



# PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA

## POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA

### PROGETTO ESECUTIVO - 1° STRALCIO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE (ATI):

**ITALCONSULT S.p.A. (MANDATARIA)**  
**BONIFICA ITALIA S.r.l.**  
**CO.RE. INGEGNERIA**  
**OMNISERVICE Engineering S.r.l.**

RESPONSABILI DI PROGETTO:

**Dott. Ing. Mauro Lotto**  
Ordine Ingegneri di Roma n. 13531  
**Dott. Ing. Franco Persio Bocchetto**  
Ordine Ingegneri di Roma n. 8664  
**Dott. Ing. Vincenzo Calzona**  
Ordine Ingegneri di Roma n. 16656  
**Dott. Ing. Pietro Agnello**  
Ordine Ingegneri di Agrigento n. 543

ORGANISMO DI ISPEZIONE ACCREDITATO ISP N° 008E ACCREDIA

**ITALSOCOTEC S.p.A.**  
Responsabile del servizio: Ing. C. Pidatella

RESPONS. INTEG. PREST. SPECIALISTICHE  
**Dott. Ing. Antonio Bevilacqua**

UFFICIO DEL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Dott. Ing. Vincenzo Corallo

ASSISTENTE  
Dott. Ing. Salvatore Dipasquale

## SISMICA Relazione sismica


CODICE: **PE-GE04-GEO-RE01-B**

SCALA: -

DATA: Novembre 2014


NOME FILE: PE-GE04-GEO-RE01-B.DOC

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Visto	Approvato
A	Febbraio 2014	EMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO	SPINA	ALAGNA	LOTTO
B	Novembre 2014	GIUSTA REVISIONE A SEGUITO RAPPORTO DI VERIFICA ITALSOCOTEC DEL 12/11/2014	SPINA	ALAGNA	LOTTO

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

## INDICE

1.	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
2.	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO</b> .....	<b>2</b>
3.	<b>SISMICITA' DELL'AREA DA RICERCHE EFFETTUATE</b> .....	<b>4</b>
4.	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>6</b>
5.	<b>MACROZONAZIONE E MICROZONAZIONE SISMICA</b> .....	<b>6</b>
5.1	<b>PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE</b> .....	<b>6</b>
5.2	<b>CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE</b> .....	<b>7</b>
6.	<b>CRITERI DI PROGETTAZIONE ANTISISMICA E CLASSE DI IMPORTANZA</b> .....	<b>10</b>
6.1	<b>CRITERI DI PROGETTAZIONE</b> .....	<b>10</b>
6.2	<b>CLASSE D'USO, VITA NOMINALE E SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO</b> .....	<b>10</b>
7.	<b>CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE E DI VINCOLO OPERE D'ARTE MAGGIORI</b> .....	<b>12</b>
8.	<b>COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER VERIFICA GEOTECNICHE</b> .....	<b>13</b>
8.1	<b>OPERE FONDAZIONALI</b> .....	<b>13</b>
8.2	<b>STABILITÀ SCARPATE E RILEVATI</b> .....	<b>16</b>

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

## 1. PREMESSA

La presente relazione individua le azioni sismiche afferenti alle opere in progetto relative al progetto esecutivo relativo ai lavori di “Potenziamento dei collegamenti stradali fra la S.S. n. 115 nel tratto Comiso – Vittoria, il nuovo Aeroporto di Comiso e la S.S. n. 514 Ragusa – Catania”, primo stralcio, definendo la pericolosità sismica delle aree interessate dall’intervento e specificando le categorie di suolo in accordo alla normativa sulle costruzioni in zona sismica, di seguito richiamata.

Viene dapprima riassunto quanto già sviluppato nell’ambito della relazione geologica e della relazione geotecnica in modo da consentire l’analisi della microzonazione sismica locale in funzione dei terreni interessati dal tracciato stradale in progetto.

Successivamente si definiscono le classi d’uso e la vita nominale delle opere d’arte, con annesse le accelerazioni al suolo di progetto, specificando al contempo i criteri di progettazione sismica e la strategia di protezione sismica nonché le caratteristiche prestazionali dei sistemi di vincolo dei ponti, con riferimento alle azioni orizzontali derivanti dalle accelerazioni alla base.


Infine si definiscono i coefficienti di sicurezza da adottare nelle verifiche geotecniche.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

L’area in esame ricade nel settore occidentale degli Iblei, ai piedi della Scarpata di Comiso, lungo il bordo occidentale dell’Altipiano calcareo s.s., formato da crosta continentale spessa tra 20 e 30 km e caratterizzato da anomalie gravimetriche e magnetiche positive (AGIP 1978, 1982).

La crosta è costituita da una successione sedimentaria potente 6.000 metri circa, con prevalenza di rocce carbonatiche, caratterizzate da intercalazioni di livelli vulcanici, i cui orizzonti più profondi e più antichi, conosciuti attraverso perforazioni petrolifere, risalgono al Trias medio (Bianchi et al., 1989). In particolare, gli affioramenti relativi all’Altipiano calcareo s.s. (substrato) constano di formazioni marine terziarie, appartenenti ad un unico ciclo sedimentario oligo-miocenico, afferenti alla successione calcareo-calcarenitico-marnosa della Formazione Ragusa (Membro Leonardo e Membro Irminio) ed alla successione marnosa della Formazione Tellaro.

Nella zona pedemontana dell’Altipiano e nella piana di Vittoria, la copertura del substrato è formata da un complesso di sedimenti plio-quadernari di ambienti di deposizione da marino a continentale (Calcari marnosi Trubacei, Calcareniti organogene, Calcari e marne, sabbie, silts, argille lacustri, conglomerati e ghiaie alluvionali e brecce detritiche, limi neri palustri).

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

In particolare, procedendo da NE a SO, il tracciato dello stralcio funzionale di che trattasi ricade, per circa 2.150 m, su limi, marne sabbiose e marne calcaree di colore da biancastro ad avana chiaro, con intercalazioni calcarenitico-calcsiltitiche ed inglobanti sabbie e ghiaie, dello spessore medio di 4÷5 m, con punte di circa 15 m, nella zona di C/da Librandello - C/da Serravalle. In ampi tratti, comunque, questo substrato è mascherato da lembi di terre nere rappresentate, in zona, da limi sabbiosi e sabbie limose con livelli arenacei di colore brunastro.

Il rimanente tratto di circa 980 m fino alla rampa di raccordo con la rotatoria d'ingresso all'aeroporto, nonché la stessa rampa, per altri 450 m circa, ricadono, invece, direttamente sul sottostante complesso sabbioso-arenaceo di colore giallo-rossastro, dello spessore mediamente compreso tra 5 e 8 metri, con punte eccedenti i 10 metri. Limitatamente al tratto compreso tra le sezioni 49 e 53, il tracciato ricade su materiale di riporto.

I litotipi individuati dalle campagne di indagini condotte sono descritti e parametrizzati nella relazione geotecnica allegata al progetto; di seguito si descrivono l'elenco degli stessi:

- Terreno vegetale (TV)
- Sabbie (S)
- Limi (L)
- Argille (A)
- Marne calcarenitiche sabbiose (MCS)
- Marne calcarenitiche argillose (MCA)
- Calcareniti grigie (CG)
- Riporto Antropico (RA)

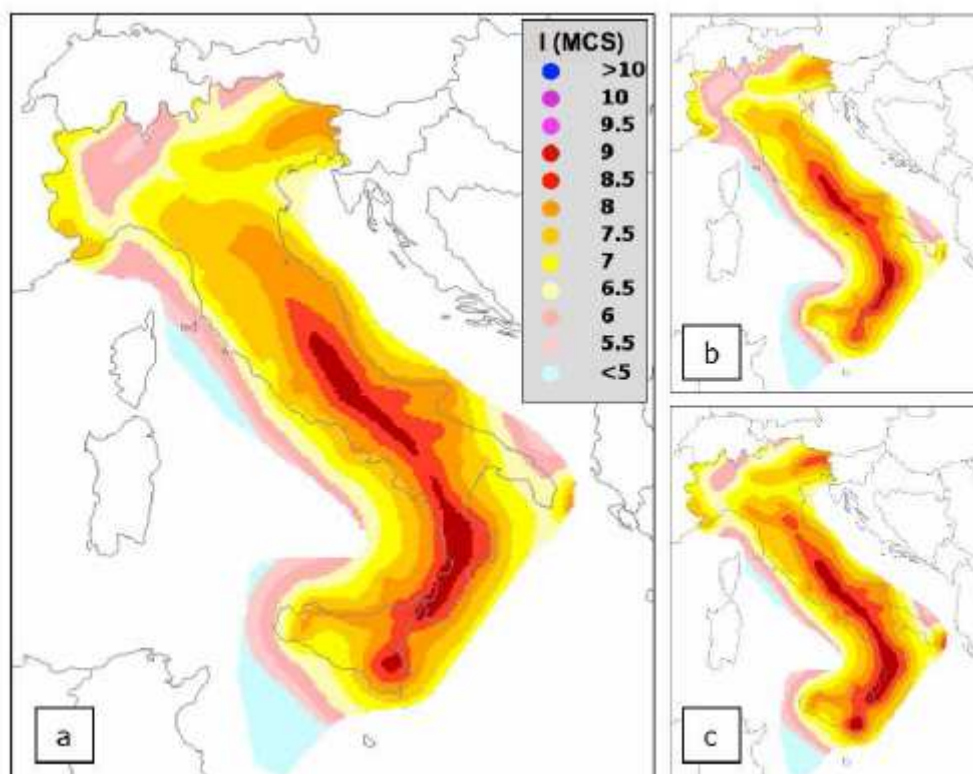
Le stratigrafiche riscontrate dai sondaggi, presentano successioni litologiche con un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, interessando strati di consistenza medio alta.

Tale omogeneità di comportamento meccanico si ritrova anche dal punto di vista dell'amplificazione dinamica, delineando una analoga omogeneità di risposta sismica locale lungo tutto il tracciato di progetto.


### 3. SISMICITA' DELL'AREA DA RICERCHE EFFETTUATE

L'analisi e l'elaborazione statistica dei dati sismici desunti dai terremoti di massima intensità, avvenuti in Italia negli ultimi mille anni, hanno avuto come risultato la pubblicazione, nel corso di due decenni, da parte di ENEL, CNR, GNDT, INGV, di una serie di mappe di zonazione del rischio sismico nazionale, ai fini della protezione civile e dei criteri di progettazione tecnica in zona sismica, che vedono la Sicilia come una delle regioni d'Italia in cui si ha la maggiore probabilità di terremoti di elevata intensità macrosismica e magnitudo, specialmente per periodi di ritorno maggiori di 100 anni.

Nelle figure seguenti si riportano le mappe di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica ( $I_{max}$ ), con probabilità di superamento del 10% ( $PR=475$  anni) in 50anni, per l'Italia continentale e Sicilia. a) mediana; b) 16mo percentile; c) 84mo percentile. (D7, INGV, 2007).



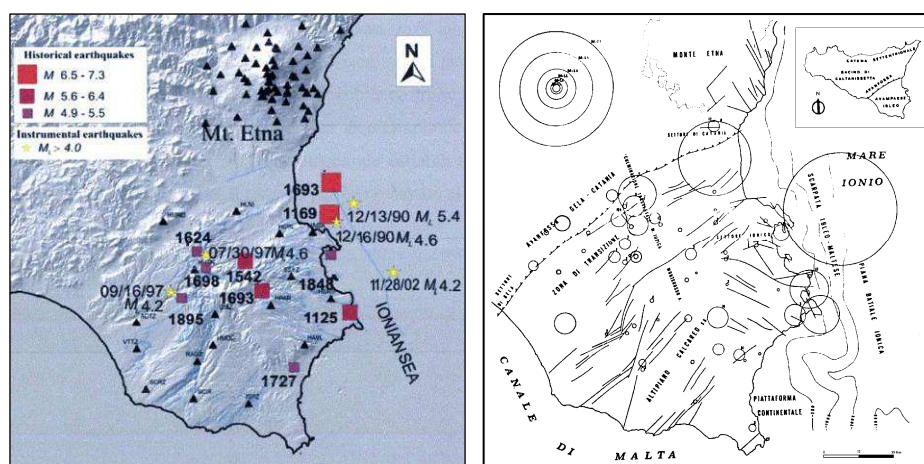
**Fig. 3.1 – Mappe di pericolosità sismica**

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria)  BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

In particolare, è il settore della Sicilia sud-orientale quello dove sono state stimate le massime intensità macrosismiche, per i terremoti del 1169, 1693, 1818, tra il IX e l'XI grado MCS.


La causa della sismicità degli Iblei è da ricercare nel suo assetto geologico-strutturale, configurandosi l'altopiano come area di Avampaese, in cui la distribuzione degli epicentri dei terremoti ricade lungo i principali sistemi di faglie che lo interessano, quindi lungo la Scarpata Ibleo-Maltese nel margine ionico, la Linea di Scicli e le strutture tettoniche della Zona di Transizione e dell'Avanfossa Gela-Catania nel margine settentrionale e nord occidentale ibleo.

Nel dettaglio, la distribuzione degli epicentri dei terremoti a magnitudo  $M_{max} = 4,9 \div 5,5$  è più addensata verso il margine occidentale del plateau ibleo ed è contrapposta a quella degli epicentri dei terremoti di massima intensità che ricadono nel settore ionico tra Catania ed Augusta, dove la magnitudo stimata è  $M_{max} = 6,5 \div 7,3$  (1169, 1693, 1818).



**Fig. 3.2 – Distribuzione della sismicità degli iblei**

Specificatamente, nella zona di stretto interesse, le massime magnitudo storiche e strumentali sono comprese tra 4,9 e 5,5.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

#### 4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento per la definizione dei criteri di calcolo, per la stima dei carichi, per la modellazione e la valutazione dell'azione sismica, per tutte le verifiche geotecniche e strutturali, è la seguente:

- Decreto Ministeriale D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare n° 617 del 2 Febbraio 2009 “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”

#### 5. MACROZONAZIONE E MICROZONAZIONE SISMICA

Per definire i livelli di accelerazione al suolo da utilizzare nelle verifiche occorre in prima istanza valutare la pericolosità sismica di base del sito ove le opere ricadono. Tale pericolosità non è più definita in funzione dell'appartenenza dell'opera ad una zona sismica, come prescritto dalle normative tecniche che hanno preceduto quella attualmente in vigore, bensì è adesso è descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco  $a_g$  (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$ ,
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera,
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

Il passo successivo è quello di operare una caratterizzazione locale con la determinazione dei coefficienti di amplificazione sismica relativa alla categoria di suolo riscontrata lungo il tracciato.


##### 5.1 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Lo stralcio in oggetto del progetto esecutivo interessa i comuni di Chiaramonte Gulfi e Comiso entrambi ricadenti nella Provincia di Ragusa.

Come già anticipato l'azione sismica di progetto, conformemente a quanto prescritto dalle Nuove Norme Tecniche 14/01/2008, è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base.

La forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- $a_g$ , accelerazione orizzontale massima del terreno;

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

- $F_0$ , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
- $T_C^*$ , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Per caratterizzare la pericolosità sismica dell'area in esame, si riporta una tabella con Latitudine e Longitudine per ciascun punto notevole.

OPERE	Progr. [km]	LAT [°]	LONG [°]
Inizio tracciato	8+076.31	37°0'7.79"	14°36'11.10"
Cavalcavia pk. 8+906	8+897.80	37°0'7.79"	14°36'37.58"
Progr. 9+800	9+800.00	37°0'30.27"	14°37'12.74"
Fine tracciato	11+027.39	37°0'35.88"	14°38'1.29"

*Tabella 1: Posizionamento punti notevoli tracciato*


## 5.2 CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante la classificazione dei terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni e il substrato rigido di riferimento oppure fino ad una profondità sufficiente in relazione alla tipologia del manufatto.

La classificazione è basata sulla stima della velocità delle onde sismiche di taglio  $V_S$  ovvero sul numero di colpi  $N_{SPT}$  ottenuti da una prova penetrometrica dinamica. La profondità da prendere in considerazione è fissata pari a 30.0 m, pertanto la determinazione dei parametri suddetti viene fatta valutando la cosiddetta  $V_{S30}$  ovvero il numero di colpi  $N_{SPT}$  degli strati di terreno incontrati entro tale profondità. Per completezza si riporta la definizione delle 5 categorie di suolo come individuate dalla normativa applicata:

- *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.




 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

- 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  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- 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  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- 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  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).
- 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).

Nelle campagne di indagine precedenti sono state eseguite prove *down-hole* per la determinazione della velocità delle onde sismiche  $V_S$  in fori profondi 30.0 m. Nella campagna di indagine del progetto esecutivo è stata realizzata una prova Masw; nelle tabelle seguenti sono riportate le risultanze delle prove sismiche per lo stralcio in oggetto.

Prova	Prof. (m)	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	V <sub>s30</sub> (m/s)
DH-S9	0.0÷4.3	4.3	420	162	
	4.3÷12.6	8.3	1510	776	
	12.6÷17.3	4.7	2049	1124	
	17.3÷30.0	12.7	1470	836	<b>530</b>

**Tabella 2: Risultati prove down-hole Progetto Preliminare**

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

Prova	Prof.	Spessore	Vp	Vs	Vs30
	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
DH-SPD7	0.0÷2.1	2.1	394	205	
	2.1÷11.0	8.9	779	358	
	11.0÷20.4	9.4	1452	602	
	20.4÷21.8	1.4	997	370	
	21.8÷30.0	8.2	1464	527	<b>428</b>
DH-SPD8	0.0÷1.9	1.9	350	222	
	1.9÷4.3	2.4	623	412	
	4.3÷13.1	8.8	819	341	
	13.1÷22.4	9.3	1654	691	
	22.4÷24.3	1.9	799	434	
	24.3÷30.0	5.7	2206	875	<b>466</b>

**Tabella 3: Risultati prove down-hole Progetto Definitivo**


Prova	Prof.	Spessore	Vp	Vs	Vs30
	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
MW-PE-01	0.0÷2.0	2.0	820	394	
	2.0÷5.0	3.0	860	413	
	5.0÷8.0	3.0	993	477	
	8.0÷12.0	4.0	1024	492	
	12.0÷16.0	4.0	1068	513	
	16.0÷26.0	10.0	1178	566	
	26.0÷32.0	6.0	1257	604	<b>509</b>

**Tabella 4: Risultati prova Masw Progetto Esecutivo**

Come si evince dalle risultanze sismiche, le velocità delle onde di taglio Vs30 riscontrate si attestano sempre tra i 360 m/s e 800 m/s.

In definitiva si può che la risposta sismica locale, per lo stralcio in oggetto, è assoggettabile ad un suolo di tipo B.

In progetto si presentano le “Planimetrie Sismiche” in cui si riporta la classificazione sismica del territorio per il tracciato in progetto. Su tali elaborati sono rappresentate le formazioni geologiche, l’ubicazione delle opere d’arte e l’accelerazione orizzontale massima del terreno di progetto per le opere.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

## 6. CRITERI DI PROGETTAZIONE ANTISISMICA E CLASSE DI IMPORTANZA

La progettazione antisismica delle opere d'arte relative al progetto in essere, può essere condotta dimensionando opportunamente gli elementi resistenti alle azioni orizzontali senza l'ausilio di dispositivi di isolamento sismico; ciò perché il sito di interesse ricade in zona di media pericolosità e le opere in questione presentano modesta estensione o soluzioni progettuali di basso peso strutturale.

### 6.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico sul piano di fondazione è lo spettro di risposta elastico; le capacità dissipative delle strutture sono in genere messe in conto attraverso il fattore di struttura  $q$ , che riduce le forze elastiche tenendo conto della duttilità delle sezioni in c.a.

### 6.2 CLASSE D'USO, VITA NOMINALE E SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di una rete viaria la cui interruzione provoca situazioni di emergenza proprio per il fatto che collega importanti centri urbani con la struttura aeroportuale di Comiso.

Per tale motivo, la classe d'uso da attribuire alle opere d'arte maggiori è la Classe IV, tale pertanto da risultare un periodo di riferimento pari a 100 anni; per le opere d'arte minori invece è possibile attribuire una classe più bassa (classe II), tale pertanto da risultare un periodo di riferimento pari a 50 anni.


Per il cavalcavia (opere d'arte maggiori), in sede di progettazione si adotteranno i valori di accelerazione del sito in base alle coordinate precedentemente indicate.

I valori dell'accelerazione sismica orizzontale massima convenzionale del terreno di fondazione, per l'opera d'arte maggiore in progetto sono di seguito riportate:

OPERE	Vita Nom VN	Classe d'uso	TR [anni]	Cat suolo	$a_g(g)$ [m/s <sup>2</sup> ]	Fo [-]	T*c [s]
Cavalcavia pk. 8+906	50	IV	949	B	0.298	2.350	0.453

*Tabella 5: Parametri spettro elastico cavalcavia*

Tenuto conto della categoria di suolo e dei coefficienti stratigrafici e topografici, si ricava la seguente accelerazione sismica massima orizzontale attesa al sito:

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria)  BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

OPERE	Cat suolo	$a_g(g)$ [m/s <sup>2</sup> ]	$S_s$	$S_T$	$a_{max}(g)$ [m/s <sup>2</sup> ]
Cavalcavia pk. 8+906	B	0.298	1.120	1.000	0.333

**Tabella 6: Accelerazioni sismiche massime orizzontali attese al sito**

L'accelerazione sismica massima  $a_{max}(g)$  risulta variabile tra inizio e fine stralcio, pertanto è stata condotta una zonazione sismica, in 4 tratti con diversa caratterizzazione sismica. Di seguito si riporta una tabella descrittiva della zonazione condotta in classe d'uso IV, in cui ricade il cavalcavia, prima indicato.

TRATTO	Progressive		Vita Nom VN	Classe d'uso	TR [anni]	Cat suolo	$a_g(g)$ [m/s <sup>2</sup> ]	Fo [-]	T*c [s]
	da	a							
TRATTO 1	8+076.31	8+400.00	50	IV	949	B	0.295	2.350	0.453
TRATTO 2	8+400.00	9+030.00	50	IV	949	B	0.298	2.350	0.453
TRATTO 3	9+030.00	10+430.00	50	IV	949	B	0.315	2.353	0.454
TRATTO 4	10+430.00	11+027.39	50	IV	949	B	0.317	2.354	0.455

**Tabella 7: Parametri spettro elastico classe d'uso IV**


	Progressive		Cat. suolo	$a_g(g)$ [m/s <sup>2</sup> ]	$S_s$	$S_T$	$a_{max}(g)$ [m/s <sup>2</sup> ]
	da	a					
TRATTO 1	8+076.31	8+400.00	B	0.295	1.122	1.000	<b>0.331</b>
TRATTO 2	8+400.00	9+030.00	B	0.298	1.120	1.000	<b>0.333</b>
TRATTO 3	9+030.00	10+430.00	B	0.315	1.103	1.000	<b>0.348</b>
TRATTO 4	10+430.00	11+027.39	B	0.317	1.101	1.000	<b>0.349</b>

**Tabella 8: Zonazione sismica del tracciato per opere in classe d'uso IV**

I tombini idraulici, al pari dei cavalcavia, sono da intendersi come opere d'arte maggiori. I parametri sismici per il dimensionamento delle suddette opere sono riconducibili al tratto in cui ricade l'opera. Nella tabella seguente si riporta l'opera e il relativo tratto di competenza.

Zonazione sismica tombini idraulici											
Tombino	Tratto di appartenenza	Vita Nom	Classe d'uso	TR [anni]	Cat suolo	Fo	T*c [s]	$a_g(g)$ [m/s <sup>2</sup> ]	$S_s$	$S_T$	$a_{max}(g)$ [m/s <sup>2</sup> ]
TP06	TRATTO 1	50	IV	949	B	2.350	0.453	0.295	1.122	1.000	<b>0.331</b>
TP07	TRATTO 4	50	IV	949	B	2.354	0.455	0.317	1.101	1.000	<b>0.349</b>
TP08	TRATTO 4	50	IV	949	B	2.354	0.455	0.317	1.101	1.000	<b>0.349</b>
TS21	TRATTO 2	50	IV	949	B	2.350	0.453	0.298	1.120	1.000	<b>0.333</b>

**Tabella 9: Parametri sismici tombini idraulici (classe d'uso IV)**

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
	PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO Relazione sismica	

Per le opere d'arte minori (muri in terra rinforzata, barriere, etc) è stata adoperata la stessa zonazione con i valori di accelerazione derivanti dalla classe d'uso II.

TRATTO	Progressive		Vita Nom VN	Classe d'uso	TR [anni]	Cat suolo	a <sub>g</sub> (g) [m/s <sup>2</sup> ]	Fo [-]	T*c [s]
	da	a							
TRATTO 1	8+076.31	8+400.00	50	II	475	B	0.209	2.315	0.369
TRATTO 2	8+400.00	9+030.00	50	II	475	B	0.211	2.313	0.369
TRATTO 3	9+030.00	10+430.00	50	II	475	B	0.225	2.305	0.370
TRATTO 4	10+430.00	11+027.39	50	II	475	B	0.226	2.306	0.370

**Tabella 10: Parametri spettro elastico per opere in classe d'uso II**

Tenuto conto della categoria di suolo e dei coefficienti stratigrafici e topografici, si ricavano le seguenti accelerazioni sismiche massime orizzontali attese al sito:

	Progressive		Cat. suolo	a <sub>g</sub> (g) [m/s <sup>2</sup> ]	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	a <sub>max</sub> (g) [m/s <sup>2</sup> ]
	da	a					
TRATTO 1	8+076.31	8+400.00	B	0.209	1.200	1.000	<b>0.251</b>
TRATTO 2	8+400.00	9+030.00	B	0.211	1.200	1.000	<b>0.253</b>
TRATTO 3	9+030.00	10+430.00	B	0.225	1.193	1.000	<b>0.268</b>
TRATTO 4	10+430.00	11+027.39	B	0.226	1.191	1.000	<b>0.270</b>


**Tabella 11: Accelerazioni sismiche massime orizzontali attese al sito per opere in classe d'uso II**

In questo modo è possibile caratterizzare sismicamente qualunque opera in funzione del tratto sismico in cui ricade e in funzione dell'importanza dell'opera.

Nelle planimetrie di zonazione sismica, è indicata l'accelerazione da attribuire in sede di verifica alle singole opere d'arte lungo lo sviluppo del tracciato.

## 7. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE E DI VINCOLO OPERE D'ARTE MAGGIORI

Il cavalcavia è costituito da un impalcato formato da travi prefabbricate in calcestruzzo armato precomprese con trefoli aderenti, aventi sezione a cassone aperto, accostate una all'altra. Le travi sono collegate con vincolo di continuità a due spalle in calcestruzzo armato parallele alla viabilità sottostante, realizzando con esse un vincolo di incastro. Questa scelta progettuale ha permesso di ridurre le dimensioni strutturali dell'elemento trave e di evitare l'impiego di giunti ed appoggi, riducendo i connessi problemi di durabilità e manutenzione di tali elementi costruttivi.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

## 8. COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER VERIFICA GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche relative alle opere d'arte in progetto, sono eseguite con riferimento alle azioni sismiche allo stato limite ultimo.

Nel seguito si definiscono i coefficienti da adottare per le fondazioni delle opere d'arte e per la stabilità dei rilevati.

### 8.1 OPERE FONDAZIONALI

La verifica deve sempre soddisfare l'equazione generale:

$$E_d \leq R_d$$

ove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del terreno.

In base a quanto specificato dalla vigente normativa la verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di set di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi set di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di 2 approcci progettuali distinti ed alternativi.

L'approccio progettuale 1 prevede 2 diverse combinazioni di set di coefficienti, la prima combinazione risulta più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è più gravosa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.


L'approccio progettuale 2 prevede un'unica combinazione da adottare sia nelle verifiche strutturali che in quelle geotecniche.

Di seguito si riportano gli approcci progettuali prevista da normativa:

#### Approccio 1:

- Combinazione 1: A1+M1+R1 (STR)
- Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO)

#### Approccio 2: A1+M1+R3

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

Le verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente  $\gamma_R$  non deve essere tenuto in conto.

Per quanto riguarda il calcolo dell'opera fondazionale in condizioni sismiche le azioni vengono calcolate separatamente per ciascuna delle tre componenti X, Y e Z e gli effetti combinati applicando la seguente espressione:

$$A_{Ex} + 0.30 \cdot A_{Ey} + 0.30 \cdot A_{Ez}$$

con rotazione degli indici, essendo  $A_{Ei}$  l'azione diretta secondo la direzione  $i$ .

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni ed i coefficienti parziali  $\gamma_M$  relativi ai parametri geotecnici sono riportati nelle tabelle seguenti:

		Coefficiente parziale $\gamma_F$	EQU <sup>1</sup>	A1 (STR)	A2 (GEO)
carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35	1.00
carichi perm. non strutturali <sup>2</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
carichi da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.35	1.35	1.15
carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.00 <sup>3</sup>	1.00 <sup>4</sup>	1.00
ritiro, viscosità, $\Delta T$ , cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.20	1.20	1.00

<sup>1</sup> se l'equilibrio non coinvolge il terreno, altrimenti si applica GEO

<sup>2</sup> se risultano compiutamente definiti si possono considerare permanenti


<sup>3</sup> 1.30 per instabilità delle strutture precomprese

<sup>4</sup> 1.20 per effetti locali

**Tabella 12: Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni**

		Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\text{tang } \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1.0	1.0

**Tabella 13: Coefficienti parziali di sicurezza per i parametri geotecnici**

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

Per quanto riguarda i coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze, i valori variano in relazione alla tipologia fondazionale da verificare.

Per fondazioni dirette, il valore di progetto  $R_d$  della resistenza a capacità portante, a scorrimento e a ribaltamento, si ottengono a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati in tabella:

Verifica	Coefficiente parziale $\gamma_R$		
	R1	R2	R3
Capacità portante	1.00	1.80	2.30
Scorrimento	1.00	1.10	1.10
Ribaltamento	1.00	1.00	1.40

**Tabella 14: Coefficienti parziali delle resistenze per fondazioni dirette**

Per fondazioni indirette su pali, il valore di progetto  $R_d$  della resistenza a carichi assiali dei singoli elementi si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati in tabella:


	Coefficiente Parziale ( $\gamma_R$ )	Pali trivellati		
		R1	R2	R3
Base	$\gamma_b$	1.0	1.7	1.35
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1.0	1.45	1.15
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1.0	1.6	1.25

**Tabella 15: Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze**

La resistenza caratteristica  $R_k$  del singolo palo è determinata mediante metodi di calcolo analitici, dove  $R_k$  è calcolata a partire da valori caratteristici dei parametri geotecnici e/o mediante l'impiego di relazioni empiriche che utilizzano direttamente i risultati di prove in situ. La normativa vigente definisce per tali procedure, il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  (o  $R_{t,k}$ ) come il valore minore tra quelli ottenuti applicando alle resistenze calcolate  $R_{c,calc}$  ( $R_{t,calc}$ ) i fattori di correlazione  $\xi$  riportati nella tabella seguente, in funzione del numero  $n$  di verticali di indagini:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,calc})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,calc})_{min}}{\xi_4} \right\}$$



 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA  PROGETTO ESECUTIVO – 1° STRALCIO  Relazione sismica	ITALCONSULT S.p.A. (Mandataria) BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	--	--

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

**Tabella 16: Fattori di correlazione  $\xi$**

## 8.2 STABILITÀ SCARPATE E RILEVATI

Per la verifica di stabilità delle scarpate naturali nei tratti in trincea o di quelle dei rilevati stradali, occorre riferirsi alle prescrizioni della normativa relative alla stabilità dei pendii.

In tal caso il livello di sicurezza viene espresso come rapporto tra resistenza a taglio disponibile e resistenza a taglio necessaria a garantire l'equilibrio.

Il fattore di sicurezza da applicare allo SLU per i rilevati viene fissato pari a 1.1 in quanto il livello di conoscenza nella composizione di tali manufatti è da ritenersi sufficientemente approfondito.

Per quanto riguarda le scarpate naturali si può affermare che i terreni presenti in sito sono caratterizzati con sufficiente affidabilità permettendo di utilizzare il medesimo coefficiente di sicurezza adottato per i rilevati.