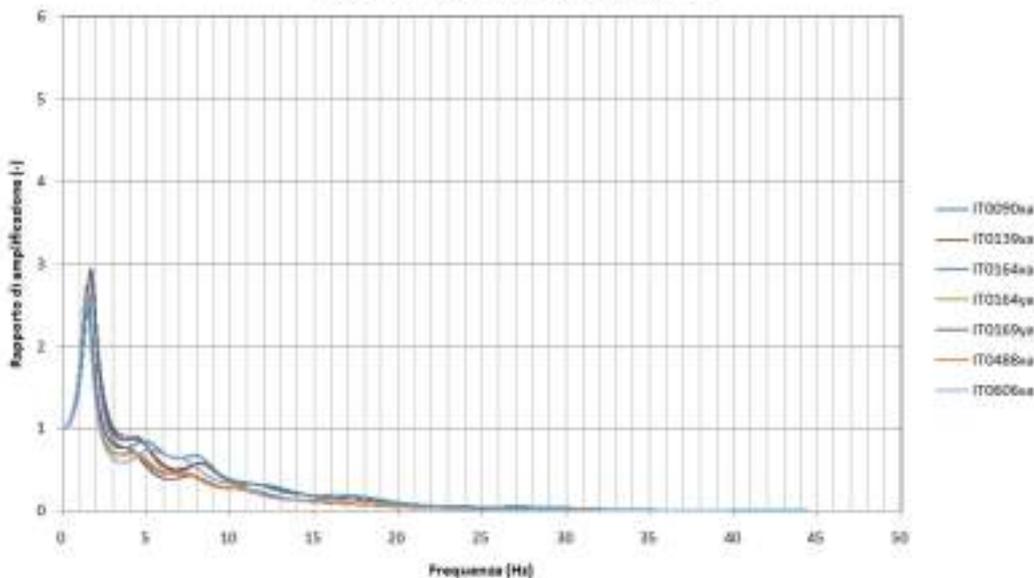


Figura 8-28 _ Funzione di trasferimento – S218

9 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TRACCIATO

Nella tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche sismiche di porzioni omogenee del tracciato del lotto 4, definite sulla base dei risultati delle indagini e delle elaborazioni eseguite.

Tabella 4 - Riepilogo grandezze per la definizione dell'azione sismica, con VN = 50 anni, classe d'uso IV (cu = 2.0), ST=1.0.

Tratto Lotto 4 [pk Asse Dx]		Comune	a_g/g	Cat. sottosuolo	S_T	S_S	a_{max}/g
da pk	a pk		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0+000	0+160	Francofonte (SR)	0.386	E	1.0	1.011	0.390
0+000	2+400	Francofonte (SR)	0.386	B	1.0	1.040	0.401
2+400	2+600	Francofonte (SR)	0.386	C	1.0	1.160	0.448
2+600	6+400	Francofonte (SR)	0.386	B	1.0	1.040	0.401
6+400	7+040	Lentini (SR)	0.377	B	1.0	1.047	0.395
7+040	7+340	Lentini (SR)	0.377	C	1.0	1.170	0.441
7+340	7+740	Lentini (SR)	0.377	B	1.0	1.047	0.395
7+740	7+880	Lentini (SR)	0.377	RSL	1.0	-	0.570
7+880	8+020	Lentini (SR)	0.377	B	1.0	1.047	0.395
8+020	9+300	Lentini (SR)	0.377	C	1.0	1.170	0.441
9+300	10+100	Francofonte (SR)	0.386	C	1.0	1.160	0.448
10+100	10+200	Francofonte (SR)	0.386	RSL	1.0	-	0.446
10+200	11+000	Carlentini (SR)	0.377				
11+100	11+800	Carlentini (SR)	0.380	C	1.0	1.166	0.443
11+700	12+280	Carlentini (SR)	0.380	RSL	1.0	-	0.685
12+280	12+640	Carlentini (SR)	0.380	C	1.0	1.166	0.443
12+640	14+980	Lentini (SR)	0.377	C	1.0	1.170	0.441
14+980	15+400	Lentini (SR)	0.377	E	1.0	1.028	0.387
15+400	15+450	Lentini (SR)	0.377	B	1.0	1.047	0.395
15+450	15+560	Lentini (SR)	0.377	C	1.0	1.170	0.441
15+560	15+650	Lentini (SR)	0.377	RSL	1.0	-	0.480
15+650	15+940	Lentini (SR)	0.377	B	1.0	1.047	0.395
15+940	16+500	Lentini (SR)	0.377	E	1.0	1.028	0.387
16+500	16+740	Lentini (SR)	0.377	C	1.0	1.170	0.441
16+740	18+820	Carlentini (SR)	0.380	C	1.0	1.166	0.443
18+820	18+920	Carlentini (SR)	0.380	A	1.0	1.000	0.380
18+920	20+251	Carlentini (SR)	0.380	C	1.0	1.166	0.443

Legenda:

Pk : progressive chilometriche di riferimento di inizio e fine tratta;

Comune: comune in cui ricade la tratta in esame;

a_r/g : accelerazione massima su suolo rigido;

Cat. sottosuolo: categoria di sottosuolo ai sensi OPCM 3274/2003 e NTC 2008;

St : coefficiente di amplificazione topografica;

Ss : Coefficiente di amplificazione stratigrafica;

a_{max}/g : accelerazione massima al sito.