

**MI 27/07 - ESECUZIONE DEI LAVORI PER LA REALIZZAZIONE DEL RACCORDO
AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA VAL TROMPIA - TRONCO
OSPITALETTO - SEREZZO, TRATTO CONCESIO - SAREZZO COMPRESO LO
SVINCOLO DI CONCESIO. LOTTO N.1.**

PERIZIA DI VARIANTE LUMEZZANE

IL DIRETTORE TECNICO DI CANTIERE <i>Ing. Antonio Delle Chiaie</i>	L'impresa esecutrice 	IL PROGETTISTA: 	 Dott. Ing. Giovanni Piazza ORDINE INGEGNERI ROMA n. A-27296 settore a-b-c ★ Responsabile dell'integrazione tra le prestazioni specialistiche del progetto Esecutivo di dettaglio: Direttore Tecnico Dott. Ing. Giovanni Piazza Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. A-27296 	
IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL' ELABORATO <i>Dott. Ing. Giovanni Piazza</i>		CONSULENZA SPECIALISTICA		
IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Giancarlo Luongo</i>		IL DIRETTORE DEI LAVORI <i>Ing. Giuseppe Zanframundo</i>		
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE <i>Ing. Paolo Salsone</i>		PROTOCOLLO		DATA

GEOTECNICA

**Caratterizzazione Geotecnica e Sismica
Relazione di Caratterizzazione Sismica**

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □		CODICE FILE GTC0002_02		REVISIONE	SCALA:
CODICE ELAB. PVT 00000 R GTC 0002		02		-	
-	-	-	-	-	-
02	Terza emissione	Agosto 2023	E.Stramacci	E.Stramacci	G.Piazza
01	Seconda emissione	30/04/2020	P.Lovisolò	A.Aliotta	A.Del Grosso
00	Prima emissione	30/11/2019	P.Lovisolò	A.Aliotta	A.Del Grosso
Revisione	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE
PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE**

Sommario

1. PREMESSA	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1. CAMPAGNE GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO.....	5
2.2. NORMATIVA	5
2.3. BIBLIOGRAFIA.....	5
3. SINTESI DELLE INDAGINI GEOTECNICHE	6
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA E SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	17
4.1. CARATTERIZZAZIONE SISMICA E ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	17
4.2. VERIFICA DI LIQUEFAZIONE	32

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Indice delle Tabele e delle Figure

TABELLA 3.1: TABELLA RIEPILOGATIVA INDAGINI GEOTECNICHE – SAN VIGILIO	7
TABELLA 3.2: TABELLA RIEPILOGATIVA INDAGINI GEOTECNICHE - CODOLAZZA	7
TABELLA 3.3: TABELLA RIEPILOGATIVA INDAGINI GEOTECNICHE - SAREZZO	7
TABELLA 3.4: TABELLA RIEPILOGATIVA INDAGINI GEOTECNICHE - LUMEZZANE	8
TABELLA 4-1: TABELLA RIEPILOGATIVA INDAGINI SISMICHE PER LE AREE OGGETTO DI ANALISI	17
TABELLA 4-2: VALORI DELLA VITA NOMINALE VN IN FUNZIONE DEL TIPO DI COSTRUZIONE	17
TABELLA 4-3: CLASSI D'USO PER LE DIVERSE TIPOLOGIE DI COSTRUZIONE	18
TABELLA 4-4: VALORI DEL COEFFICIENTE D'USO CU	18
TABELLA 4-5: PARAMETRI SPETTRI ORIZZONTALI ACCELERAZIONE SU SUOLO RIGIDO, VN 50 ANNI, CU 2, AREA SAREZZO	18
TABELLA 4-6: PARAMETRI SPETTRI ORIZZONTALI ACCELERAZIONE SU SUOLO RIGIDO, VN 50 ANNI, CU 2, AREA CONCESIO (S. VIGILIO, CODOLAZZA)	18
TABELLA 4-7: PARAMETRI SPETTRI ORIZZONTALI ACCELERAZIONE SU SUOLO RIGIDO, VN 50 ANNI, CU 2, AREA LUMEZZANE	19
TABELLA 4-8: COEFFICIENTE DI TOPOGRAFIA S_t	19
TABELLA 4-9: COEFFICIENTE DI TOPOGRAFIA S_s	20
TABELLA 4.10: TABELLA PERIODI E PARAMETRO FA	31
TABELLA 4-11: VALORI DI SOGLIA FA PER IL COMUNI DI CONCESIO, SAREZZO E LUMEZZANE	31
FIGURA 3-1: RISULTATI MASW M3 – S. VIGILIO	9
FIGURA 3-2: RISULTATI DOWNHOLE DH1 – S. VIGILIO	9
FIGURA 3-3: RISULTATI MASW M5 – CODOLAZZA	9
FIGURA 3-4: RISULTATI MASW M7 – CODOLAZZA	10
FIGURA 3-5: RISULTATI MASW M8 – CODOLAZZA	10
FIGURA 3-6: RISULTATI MASW M9 – CODOLAZZA	11
FIGURA 3-7: RISULTATI DOWNHOLE DH5 – CODOLAZZA	11
FIGURA 3-8: RISULTATI MASW M20 –SAREZZO	12
FIGURA 3-9: RISULTATI TOMOGRAFIA SISMICA L1 (IN TERMINI DI VP)	12
FIGURA 3-10: RISULTATI MASW 2D LUNGO ALLINEAMENTO L1 (IN TERMINI DI VS)	13
FIGURA 3-11: RISULTATI TOMOGRAFIA SISMICA T1 (IN TERMINI DI VS)	13
FIGURA 3-12: RISULTATI TOMOGRAFIA SISMICA T2 (IN TERMINI DI VS)	14
FIGURA 3-13: RISULTATI TOMOGRAFIA SISMICA T3 (IN TERMINI DI VS)	14
FIGURA 3-14: RISULTATI TOMOGRAFIA SISMICA T4 (IN TERMINI DI VS)	15
FIGURA 3-15: RISULTATI TOMOGRAFIA SISMICA T5 (IN TERMINI DI VS)	15
FIGURA 3-16: RISULTATI TOMOGRAFIA SISMICA T7 (IN TERMINI DI VS)	16
FIGURA 4-1: SUDDIVISIONE IN TRATTI PER VS OMOGENEE TOMOGRAFIE AREA LUMEZZANE	21
FIGURA 4-2: RISPONDEZA RISULTATI MASW M3 A SCHEDE LITOLOGICHE	22
FIGURA 4-3: RISPONDEZA RISULTATI DOWNHOLE DH1 A SCHEDE LITOLOGICHE	22
FIGURA 4-4: RISPONDEZA RISULTATI MASW M5 A SCHEDE LITOLOGICHE	23
FIGURA 4-5: RISPONDEZA RISULTATI MASW M7 A SCHEDE LITOLOGICHE	23
FIGURA 4-6: RISPONDEZA RISULTATI MASW M8 A SCHEDE LITOLOGICHE	24
FIGURA 4-7: RISPONDEZA RISULTATI MASW M9 A SCHEDE LITOLOGICHE	24
FIGURA 4-8: RISPONDEZA RISULTATI DOWNHOLE DH5 A SCHEDE LITOLOGICHE	25
FIGURA 4-9: RISPONDEZA RISULTATI MASW M20 A SCHEDE LITOLOGICHE	25
FIGURA 4-10: RISPONDEZA RISULTATI TOMOGRAFIA T1 A SCHEDE LITOLOGICHE	26
FIGURA 4-11: RISPONDEZA RISULTATI TOMOGRAFIA T2 A SCHEDE LITOLOGICHE	26
FIGURA 4-12: RISPONDEZA RISULTATI TOMOGRAFIA T3 A SCHEDE LITOLOGICHE	27
FIGURA 4-13: RISPONDEZA RISULTATI TOMOGRAFIA T4 A SCHEDE LITOLOGICHE	27
FIGURA 4-14: RISPONDEZA RISULTATI TOMOGRAFIA T5 A SCHEDE LITOLOGICHE	28
FIGURA 4-15: RISPONDEZA RISULTATI TOMOGRAFIA T7 A SCHEDE LITOLOGICHE	28
FIGURA 4-16: SCHEDE DI VALUTAZIONE EFFETTI LITOLOGICI – LITOLOGIA GHIAIOSA	29
FIGURA 4-17: SCHEDE DI VALUTAZIONE EFFETTI LITOLOGICI – LITOLOGIA LIMOSO ARGILLOSA 2	30

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

FIGURA 4-18: NTC 2018 – FUSI GRANULOMETRICI DI TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE.....	33
FIGURA 4-19: MAPPA INTERATTIVA PER DETERMINAZIONE MAGNITUDO – CONCESIO.....	34
FIGURA 4-20: MAPPA INTERATTIVA PER DETERMINAZIONE MAGNITUDO – SAREZZO.....	35
FIGURA 4-21: MAPPA INTERATTIVA PER DETERMINAZIONE MAGNITUDO – LUMEZZANE	36
FIGURA 4-22: DIAGRAMMA DISAGGREGAZIONE DI AG CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 5% IN 50 ANNI - CONCESIO	37
FIGURA 4-23: DIAGRAMMA DISAGGREGAZIONE DI AG CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 5% IN 50 ANNI – SAREZZO.....	37
FIGURA 4-24: DIAGRAMMA DISAGGREGAZIONE DI AG CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 5% IN 50 ANNI – LUMEZZANE	38
FIGURA 4-25: TABELLA DISAGGREGAZIONE DI AG CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 5% IN 50 ANNI - CONCESIO.....	39
FIGURA 4-26: TABELLA DISAGGREGAZIONE DI AG CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 5% IN 50 ANNI - SAREZZO.....	40
FIGURA 4-27: TABELLA DISAGGREGAZIONE DI AG CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 5% IN 50 ANNI - LUMEZZANE	41
FIGURA 4-28: RISULTATI VERIFICA DI LIQUEFAZIONE – S.VIGILIO.....	42
FIGURA 4-29: RISULTATI VERIFICA DI LIQUEFAZIONE – S.VIGILIO.....	43
FIGURA 4-30: RISULTATI VERIFICA DI LIQUEFAZIONE – LUMEZZANE	43
FIGURA 4-31: RIEPILOGO FATTORE DI SICUREZZA LIQUEFAZIONE – S.VIGILIO.....	43
FIGURA 4-32: RIEPILOGO FATTORE DI SICUREZZA LIQUEFAZIONE – SAREZZO.....	44
FIGURA 4-33: RIEPILOGO FATTORE DI SICUREZZA LIQUEFAZIONE – LUMEZZANE	44

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

1. PREMESSA

Il presente documento si inserisce all'interno della Perizia di Variante Tecnica (PVT) al Progetto Esecutivo, ultimato in data febbraio 2005, incaricata da ANAS, al fine di prevedere l'esecuzione di una infrastruttura stradale a una sola carreggiata, nel tratto compreso tra gli abitati di S. Vigilio, Codolazza, Sarezzo e Lumezzane, con l'inserimento di un nuovo svincolo presso S. Vigilio rispetto a quanto previsto dal Progetto Esecutivo.

In particolare, il presente documento approfondisce la caratterizzazione sismica dell'area di progetto, con particolare riferimento alle porzioni ricadenti tra i comuni di Villa Carcina, Concesio, Sarezzo e Lumezzane, per cui è stata completata la campagna geognostica integrativa eseguita nel 2019-2020.

Vengono pertanto riportate in questa sede le analisi delle prove sismiche disponibili relative alle aree di S. Vigilio, Codolazza (Comune di Concesio), di Sarezzo (comune di Sarezzo) e di Lumezzane Val Gobbia (comune di Lumezzane), alla luce delle quali è stato possibile eseguire la caratterizzazione sismica dell'area di progetto, con riferimento anche ai contenuti della Normativa Regionale DGR 2616/2011, riguardanti in particolare le prescrizioni in merito all'analisi di risposta sismica locale del sito.

Il documento è articolato nei seguenti capitoli:

- Premessa (Capitolo 1), descrizione dei riferimenti considerati (Capitolo 2);
- Descrizione delle campagne di indagine considerate (Capitolo 3)
- Caratterizzazione sismica e verifica di liquefazione (Capitolo 4)

Le indagini a cui il presente documento fa riferimento sono riportate nell'elaborato GTC0025.

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica e stratigrafica si fa riferimento ai contenuti dell'elaborato di progetto Relazione di caratterizzazione geotecnica (Doc. GTC0001), a cui si rimanda per maggiori dettagli.

Per quanto riguarda le verifiche delle opere geotecniche di progetto si rimanda invece agli elaborati di calcolo specialistici dedicati.

La Perizia di Variante in oggetto riguarda principalmente l'eliminazione di due opere maggiori, viadotti denominati Viadotto Valgobbia A e Valgobbia B, prevedendo invece dei muri in terra armata piantumati a verde. Tale modifica ha comportato l'aggiornamento delle opere idrauliche interferenti. Il restante tracciato è rimasto inalterato.

Il progetto stradale del tratto in esame non ha comunque subito modifiche plano-altimetriche.

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1. CAMPAGNE GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO

Le campagne di indagine geognostica di interesse per la progettazione delle opere geotecniche di accompagnamento alla realizzazione del nuovo tracciato, analizzate nel presente documento, sono di seguito riportate:

- Campagna geognostica di Progetto Esecutivo, la cui documentazione è oggi solo in parte disponibile per le aree in oggetto; in particolare, per le aree di Codolazza e S. Vigilio sono disponibili solamente i profili geotecnici lungo il tracciato riportanti i log stratigrafici in forma schematica e le prove in sito SPT; per l'area di Sarezzo sono invece disponibili alcuni log stratigrafici, corredati di prove di laboratorio.
- Campagna geognostica integrativa 2019 di fase 1, realizzata da Tecnosuolo;
- Campagna geognostica integrativa 2019-2020 di fase 2, realizzata da Tecnoin;

2.2. NORMATIVA

- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'Art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, N. 12;
- L.R. 12 del 11 Marzo 2005, Legge per il governo del territorio;
- Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche, 1977, Associazione Geotecnica Italiana.

2.3. BIBLIOGRAFIA

- Bowles J.E., 1988, Foundation analysis and design, 5th Edition;
- EPRI, 1990, Manual on estimating proprieties for foundation design, Cornell University, Ithaca, New York, August;
- Hayati, H. and Andrus, 2009,,: Characterizing liquefaction resistance of aged sands deposits, P.90;
- Idriss I.M. and Boulanger R.W., 2008, Soil liquefaction during earthquakes;
- Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E., 1988, "New correlations of penetration tests for design practice" Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando;
- S.S.C. Liao & R.V. Whitman, 1986, Overburden Correction Factors for SPT in Sand: Journal of Geotechnical Engineering, A.S.C.E., v. 112:3, p. 373-377;
- Kulhawy, F.H. and Mayne, P.W., 1990, Manual on estimating soil properties for foundation design. Report EL-6800, Electric Power Research Institute, Palo Alto, 306 p.
- Mayne, P.W. and Kulhawy, F.H., 1982, "K₀-OCR relationships in soil". Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 108 (GT6), 851-872;
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M., 2011. CPTI11, Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11 (versione 2011);
- Youd, T.L., Idriss, I.M., et al., 2001, Liquefaction resistance of soils: summary report from the NCEER/NSF workshops. Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering. 127 (10): 817-833

3. SINTESI DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

Le indagini geognostiche disponibili per la redazione del progetto, per l'area di S. Vigilio, Codolazza, Sarezzo e Lumezzane, comprendono le campagne geognostiche integrative eseguite nel 2019, e la campagna geognostica pregressa eseguita a monte della Progettazione esecutiva. In merito alle indagini pregresse, si nota che la documentazione relativa a tali indagini è solo parzialmente disponibile per l'area di Codolazza e S. Vigilio. In particolare, per tali aree è disponibile solamente il profilo geotecnico di Progetto Esecutivo, in cui sono rappresentati i log stratigrafici di 5 sondaggi in area Codolazza e 4 sondaggi in area S. Vigilio, corredati di prove SPT. Nel seguito i sondaggi sono denominati con il medesimo codice utilizzato in sede di Progetto Esecutivo, con l'aggiunta del prefisso "PE_", al fine di distinguere tali sondaggi da quelli integrativi; in particolare per l'area di Codolazza i sondaggi sono denominati S5bis, S302E, S303E/PZ (quest'ultimo non è stato considerato nell'analisi delle prove in sito poiché caratterizzato dalla totalità delle prove SPT a rifiuto), S5TR, S304E. Per l'area di S. Vigilio i sondaggi sono S3_01_E/PZ, S3PZ, S2PZ, S4PZ. Le informazioni evincibili dal profilo geotecnico sono state utilizzate a supporto della caratterizzazione geotecnica, sebbene siano stati considerati come fonte principale di informazione i risultati delle indagini integrative. Per l'area di Sarezzo le indagini pregresse disponibili sono più complete e comprendono log stratigrafico e prove di laboratorio per 4 sondaggi, denominati S3.43E/PZ, S3.44E/PZ, S3.45E/PZ, S3.46E/PZ. Relativamente all'area di Lumezzane le indagini pregresse non sono state prese in considerazione poiché in linea di massima esse risultano distanti dalle opere, tuttavia esse confermano gli spessori individuati dalla campagna di indagini integrativa.

Al fine della caratterizzazione geotecnica la campagna geognostica del 2019 risulta essere la fonte di dati più rilevante. Con l'eccezione dell'area di Sarezzo e Lumezzane, dalla documentazione pregressa di Progetto Esecutivo sono state ricavate le prove in sito SPT e i risultati della caratterizzazione geomeccanica delle unità litoidi, ricavati dalla Relazione geomeccanica della Galleria Villa Carcina (Doc. OP-GN0201).

Si analizzano di seguito le indagini eseguite nel corso della campagna del 2019 suddivise per area.

Durante la campagna di indagine sono stati eseguiti per l'area di S. Vigilio:

- 4 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo (S01-DH, S02-PZ, S03, S04), di lunghezza compresa tra 20 m e 30 m, corredati di prove in sito SPT, prove di permeabilità, prelievo di campioni rimaneggiati, installazione di piezometro e rilevazione del livello della falda;
- N.1 prova sismica Down-Hole della profondità di 30 metri, realizzata in corrispondenza del sondaggio S1-DH;
- N.1 stendimenti sismici M.A.S.W. della lunghezza complessiva di 46 metri (M3);
- N.6 pozzetti esplorativi con escavatore a profondità di 2 m (Pz1a, Pz1b, Pz2, Pz3, Pz4, Pz5), su cui sono state eseguite prove di carico su piastra.

Durante la campagna di indagine sono stati eseguiti per l'area di Codolazza:

- 7 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo, di lunghezza compresa tra 20 m e 45 m, corredati di prove in sito SPT, prove di permeabilità, prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati, installazione di piezometri e rilevazioni del livello della falda;
- 1 sondaggio orizzontale di lunghezza 100 m (S11)
- N.1 sezione sismica M.A.S.W. 2D realizzata in corrispondenza dello stendimento sismico L1;
- N.1 prova sismica Down-Hole della profondità di 40 metri, realizzata in corrispondenza del sondaggio S5/DWH;
- N.4 stendimenti sismici M.A.S.W. della lunghezza complessiva di 60.0 metri (M5, M7, M8, M9);
- N.4 pozzetti esplorativi con escavatore a profondità di circa 1 m (Pz6, Pz7, Pz8, Pz9), su cui sono state eseguite prove di carico su piastra.

Durante la campagna di indagine sono stati eseguiti per l'area di Sarezzo:

- 1 sondaggio geotecnico a carotaggio continuo, di lunghezza 30 m, corredato di prove in sito SPT, prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati, installazione di piezometri e rilevazioni del livello della falda;
- 1 sondaggio orizzontale di lunghezza 70 m (S14bis)
- N.1 sezione sismica M.A.S.W. 2D realizzata in corrispondenza dello stendimento sismico L1;

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

- N.1 prova sismica Down-Hole della profondità di 40 metri, realizzata in corrispondenza del sondaggio S5/DWH;
- N.1 stendimento sismico M.A.S.W. (M20);
- N.2 pozzetti esplorativi con escavatore a profondità di 2 m (Pz10, Pz11), su cui sono state eseguite prove di carico su piastra.

Durante la campagna di indagine sono stati eseguiti per l'area di Lumezzane:

- 5 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo (S16, S17, S17bis, S17ter, S18), di lunghezza compresa tra 15 m e 40 m, con esecuzione di prove in sito SPT, prove di permeabilità, prelievo di campioni rimaneggiati e campioni di roccia, installazione di piezometro e rilevazione del livello della falda;
- N.6 stendimenti sismici a rifrazione.

Si riepilogano di seguito le caratteristiche dei sondaggi integrativi eseguiti.

Tabella 3.1: Tabella riepilogativa indagini geotecniche – San Vigilio

Sondaggio	Anno	L	z falda
-	-	m	m
S01	2019	30	-
S02	2019	30	12.2
S03	2019	30	-
S04	2019	20	-
PE_S5bis	PE	30	23
PE_S302E	PE	24	24
PE_S5TR	PE	20	-
PE_S304E	PE	25	-

Tabella 3.2: Tabella riepilogativa indagini geotecniche - Codolazza

Sondaggio	Anno	L	Unità A-B	Unità B-CD	z falda
-	-	m	m	m	m
S5	2019	40	0.5	37	25.2
S6	2019	45	2	39.5	24.5
S7Pz	2019	30	0.3	>30	21.5
S7bis	2019	30	1.3	>30	-
S8	2019	20	1	>30	22.4
S9	2019	30	2.4	25	22.5
S10Pz	2019	30	7.4 (3.9)	18	18.5
PE_S5bis	PE	22	0.5	>30	20.1
PE_S302E	PE	30	0.5	>30	19.7
PE_S5TR	PE	30	0	>30	21.1
PE_S304E	PE	30	0	>30	21.6

Tabella 3.3: Tabella riepilogativa indagini geotecniche - Sarezzo

Sondaggio	Anno	L	Unità B-Calc	z falda
-	-	m	m	m
S3.43E/Pz	2004	30	3.5	1.8
S3.44E/Pz	2004	30	17	8.2
S3.45E/Pz	2004	30	16	10.2
S14	2019	30	9.9	-

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Tabella 3.4: Tabella riepilogativa indagini geotecniche - Lumezzane

Sondaggio	Anno	L	z falda
-	-	m	m
S16	2019	40	-
S17	2019	15	-
S17bis	2019	30	-
S17ter	2019	20	-
S18	2019	20	-

Per quanto riguarda le indagini sismiche, sopra elencate, si riportano di seguito i risultati dettagliati delle indagini eseguite per le 3 aree oggetto di studio.

Le prove sismiche per l'area di S. Vigilio sono:

- N.1 prova sismica Down-Hole della profondità di 30 metri, realizzata in corrispondenza del sondaggio S1-DH;
- N.1 stendimenti sismici M.A.S.W. della lunghezza complessiva di 46 metri (M3);

Le prove sismiche per l'area di Codolazza sono:

- N.1 sezione sismica M.A.S.W. 2D realizzata in corrispondenza dello stendimento sismico L1;
- N.1 prova sismica Down-Hole della profondità di 40 metri, realizzata in corrispondenza del sondaggio S5/DWH;
- N.4 stendimenti sismici M.A.S.W. della lunghezza complessiva di 60.0 metri (M5, M7, M8, M9);

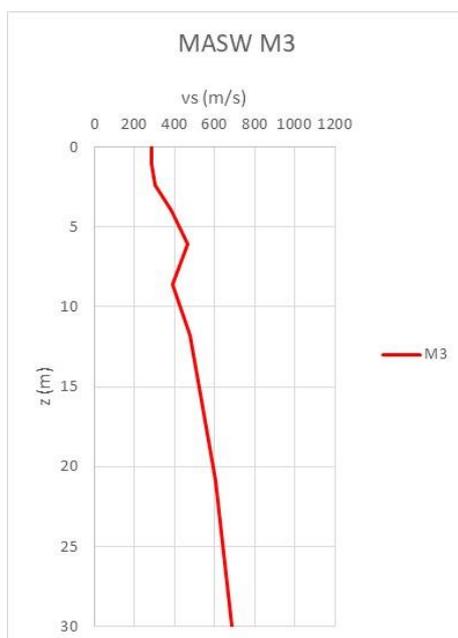
Le prove sismiche per l'area di Sarezzo sono:

- N.1 stendimento sismico M.A.S.W. (M20);

Le prove sismiche per l'area di Lumezzane sono:

- N.6 stendimenti sismici a rifrazione della lunghezza complessiva di 790 metri (T1, T2, T3, T4, T5, T7).

Si riportano di seguito i risultati delle indagini in termini di velocità delle onde di taglio; i certificati riportanti i tabulati completi sono riportati nel documento GTC0025.



**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Figura 3-1: Risultati MASW M3 – S. Vigilio

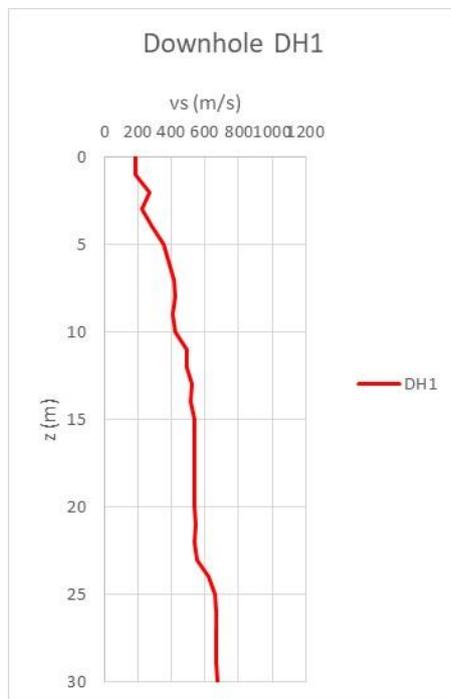


Figura 3-2: Risultati Downhole DH1 – S. Vigilio

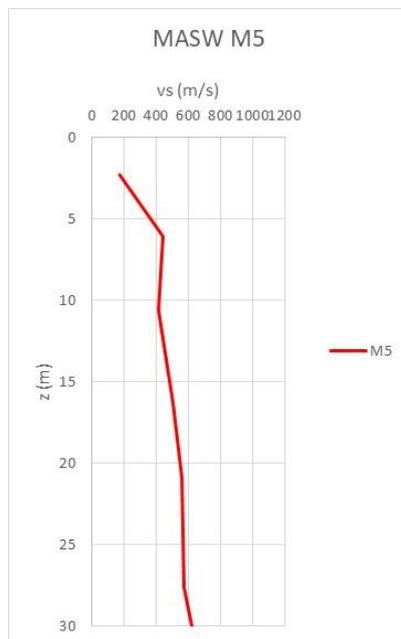


Figura 3-3: Risultati MASW M5 – Codolazza

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

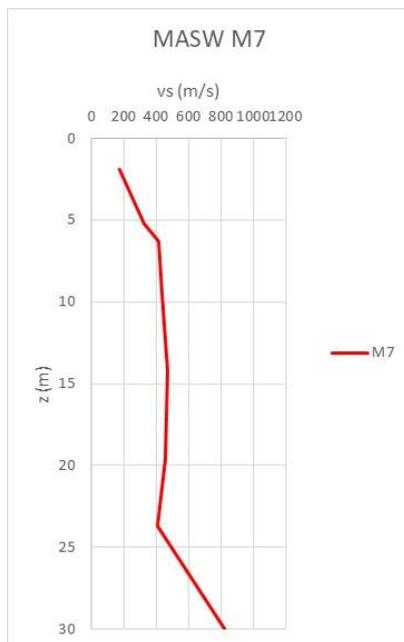


Figura 3-4: Risultati MASW M7 – Codolazza

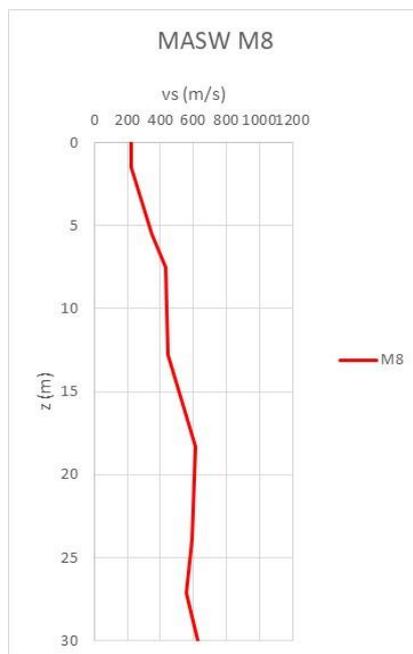


Figura 3-5: Risultati MASW M8 – Codolazza

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

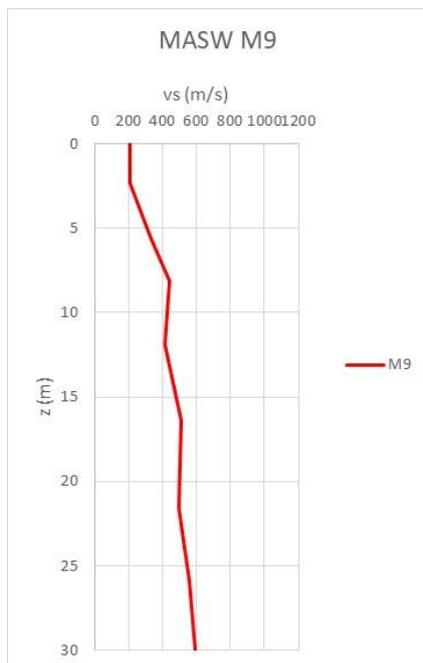


Figura 3-6: Risultati MASW M9 – Codolazza

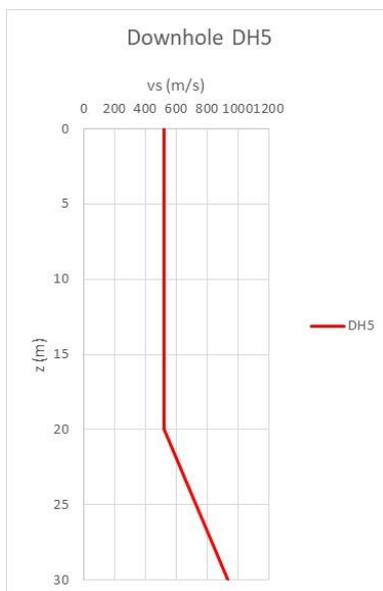


Figura 3-7: Risultati Downhole DH5 – Codolazza

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

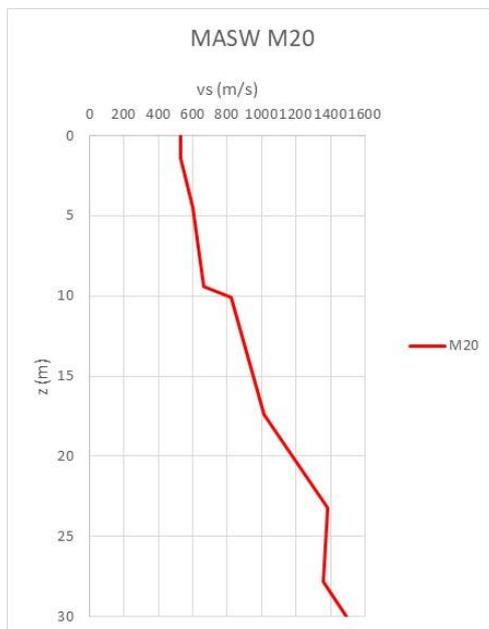


Figura 3-8: Risultati MASW M20 –Sarezzo

Si riportano di seguito i risultati della tomografia sismica L1 e della MASW 2D eseguita lungo il medesimo stendimento.

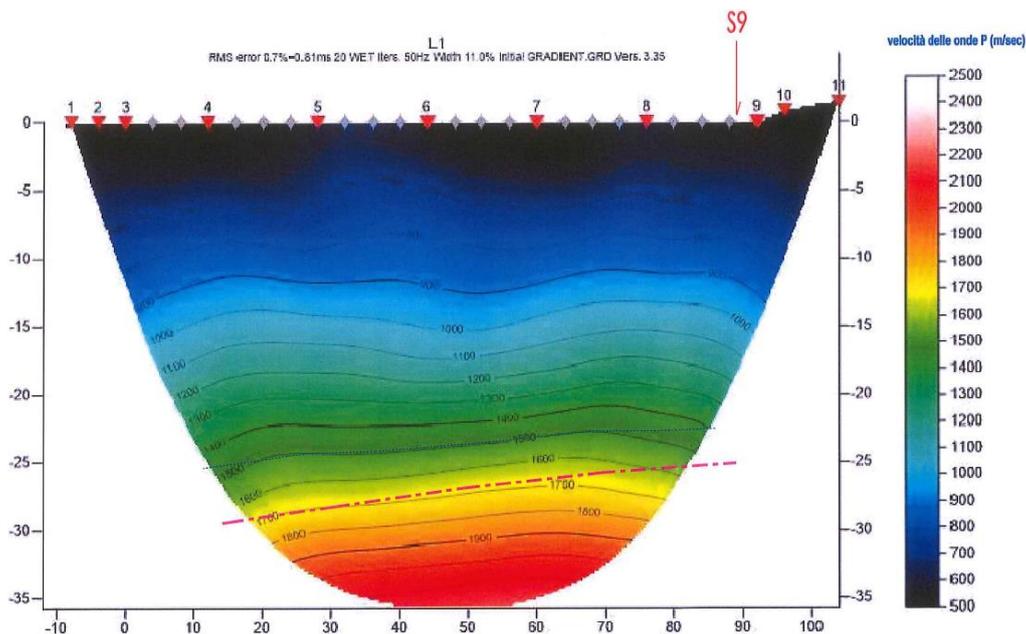


Figura 3-9: Risultati tomografia sismica L1 (in termini di vp)

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO - LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

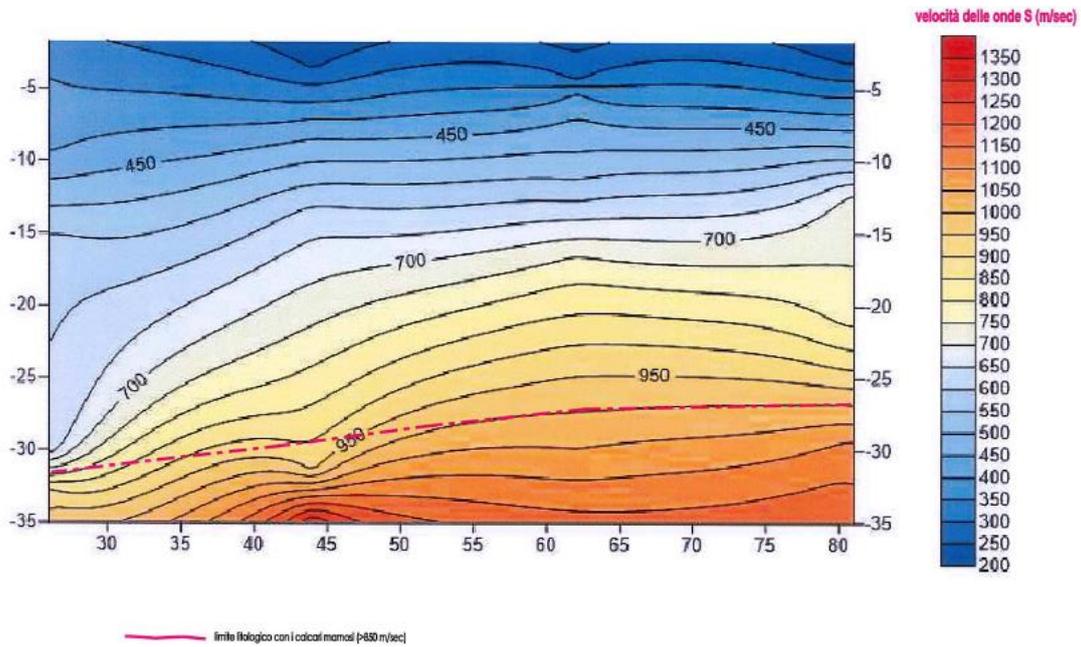


Figura 3-10: Risultati MASW 2D lungo allineamento L1 (in termini di vs)

Infine, Si riportano di seguito i risultati delle tomografie sismiche T1, T2, T3, T4, T5, T7 eseguite lungo lo sviluppo del tracciato nei pressi del comune di Lumezzane.

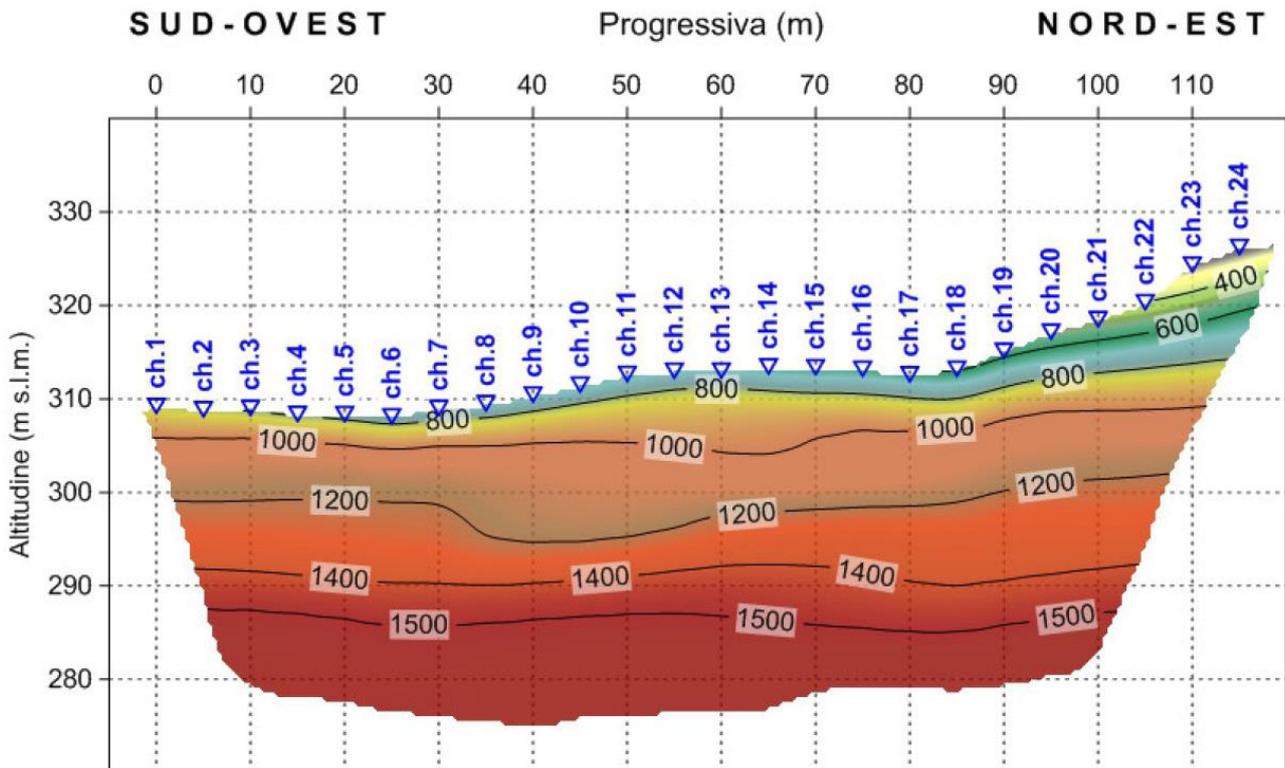


Figura 3-11: Risultati tomografia sismica T1 (in termini di vs)

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO - LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

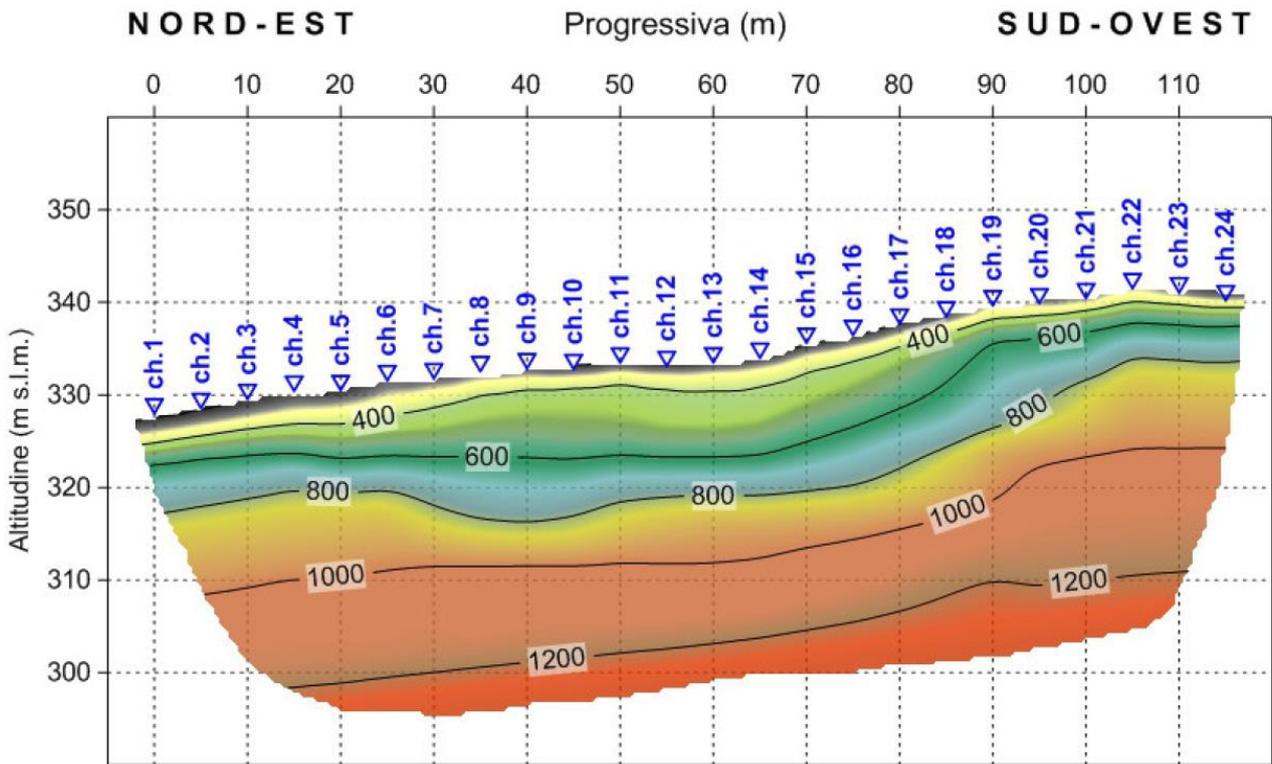


Figura 3-12: Risultati tomografia sismica T2 (in termini di vs)

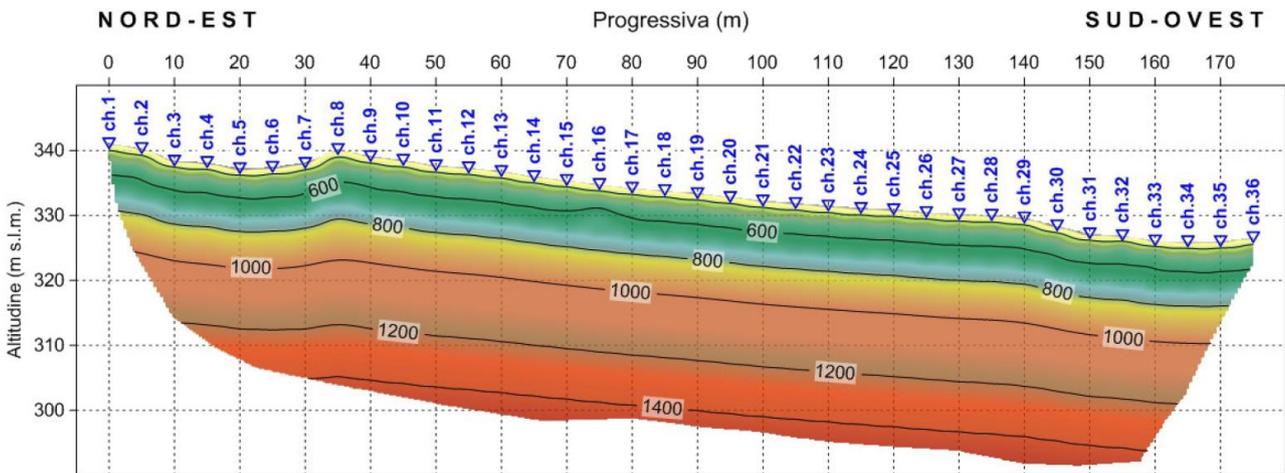


Figura 3-13: Risultati tomografia sismica T3 (in termini di vs)

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO - LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

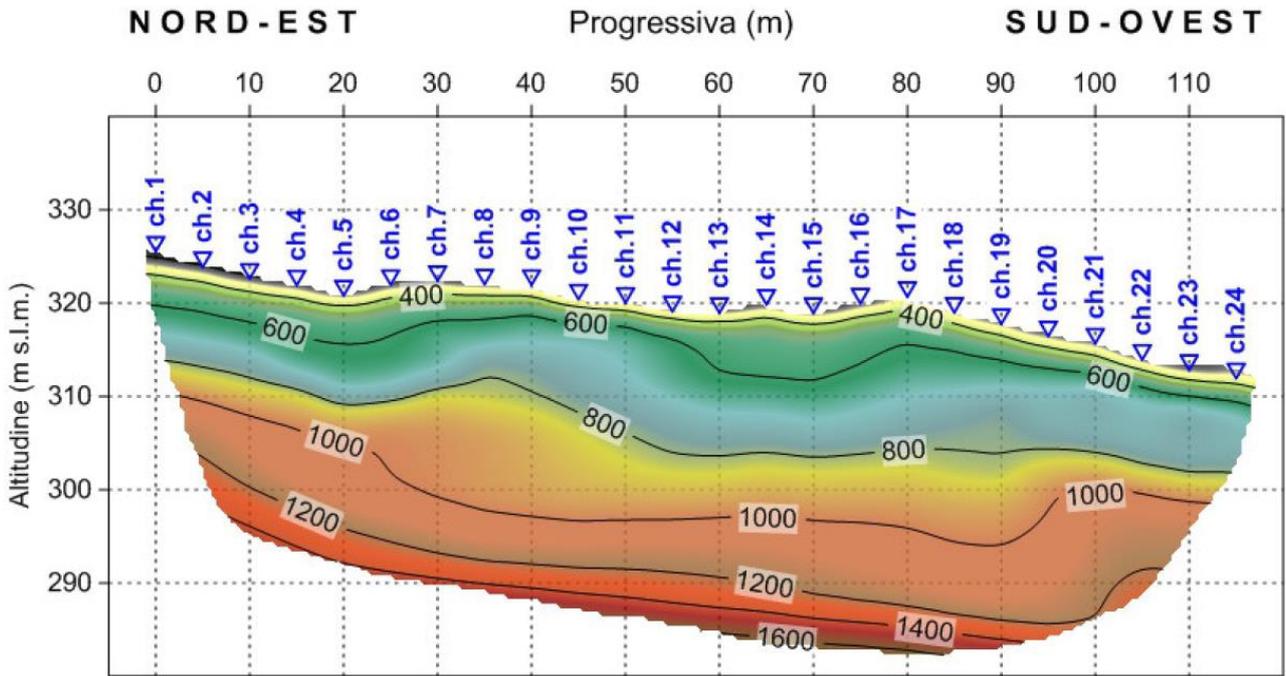


Figura 3-14: Risultati tomografia sismica T4 (in termini di vs)

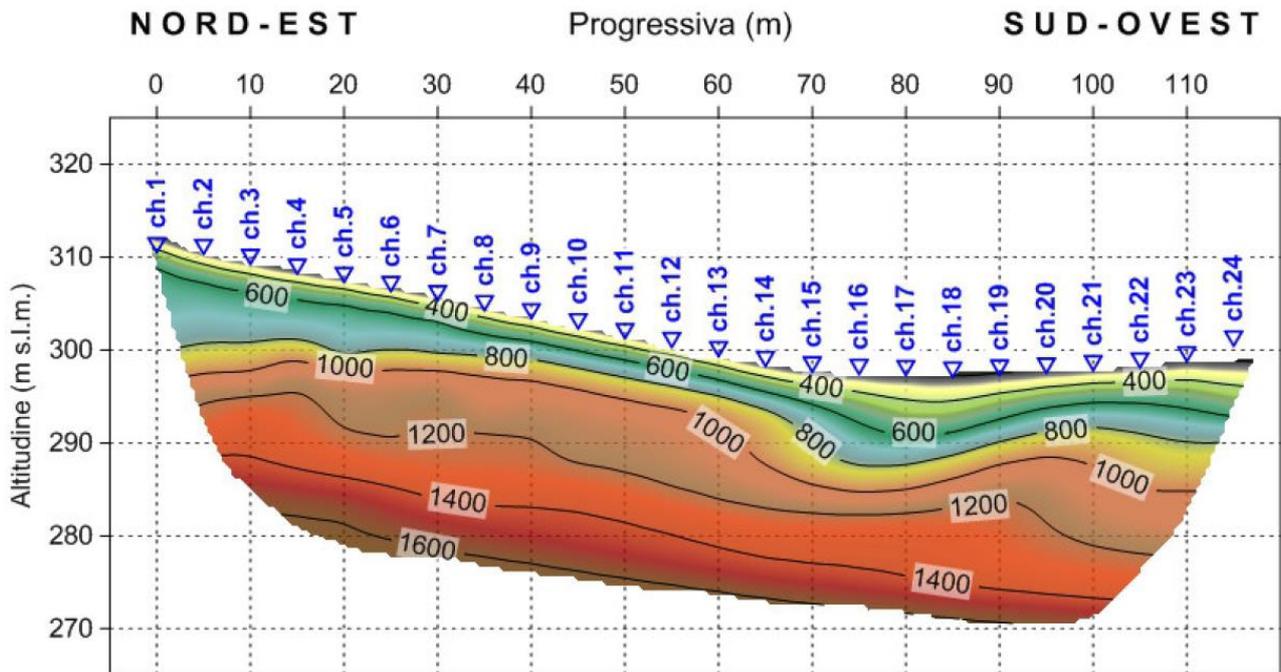


Figura 3-15: Risultati tomografia sismica T5 (in termini di vs)

RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO - LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

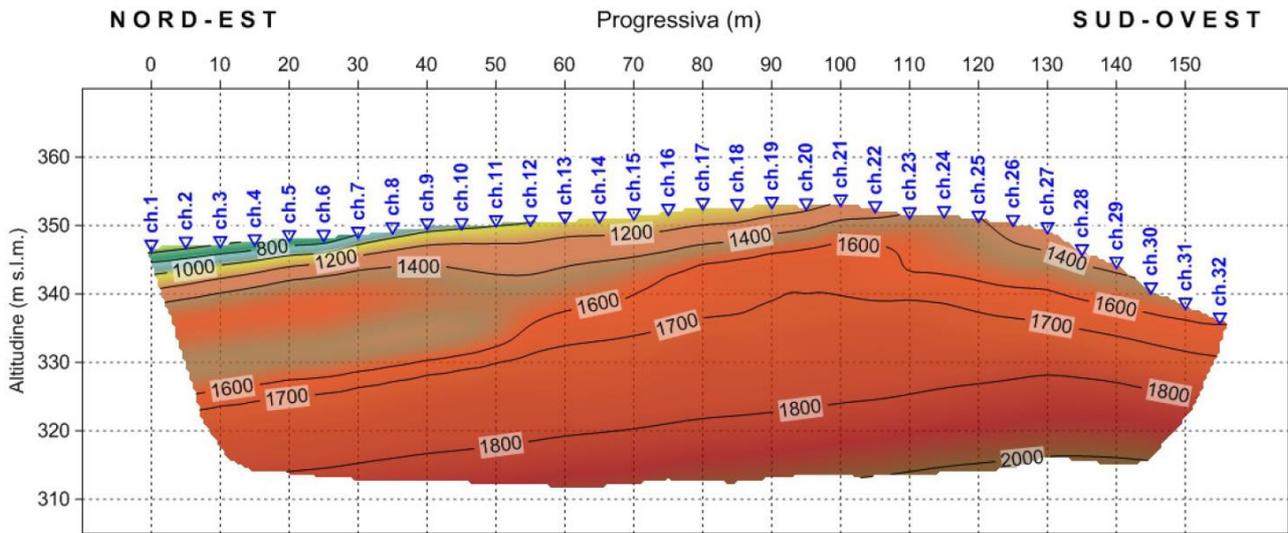


Figura 3-16: Risultati tomografia sismica T7 (in termini di vs)

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA E SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Si riporta di seguito la sintesi della caratterizzazione sismica per l'area di intervento, con riferimento ai contenuti delle NTC 2018 e ai contenuti della normativa della Regione Lombardia D.G.R. 2616/2011.

Si fa riferimento ai risultati delle indagini disponibili per l'area di studio, descritte nel capitolo precedente, utilizzate a supporto della caratterizzazione sismica.

Si riepilogano nella tabella seguente i risultati delle prove sopra descritte, in termini di $v_{s,30}$. La determinazione di tale parametro è essenziale per la determinazione della categoria di sottosuolo nelle singole aree di intervento. I risultati della MASW 2D, visibili in Figura 3-10.

Tabella 4-1: Tabella riepilogativa indagini sismiche per le aree oggetto di analisi

Area	Prova	$v_{s,30}$ (m/s)
S. Vigilio	M3	507
	DH1	444
Codolazza	M5	444
	M7	424 (*)
	M8	472
	M9	429
	DH5	613
Sarezzo	M20	928 (**)
(*) $v_s = 376$ m/s su 23.7 m		
(**) $v_s = 619$ m/s su 9.4 m		

4.1. Caratterizzazione sismica e analisi di risposta sismica locale

La caratterizzazione dell'azione sismica avviene, in accordo a quanto previsto dalle NTC 2018, individuando come parametro caratterizzante l'accelerazione orizzontale massima che questo produce nel substrato con una certa probabilità di accadimento in un certo intervallo temporale, funzione della tipologia della struttura.

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico è costituito dallo spettro di risposta elastico, descritto da forme diverse per le componenti orizzontali e verticali del moto. L'azione sismica è caratterizzata da tre componenti traslazionali, di cui due orizzontali X e Y ed una verticale Z.

Le NTC 2018 caratterizzano l'azione sismica in funzione della pericolosità sismica di base del sito di costruzione. In particolare la caratterizzazione delle azioni sismiche avviene a partire dalla definizione del periodo di riferimento per la costruzione.

La definizione dell'azione sismica parte con la determinazione della vita nominale è quella indicata nella Tab. 2.4.I del D.M.18 di seguito riportata.

Tabella 4-2: Valori della Vita Nominale V_N in funzione del tipo di costruzione

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

Con riferimento alla tabella precedente si evidenzia che, ai sensi e per gli effetti del Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003 il carattere strategico di un'opera o la sua rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso, sono definiti dalla classe d'uso.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso, come definite nel D.M. 18.

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Tabella 4-3: Classi d'uso per le diverse tipologie di costruzione

<i>Classe I:</i> Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i> 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.
<i>Classe III:</i> 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.
<i>Classe IV:</i> 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 D.M. 5 novembre 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.

La vita nominale e la classe d'uso, per le singole opere oggetto di progettazione, sono definite in funzione della tipologia di opera e del livello di importanza che essa riveste, anche con riferimento a condizioni di emergenza, con riferimento alle tabelle sopra riportata.

Le azioni sismiche vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Tale valore riveste notevole importanza in quanto, assumendo che la legge di ricorrenza dell'azione sismica sia un processo Poissoniano, è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento P_{VR} corrispondente allo stato limite considerato (Tabella 3.2.1 della NTC), il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica.

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente tabella.

Tabella 4-4: Valori del coefficiente d'uso C_U

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

Per il caso in esame, si considera una vita nominale di 50 anni e una classe d'uso IV, corrispondente a C_U pari a 2. Si riportano di seguito i parametri sismici orizzontali in accelerazione su suolo rigido determinati per l'area di studio, considerando i parametri di vita nominale e classe d'uso sopra descritti.

Tabella 4-5: Parametri spettri orizzontali accelerazione su suolo rigido, VN 50 anni, Cu 2, area Sarezzo

Stato Limite	T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_c^* (s)
SLO	60	0.058	2.428	0.239
SLD	101	0.075	2.418	0.255
SLV	949	0.182	2.459	0.286
SLC	1950	0.229	2.471	0.298

Tabella 4-6: Parametri spettri orizzontali accelerazione su suolo rigido, VN 50 anni, Cu 2, area Concesio (S. Vigilio, Codolazza)

Stato Limite	T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_c^* (s)
SLO	60	0.059	2.431	0.239
SLD	101	0.076	2.422	0.255
SLV	949	0.184	2.454	0.286
SLC	1950	0.233	2.456	0.298

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE
PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE**

Tabella 4-7: Parametri spettri orizzontali accelerazione su suolo rigido, VN 50 anni, Cu 2, area Lumezzane

Stato Limite	T _R (anni)	a _g (g)	F ₀	T _c * (s)
SLO	60	0.058	2.443	0.240
SLD	101	0.075	2.431	0.256
SLV	949	0.183	2.450	0.286
SLC	1950	0.233	2.449	0.298

In merito alla risposta sismica locale, dal punto di vista topografico l'area in esame è riconducibile alla categoria T1, ad eccezione dell'area di Lumezzane, con riferimento alle Tabelle 3.2.III e 3.2.IV, di seguito riportate. Per l'area di Lumezzane si considera una pendenza media dei versanti compresa tra 15° e 30° e si assegna una categoria topografica T2. Le opere ubicate nei tratti acclivi sono posizionate in tutti i casi nella porzione centrale del versante; si adotta tuttavia, con approccio cautelativo, il valore massimo del coefficiente di topografia della categoria T2, pari a 1.2.

Tabella 4-8: Coefficiente di topografia S_T

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S _T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Dal punto di vista stratigrafico, l'identificazione della tipologia di categoria del sottosuolo ai sensi del DM 2018, viene in questa fase redatta con riferimento alle prove downhole e MASW eseguite in sito. La velocità delle onde di taglio equivalente ricavata dalle prove è in tutti i casi superiore a 360 m/s per le 3 aree in oggetto, come visibile nella precedente Tabella 4-1.

Con riferimento al paragrafo 3.2.2 (Tabella 3.2.II) delle NTC 2018, di seguito riportata, il sottosuolo risulta essere di tipo B per le aree di S. Vigilio, Codolazza e Sarezzo:

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Tabella 4-9: Coefficiente di topografia S_s

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

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

Al fine di tenere in considerazione gli effetti di amplificazione locale dovuti alla litologia, si devono tuttavia considerare anche i contenuti del D.G.R. Lombardia N. 8/7374, successivamente ripresa dalla D.G.R. IX/2616 del 30 Novembre 2011 di Regione Lombardia.

La normativa regionale richiede la valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia mediante la procedura semplificata di 2° livello; nel caso in esame, il sito è ubicato in area poco acclive e gli effetti morfologici possono essere trascurati.

L'applicazione della procedura di II livello indicata dalla normativa richiede la conoscenza della litologia prevalente dei materiali presenti in sito e dell'andamento delle $V_{s,eq}$ con la profondità (spessore e velocità $V_{s,eq}$ di ciascuno strato), che è stato ricavato dalle prove sismiche descritte in precedenza. La litologia prevalente dei materiali presenti in sito viene invece ricavata dalle risultanze delle indagini descritte nei capitoli precedenti.

La procedura fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattori di Amplificazione (F_a) dal punto di vista degli effetti litologici, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente o meno nella stima degli effetti di amplificazione sismica locale sulla base del confronto tra gli F_a calcolati e quelli di riferimento indicati dalla Regione Lombardia per ciascun comune; lo studio è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche ed è utilizzato per caratterizzare l'area in esame in funzione del fattore F_a .

Tale valore di F_a si riferisce quindi agli intervalli di periodo 0.1-0.5s e 0.5-1.5s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (max. 4 piani) ed a strutture alte e flessibili (5 o più piani).

Sulla base dei parametri geotecnici e litologici si individua la litologia prevalente del sito e da questa si sceglie la relativa scheda di riferimento tra quelle riportate nella citata normativa regionale, che può essere utilizzata se l'andamento delle $V_{s,eq}$ ricade nel campo di validità dell'apposito diagramma riportato nella scheda. La normativa riporta sei differenti famiglie di curve, funzione della litologia prevalente e corrispondenti a sei schede analizzate dalla norma, di seguito descritte:

- A. Scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- B. Scheda per le litologie prevalentemente limoso-argillose Tipo 1;
- C. Scheda per le litologie prevalentemente limoso-argillose Tipo 2;
- D. Scheda per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose Tipo 1;
- E. Scheda per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose Tipo 2;
- F. Scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento delle Vs con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di Vs inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine. Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

Nel caso in esame, la natura dei terreni nelle aree di S. Vigilio, Codolazza, Sarezzo e Lumezzane è prevalentemente ghiaiosa (Scheda 1, ovvero A con riferimento alle figure seguenti); si nota tuttavia che i risultati delle prove sismiche eseguite nelle aree di S. Vigilio e Codolazza forniscono un andamento delle velocità che ha un adattamento non pienamente accettabile per la curva individuata dalla scheda 1 per litologie ghiaiose, come visibile nelle figure seguenti. Un fitting migliore si ha invece per la curva individuata dalla scheda 3 (curva C) per litologie limoso-argillose. Per le aree di Sarezzo e Lumezzane, invece, i risultati delle prove sismiche (MASW M20 per Sarezzo e tomografie T1, T2, T3, T4, T5, T7 per Lumezzane) evidenziano un andamento delle velocità di taglio che ha un adattamento accettabile per la curva individuata dalla scheda 1 per litologie ghiaiose, come visibile nelle figure seguenti. Si precisa che le tomografie relative all'area di Lumezzane sono state interpretate assegnando valori medi alla velocità delle onde taglio per tratti omogenei ottenuta mediante interpolazione lineare, come da tabella seguente.

Prova	Lunghezza (m)	Canale	Distanza (m)	z vs400 (m)	z vs600 (m)	z vs800 (m)
T1	104.9	3	5	3.0	6.5	10.0
		9	35	2.5	6.5	9.5
		15	65	3.0	6.5	9.5
		21	95	2.5	6.0	9.5
T2	110.8	3	10	3.0	6.0	10.5
		9	40	2.0	9.0	16.0
		15	70	3.0	10.0	15.5
		21	100	1.0	3.0	7.0
T3	164.8	3	5	1.2	4.1	10.0
		9	35	1.0	4.7	10.6
		15	65	1.0	4.5	10.0
		21	95	1.0	4.7	10.0
		27	125	0.6	4.7	9.6
		33	155	0.6	4.1	9.5
T4	113.7	3	10	1.0	4.0	10.5
		9	40	0.5	2.5	11.0
		15	70	1.0	6.5	15.0
		21	100	1.0	3.0	11.5
T5	117.8	3	10	1.0	3.0	8.5
		9	40	0.5	2.5	4.5
		15	70	1.0	3.0	7.0
		21	100	1.0	3.0	6.0
T7	156.2	3	10	0.0	0.0	1.0
		9	40	0.0	0.0	1.5
		15	70	0.0	0.0	2.0
		21	100	0.0	0.0	2.0
		27	130	0.0	0.0	2.0

Figura 4-1: Suddivisione in tratti per vs omogenee tomografie area Lumezzane

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO - LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

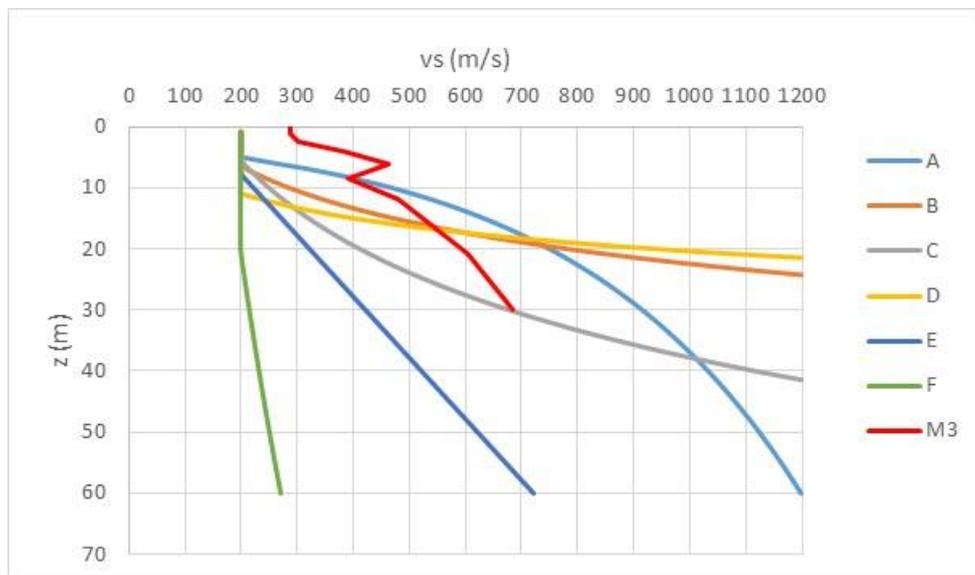


Figura 4-2: Rispondenza risultati MASW M3 a schede litologiche

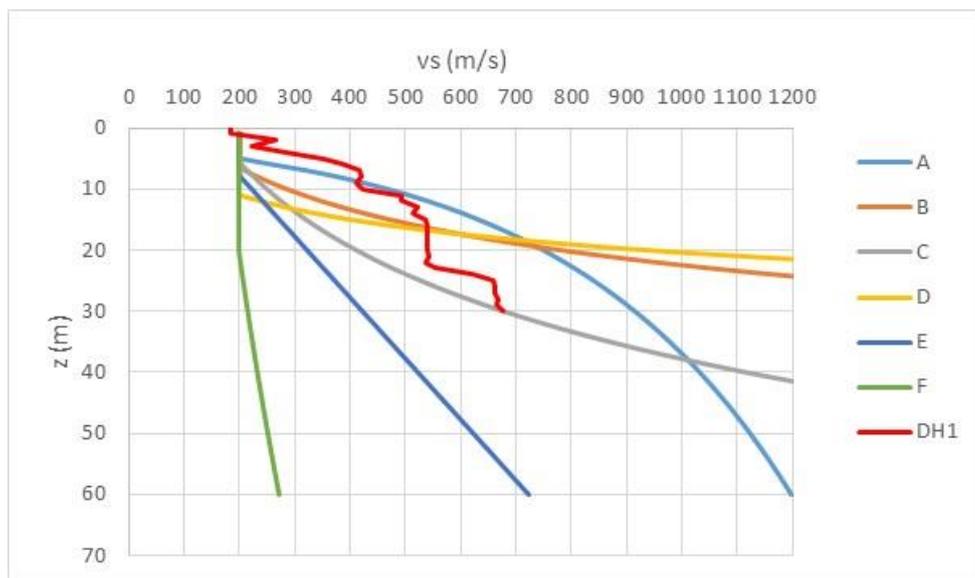


Figura 4-3: Rispondenza risultati Downhole DH1 a schede litologiche

RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO - LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

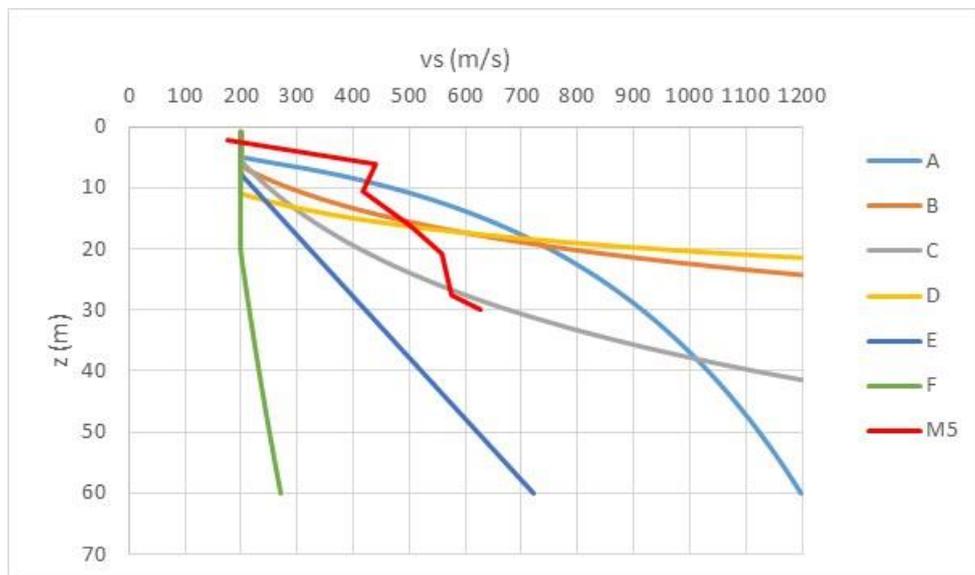


Figura 4-4: Rispondenza risultati MASW M5 a schede litologiche

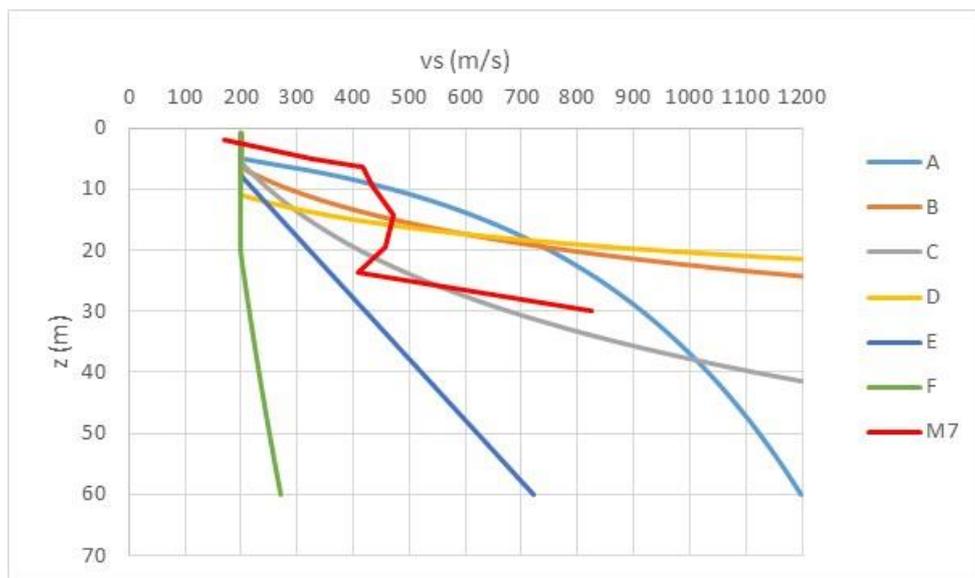


Figura 4-5: Rispondenza risultati MASW M7 a schede litologiche

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

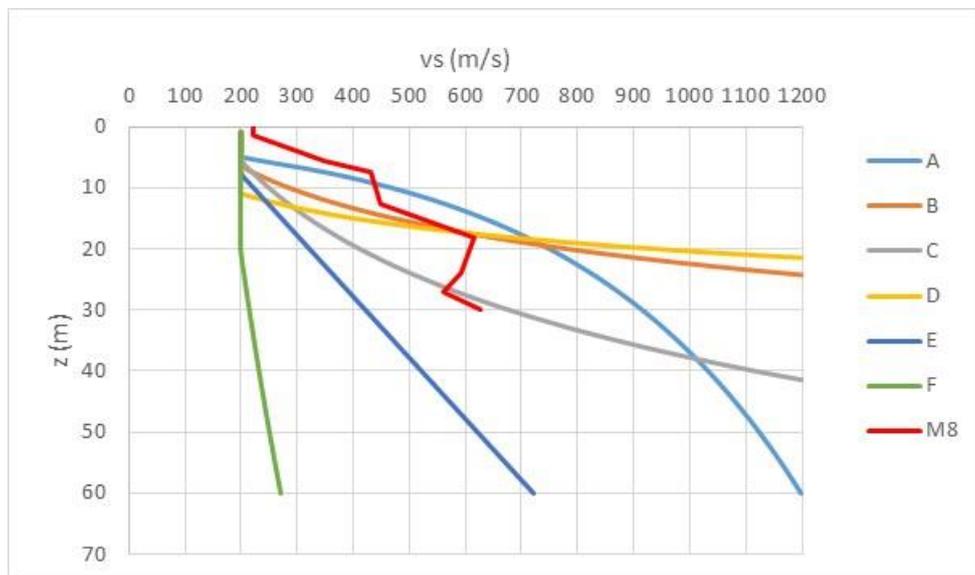


Figura 4-6: Rispondenza risultati MASW M8 a schede litologiche

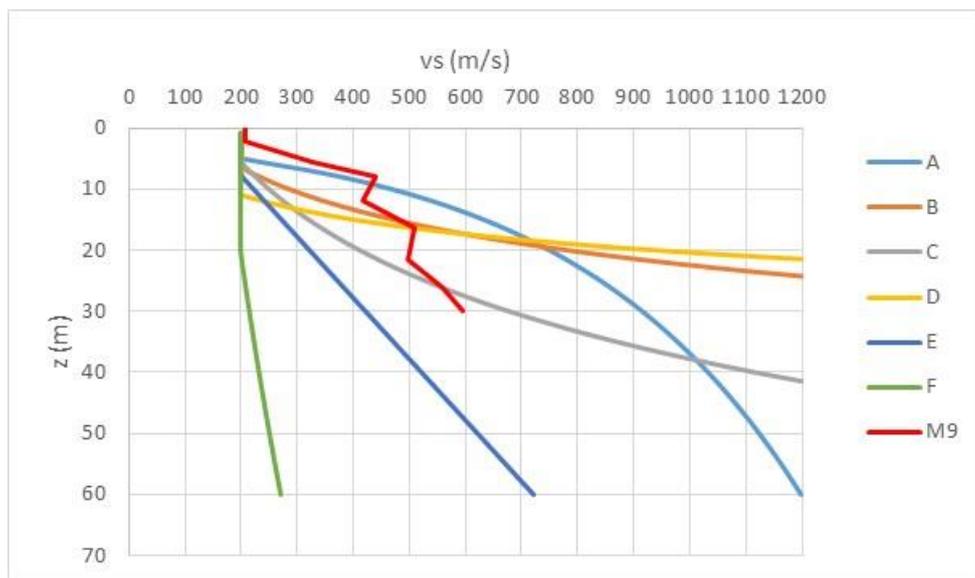


Figura 4-7: Rispondenza risultati MASW M9 a schede litologiche

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO - LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

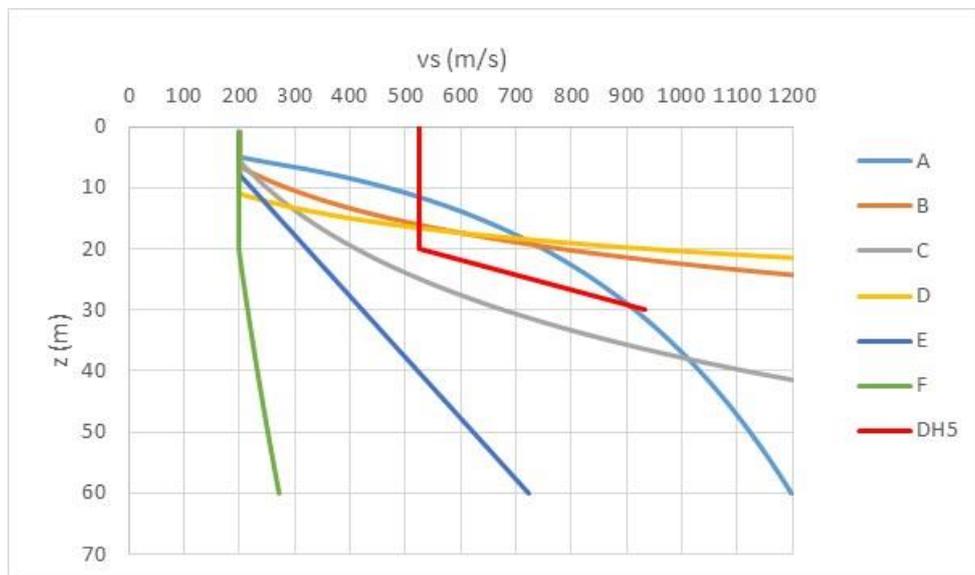


Figura 4-8: Rispondenza risultati Downhole DH5 a schede litologiche

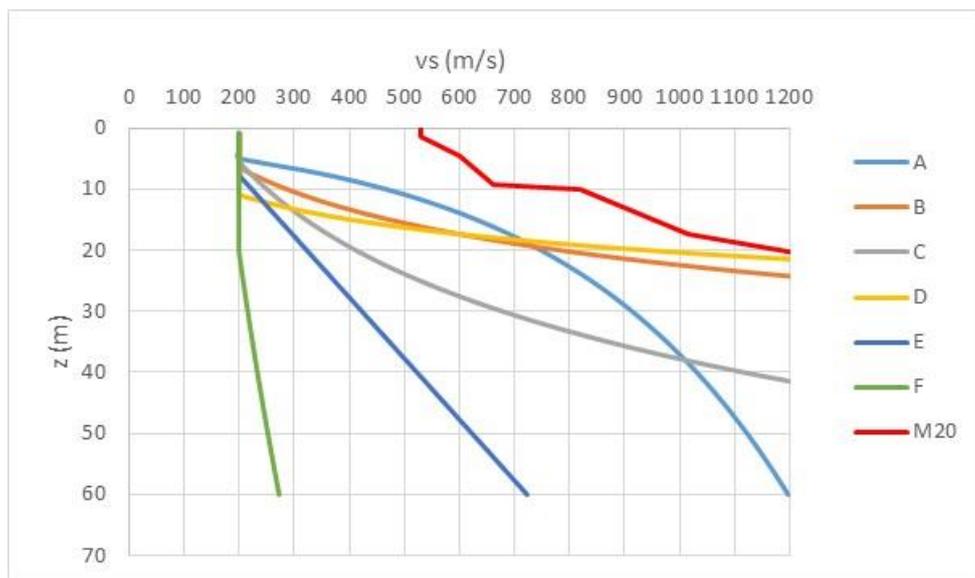


Figura 4-9: Rispondenza risultati MASW M20 a schede litologiche

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO - LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

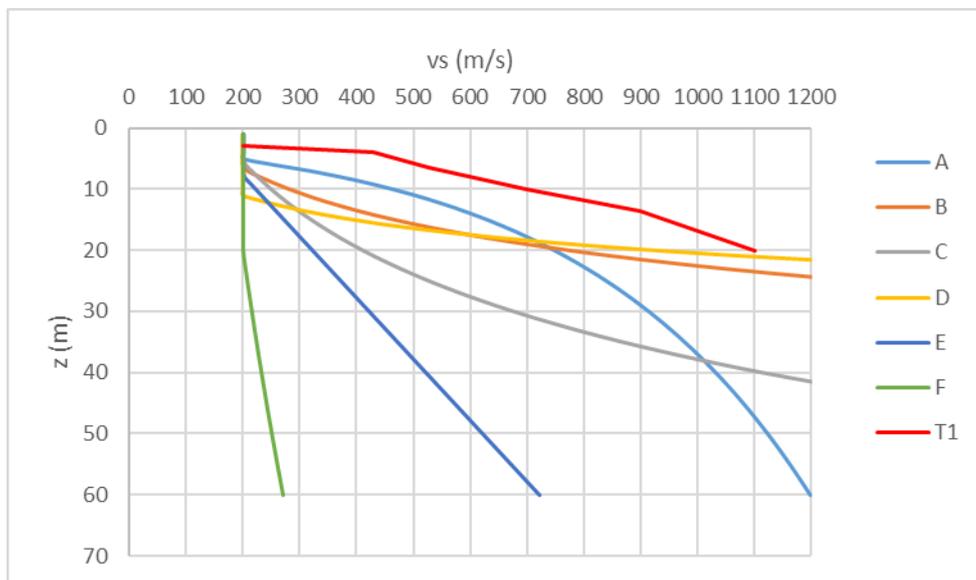


Figura 4-10: Rispondenza risultati tomografia T1 a schede litologiche

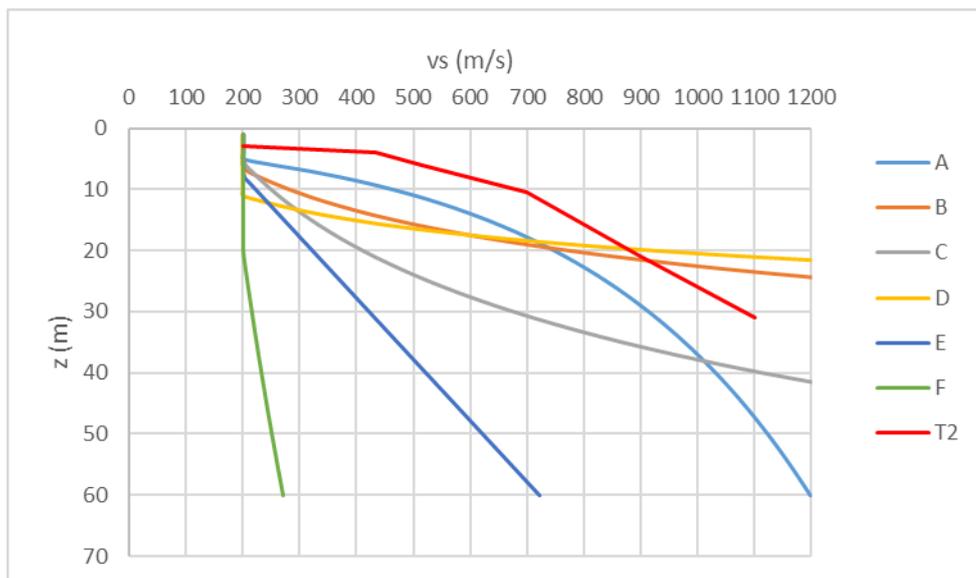


Figura 4-11: Rispondenza risultati tomografia T2 a schede litologiche

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO - LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

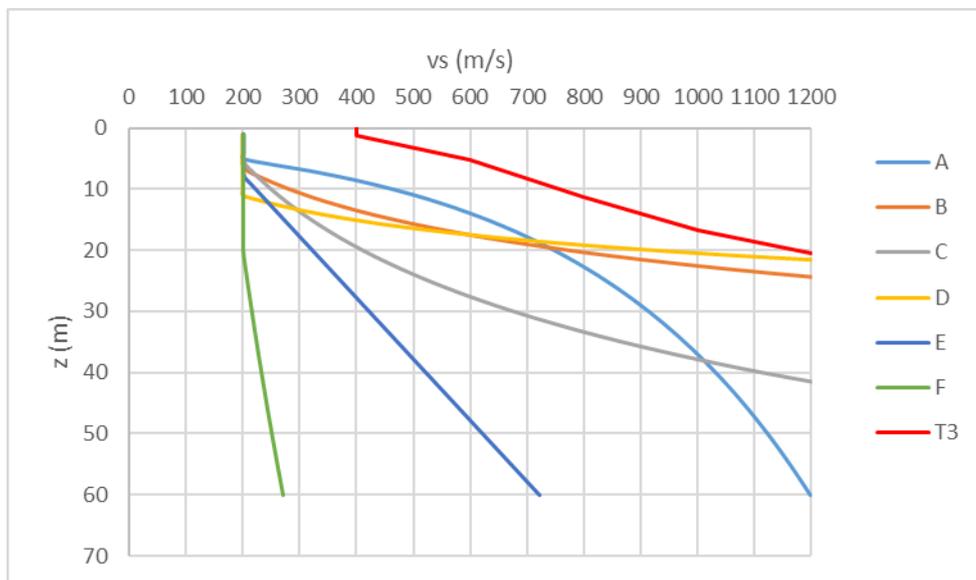


Figura 4-12: Rispondenza risultati tomografia T3 a schede litologiche

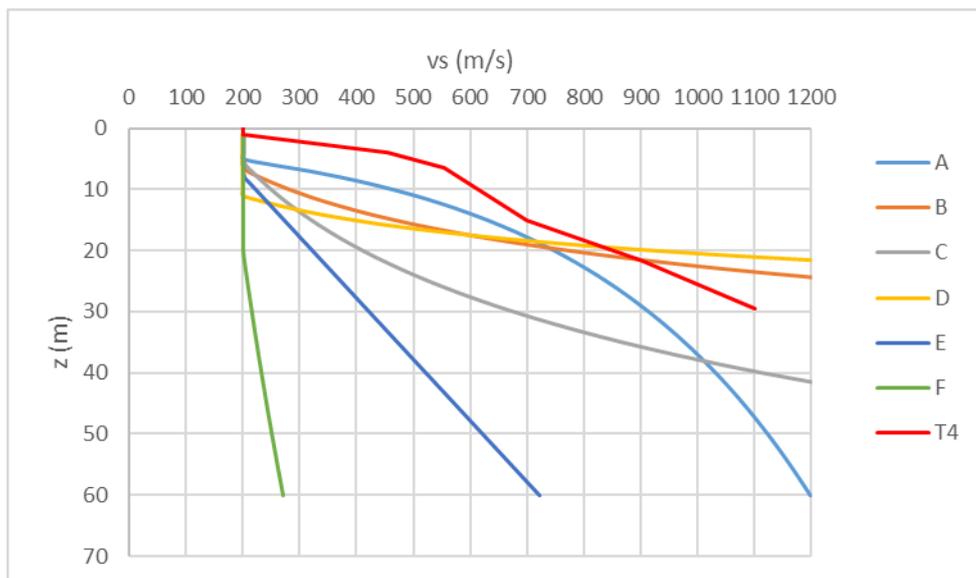


Figura 4-13: Rispondenza risultati tomografia T4 a schede litologiche

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO - LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

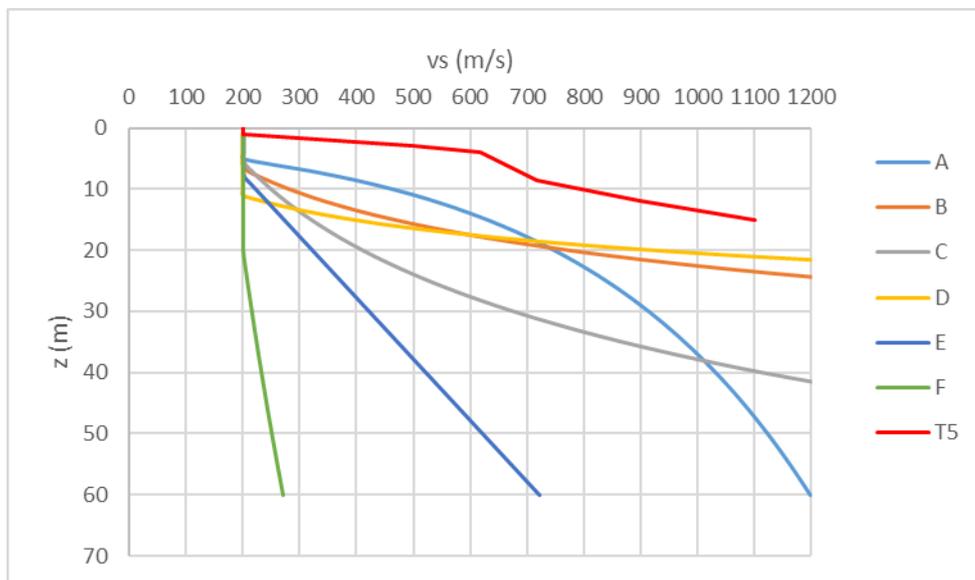


Figura 4-14: Rispondenza risultati tomografia T5 a schede litologiche

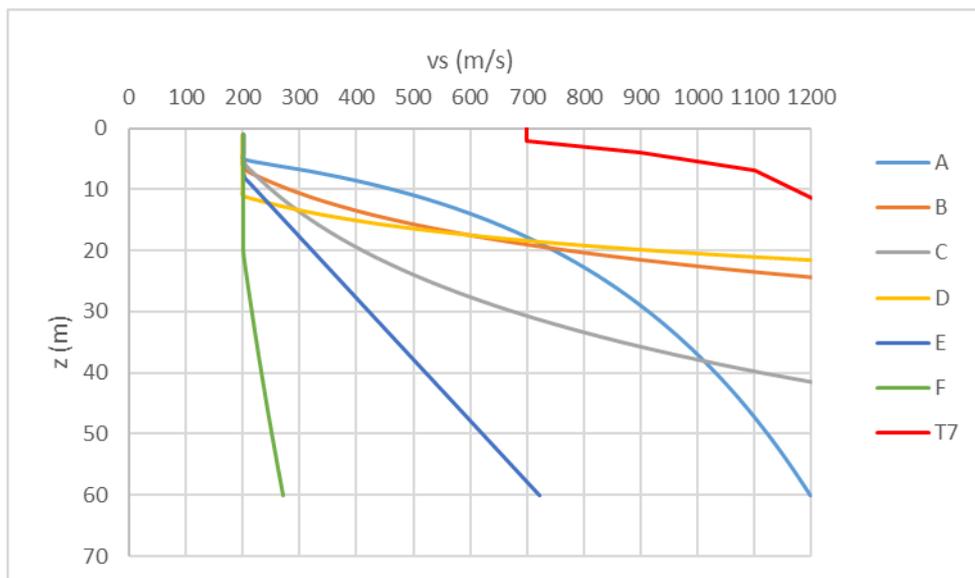


Figura 4-15: Rispondenza risultati tomografia T7 a schede litologiche

Si riportano di seguito le schede di valutazione relative alla litologia ghiaiosa (scheda 1, ovvero curva A), e limoso-argillosa 2 (scheda 3, ovvero curva C), comprensive dei limiti di applicabilità delle stesse (che risultano verificati) e delle formulazioni in funzione del periodo proprio del sito T utilizzabili per determinare i fattori di amplificazione F_a .

RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE

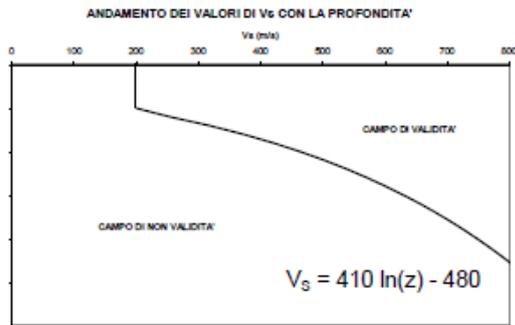
PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

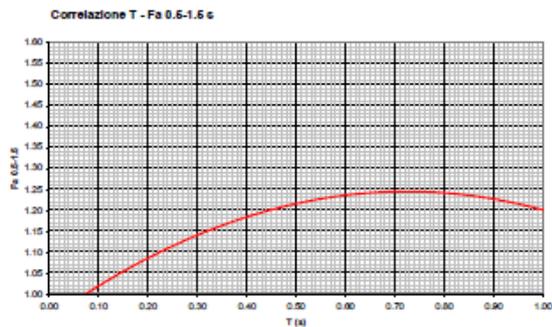
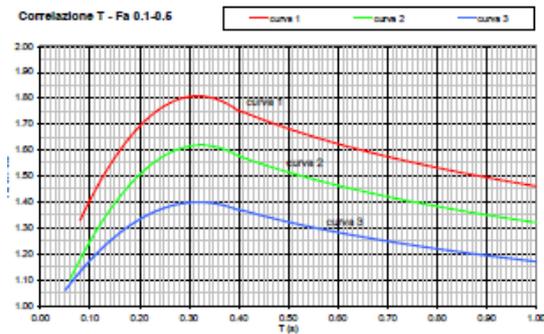
GRANULOMETRIA:
 Da ghiaie e ciottoli con blocchi a ghiaie e sabbie limose debolmente argillose passando per ghiaie con sabbie limose, ghiaie sabbiose, ghiaie con limo debolmente sabbiose e sabbie con ghiaie

NOTE:
 Comportamento granulare
 Struttura granulo-sostenuta
 Frazione ghiaiosa superiore al 35%
 Frequenti clasti con $D_{max} > 20$ cm
 Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%
 Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)
 Presenza di eventuali trovanti con $D > 50$ cm
 Presenza di eventuali orizzonti localmente cementati



Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	
200				1	1										
250				2	2										
300				3	3	3	3								
350				3	3	3	3	3							
400				3	3	3	3	3	3						
450				3	3	3	3	3	3	3					
500				3	3	3	3	3	3	3	3				
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3			
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.32 - 0.28LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22LnT$

Figura 4-16: Scheda di valutazione effetti litologici – Litologia ghiaiosa

RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE

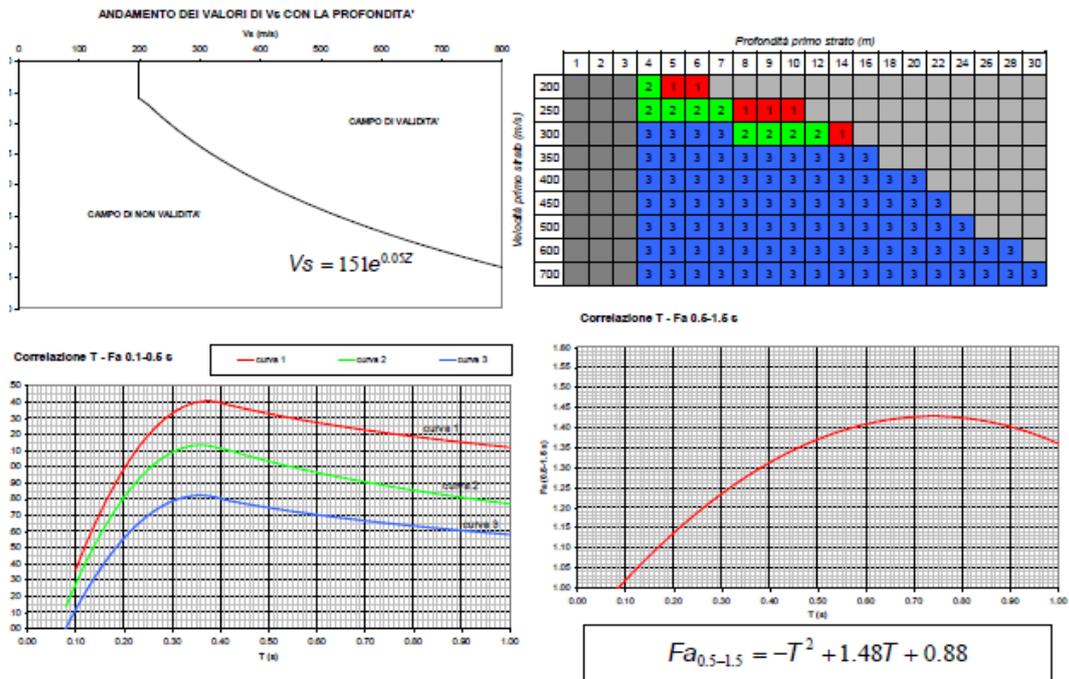
PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 2

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA e NOTE: come per la litologia limoso - argillosa TIPO 1, a cui in aggiunta è possibile associare i seguenti range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per argille con limi ghiaiosi debolmente sabbiosi:

PARAMETRO		INTERVALLO
Peso di volume naturale	γ [kN/m ³]	19.5-20.0
Peso specifico particelle solide	γ_s [kN/m ³]	25.7-26.7
Contenuto d'acqua naturale	w [%]	20-25
Limite di liquidità	w _L [%]	30-50
Limite di plasticità	w _p [%]	15-20
Indice di plasticità	I _p [%]	15-30
Indice dei vuoti	e	0.5-0.7
Grado di saturazione	S _v [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K ₀	0.5-0.6
Indice di compressione	C _c	0.15-0.30
Indice di rigonfiamento	C _s	0.02-0.06
Coefficiente di consolidazione secondaria	C _α	0.001-0.005
Grado di consolidazione	OCR	1-3
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N _{spt}	15-30



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	0.10 < T ≤ 0.40 $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	0.40 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	0.08 < T ≤ 0.40 $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	0.40 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	0.05 < T ≤ 0.40 $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	0.40 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

Figura 4-17: Scheda di valutazione effetti litologici – Litologia limoso argillosa 2

Al fine di determinare la curva di riferimento per il calcolo di Fa, si considera che il periodo proprio è inferiore a 0.5 s (edifici bassi) e si analizzano le velocità associate ai sismostrati identificati dalle prove sopra riportate.

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n v_{s,i} h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Si ricava lo spessore del primo "sismo-strato" con $V_{s,eq}$ pari ad almeno 200 m/s (il cui spessore deve essere di almeno 4 metri), e si determina quale curva tra quelle riportate nella scheda per i due diversi intervalli di periodo descritti occorre utilizzare per la valutazione del Fattore di Amplificazione, sulla base del periodo T del sito (calcolato a partire dall'andamento delle $V_{s,eq}$ con la profondità fino agli 800 m/s direttamente misurati o ipotizzati con adeguato gradiente).

Nel caso in esame si considera che le strutture sono interrato o di altezza limitata e pertanto considerabile come basse, regolari e rigide (periodo 0.1-0.5s). Tra le 3 curve possibili per $T < 0.5$ s, in accordo alle tabelle di riferimento riportate in Figura 4-16 e Figura 4-17, si considera l'applicazione della curva 3.

Si determina pertanto il fattore di amplificazione Fa per ciascuna prova, come sintetizzato nella tabella seguente. Tale valore deve essere confrontato con i valori minimi di riferimento per ciascuna categoria di sottosuolo validi per i comuni di Concesio e Sarezzo, riportati nella tabella seguente.

Tabella 4.10: Tabella periodi e parametro Fa

Area	Prova	T (s)	Fa
S. Vigilio	M3	0.22	1.62
	DH1	0.24	1.67
Codolazza	M5	0.24	1.67
	M7	0.29	1.77
	M8	0.24	1.67
	M9	0.26	1.72
	DH5	0.23	1.65
Sarezzo	M20	0.11	1.19
Lumezzane	T1	0.17	1.29
	T2	0.25	1.37
	T3	0.12	1.21
	T4	0.2	1.33
	T5	0.1	1.17
	T7	0.12	1.21

Tabella 4-11: Valori di soglia Fa per il Comuni di Concesio, Sarezzo e Lumezzane

Comune	T (s)	Valori soglia			
		B	C	D	E
Concesio	0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
Sarezzo	0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
Lumezzane	0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

Con riferimento alla tabella sopra riportata, valida per i comuni di Concesio, Sarezzo e Lumezzane, si evince che il valore di Fa ottenuto dall'analisi di II livello ricade all'interno della categoria di sottosuolo C per tutte le prove eseguite nel comune di Concesio, all'interno della categoria di

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

sottosuolo B per tutte le prove eseguite nei comuni di Sarezzo e Lumezzane. Si assumono pertanto le seguenti categorie di sottosuolo per le aree di progetto:

- S. Vigilio e Codolazza: Categoria C;
- Sarezzo: Categoria B;
- Lumezzane: Categoria B.

4.2. Verifica di liquefazione

Si riportano di seguito alcune considerazioni in merito alla possibile insorgenza di fenomeni di liquefazione nell'area di studio. In senso stretto "liquefazione" è lo stato fisico in cui può venire a trovarsi un terreno sabbioso saturo quando la sua resistenza al taglio si riduce drasticamente per effetto dell'incremento e dell'accumulo delle pressioni interstiziali.

Durante le fasi iniziali di carico ciclico i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi manifestano un aumento delle pressioni interstiziali tale da eguagliare, in particolari condizioni, lo stato tensionale totale annullando, così, la loro resistenza al taglio e riducendo a valori pressoché nulli la loro resistenza al taglio.

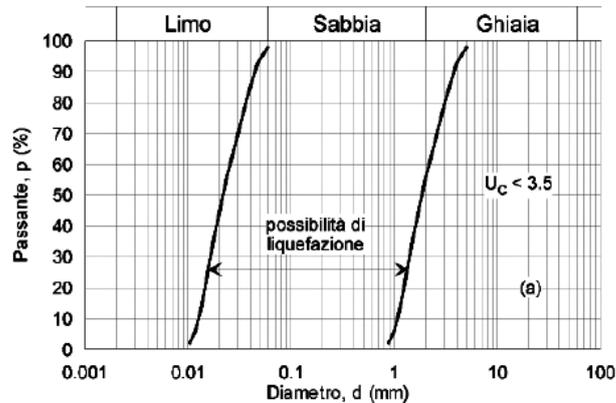
In queste condizioni il terreno assume lo stato di un semisolido pesante, caratterizzato da una bassissima rigidezza a taglio, simile a quello di un fluido (da cui deriva il nome di liquefazione).

Le NTC 2018 definiscono le seguenti circostanze di esclusione dalla verifica alla liquefazione, verificando che almeno una di loro sia manifestabile:

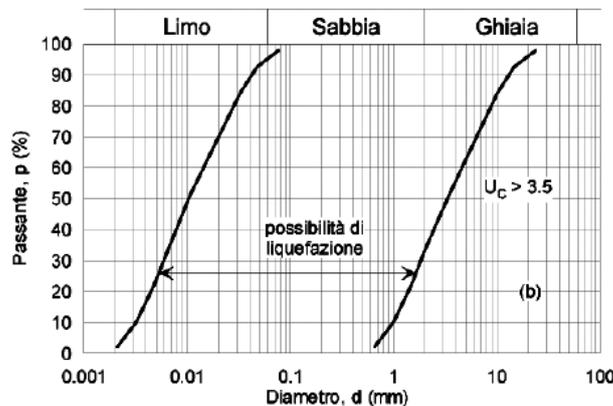
1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE



a)



b)

Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Figura 4-18: NTC 2018 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Nel caso in esame la condizione 1 non è soddisfatta. La condizione 2, sulla base dei dati piezometrici disponibili, è soddisfatta per la sola area di Codolazza. La condizione 3 è analogamente soddisfatta per la sola area di Codolazza (con riferimento ai contenuti della relazione di caratterizzazione geotecnica, Doc, GTC0001, NSPT1,60 è pari a 47 colpi). Per quanto riguarda la condizione 4, con riferimento alle caratteristiche granulometriche riportate nella Relazione di caratterizzazione geotecnica, i terreni sono di natura ghiaiosa, con percentuali di ghiaia che, nella quasi totalità dei casi, superano il 50%. Considerata la possibile presenza di aree localizzate con frazioni maggiormente sabbiose, si riporta comunque di seguito la verifica di liquefazione per le aree di S. Vigilio e Sarezzo, mentre per l'area di Codolazza la verifica può essere omessa in accordo ai punti 2 e 3 sopra citati. Le verifiche riguardano l'unità B, poiché l'Unità A nelle aree di S. Vigilio e Sarezzo, laddove presente, è confinata nelle primissime decine di centimetri di terreno e si considera irrilevante. Le unità C, D, E hanno invece natura lapidea e pertanto non sono rilevanti per l'analisi di liquefazione.

Si riporta di seguito la verifica di liquefazione, eseguita in accordo alle NTC 2018 e ai contenuti delle Linee guida AGI Aspetti geotecnici della progettazione in zone sismiche (2005), a cui si rimanda per maggiori dettagli in merito alla metodologia di verifica.

La resistenza dei terreni alla liquefazione è valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione, espresso dal rapporto fra la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e la sollecitazione di taglio massima, ovvero attraverso la ricerca del fattore di sicurezza desunto dal rapporto fra la capacità di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di resistenza ciclica, $R =$

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

CRR, e la domanda di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di tensione ciclica, $L = CSR$, ovvero:

$$FL = R/L = CRR/CSR$$

Sono stati considerati per la verifica i risultati delle prove SPT eseguite lungo i sondaggi eseguiti presso le aree di Sarezzo e S. Vigilio. Per quanto riguarda l'area di Lumezzane, il materiale terrigeno è caratterizzato da poche prove SPT che hanno fornito risultati molto elevati. Le uniche prove

La magnitudo di riferimento è stata scelta sulla base del valore di magnitudo più frequente che è stato ricavato a partire dalle indicazioni dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia del Dicembre 2011, che ha messo a disposizione la Mappa di Pericolosità Sismica (aggiornata al 2011) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa per differenti probabilità di eccedenza (è stato considerato il 5%) in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.

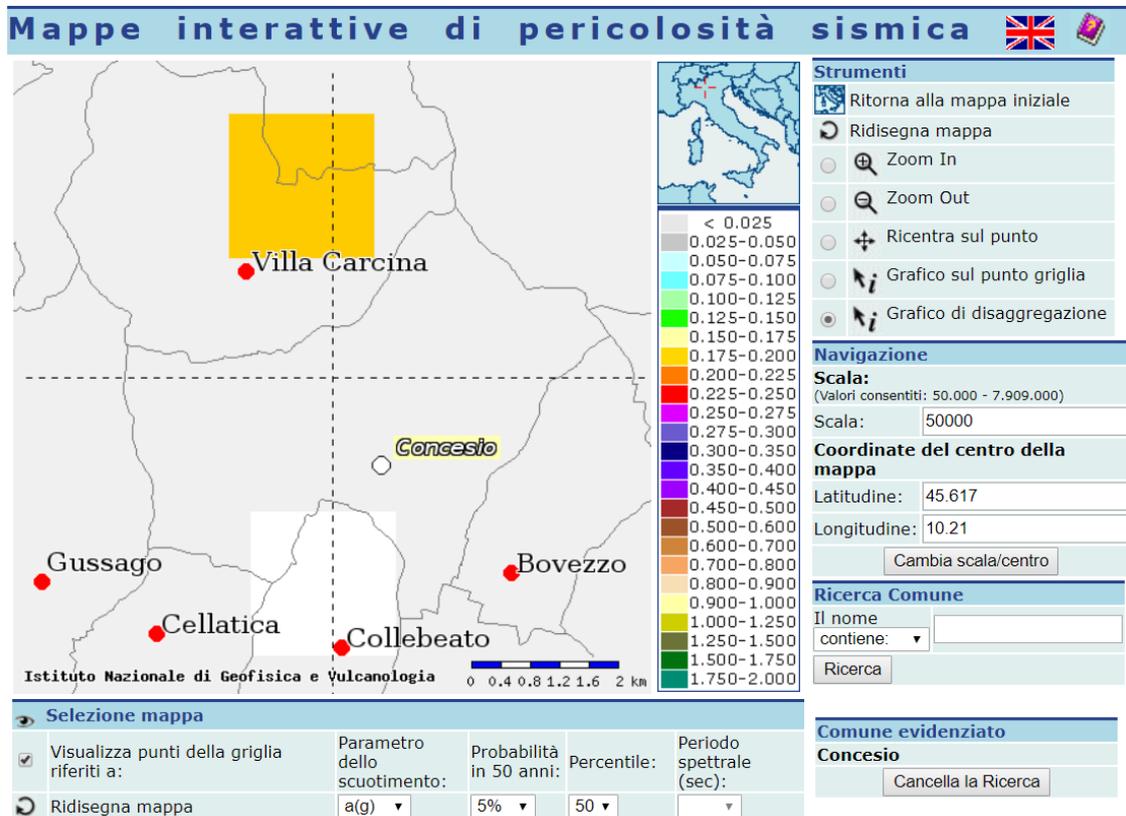


Figura 4-19: Mappa interattiva per determinazione magnitudo – Concesio

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

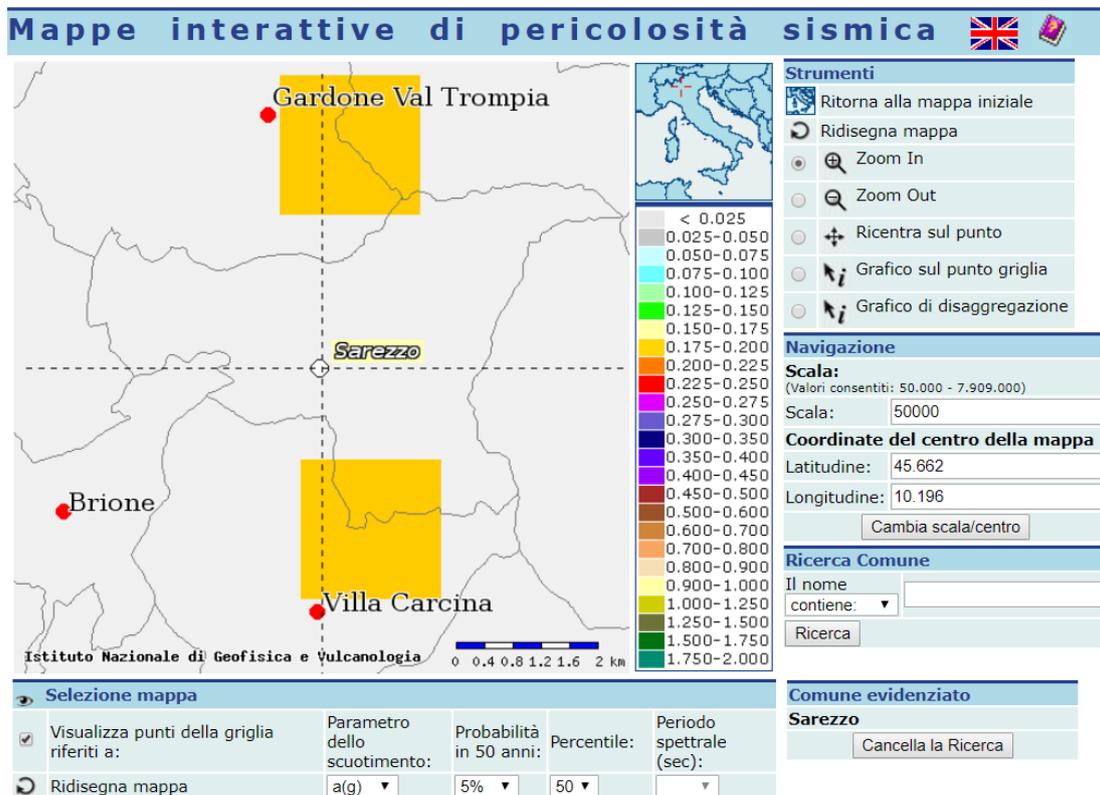


Figura 4-20: Mappa interattiva per determinazione magnitudo – Sarezzo

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

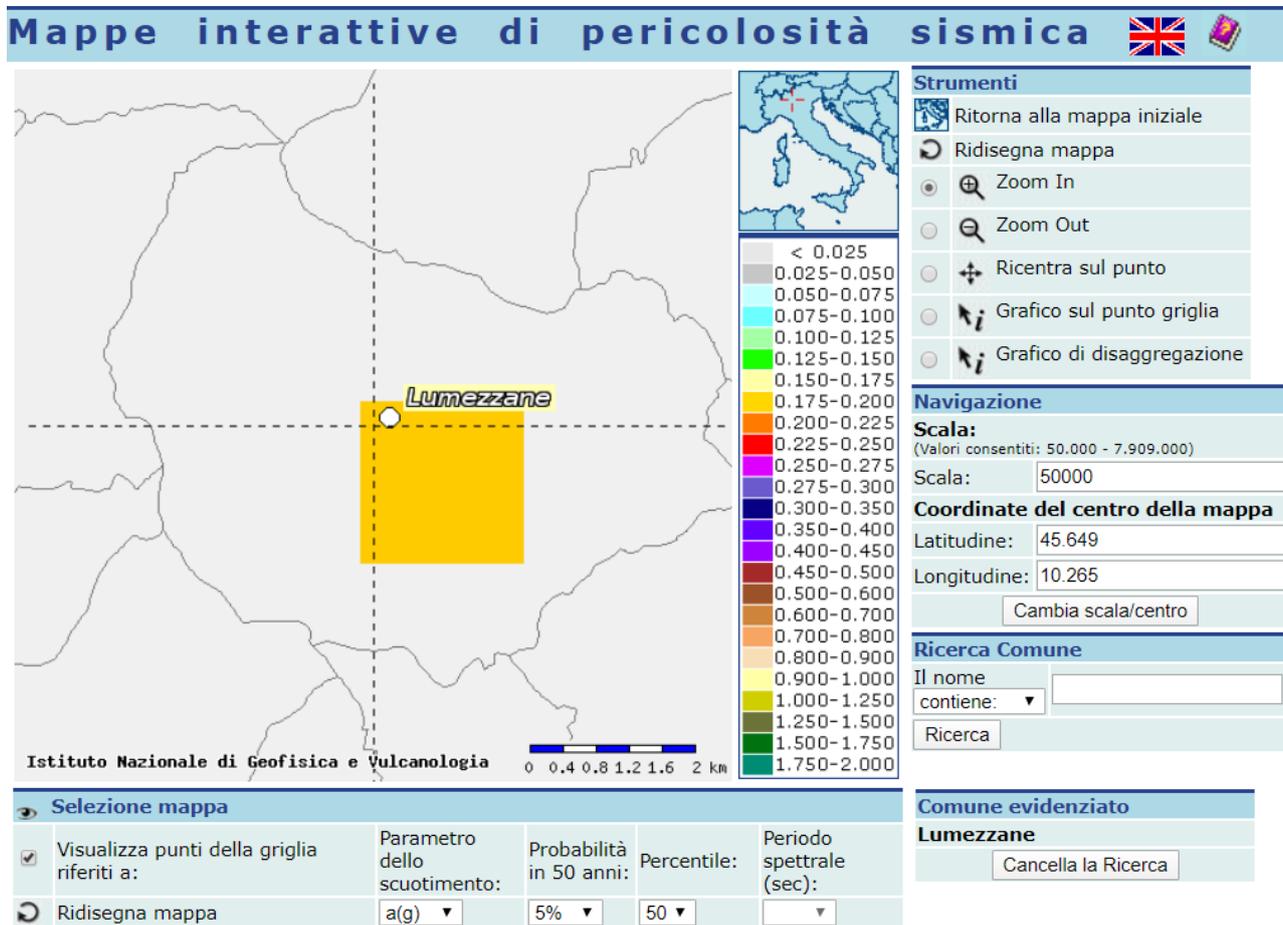


Figura 4-21: Mappa interattiva per determinazione magnitudo – Lumezzane

Nella figura seguente si riporta la mappa di Disaggregazione del valore di ag.

RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

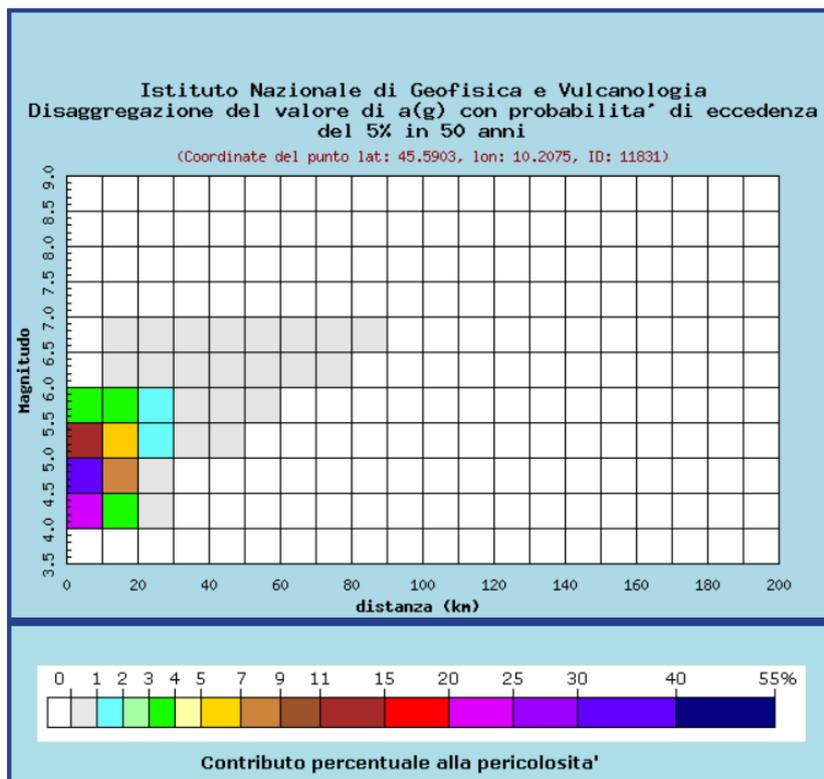


Figura 4-22: Diagramma Disaggregazione di ag con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni - Concesio

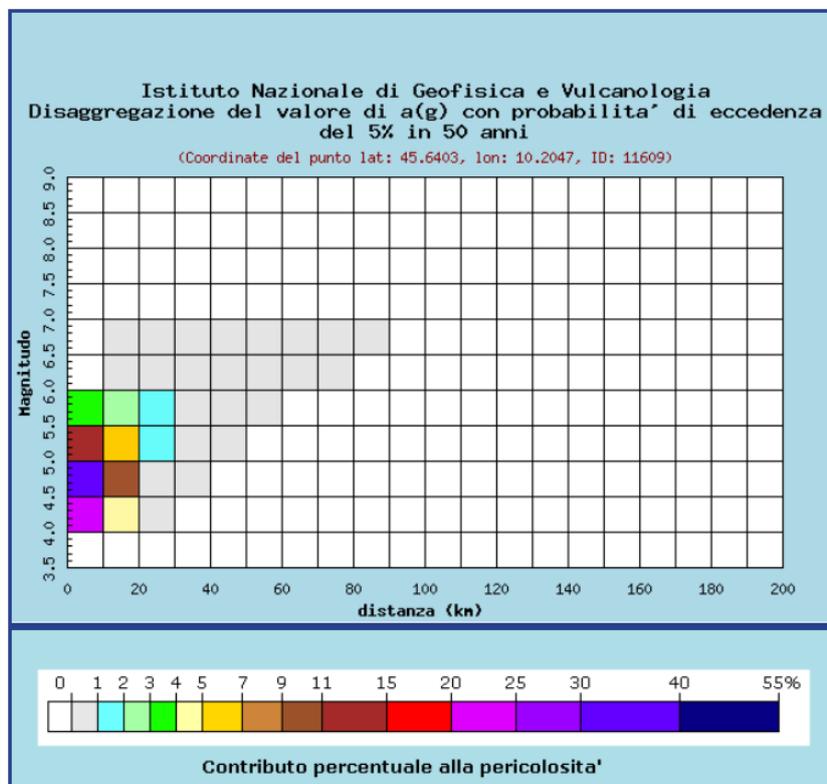


Figura 4-23: Diagramma Disaggregazione di ag con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni – Sarezzo

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

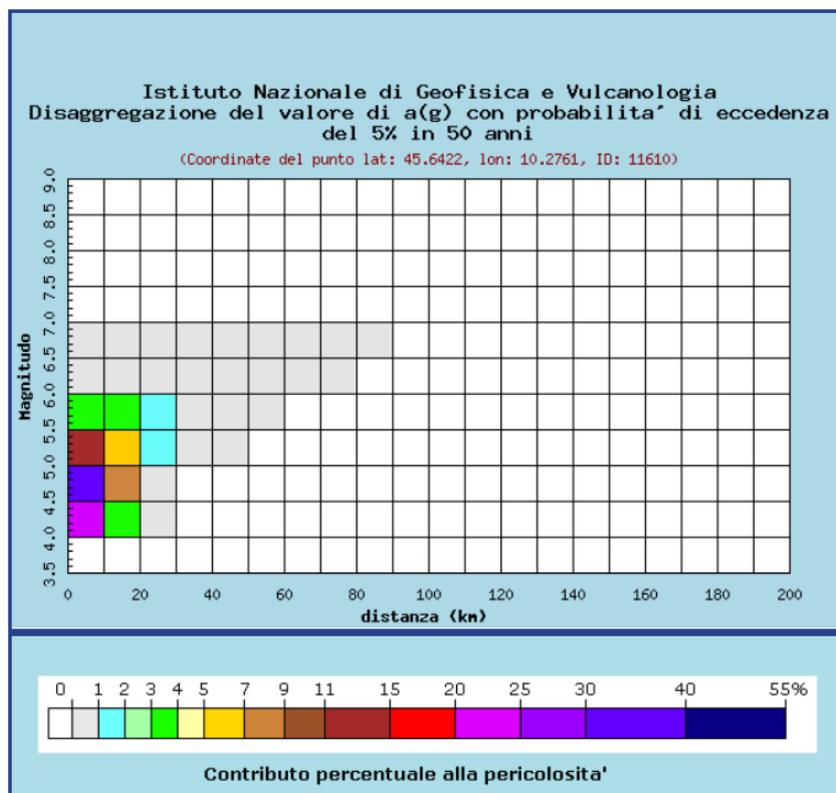


Figura 4-24: Diagramma Disaggregazione di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni – Lumezzane

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.5903, lon: 10.2075, ID: 11831)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	24.000	33.500	12.300	3.150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.560	8.570	6.170	3.050	0.774	0.102	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.012	0.614	1.350	1.180	0.623	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.124	0.300	0.263	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.001	0.049	0.094	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.032	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.840	7.960	0.946

Figura 4-25: Tabella Disaggregazione di ag con probabilita' di eccedenza del 5% in 50 anni - Concesio

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.6403, lon: 10.2047, ID: 11609)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	24.100	33.300	12.100	3.070	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.090	9.240	6.170	2.700	0.386	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.023	0.640	1.270	1.080	0.563	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.159	0.353	0.308	0.057	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.063	0.107	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.037	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.820	8.080	0.937

Figura 4-26: Tabella Disaggregazione di ag con probabilita' di eccedenza del 5% in 50 anni - Sarezzo

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.6422, lon: 10.2761, ID: 11610)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	23.600	33.100	12.300	3.230	0.056	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.540	8.680	6.410	3.290	0.969	0.127	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.008	0.509	1.190	1.120	0.673	0.108	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.123	0.337	0.324	0.062	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.001	0.053	0.102	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.032	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.850	8.060	0.961

Figura 4-27: Tabella Disaggregazione di ag con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni - Lumezzane

Dalle figure sopra riportate si ricava che la condizione più probabile di pericolosità sismica corrisponde a quella avente magnitudo compresa tra 4.5 e 5.0 a una distanza compresa tra 5 e 10 km dall'area di intervento. Il valore medio di magnitudo M è pari a 4.84 per l'area di Concesio, pari a 4.82 per l'area di Sarezzo e pari a 4.85 per l'area di Lumezzane. Tale valore sarà utilizzato in sede di verifica.

Si riporta di seguito il riepilogo dei risultati della verifica.

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

z [m]	N	CSR	CRR	FS=CRR/CSR	Verifica
1.5	70.0	0.06	5224653446760.07	89223503538845.70	ok
3.0	68.0	0.06	20.61	365.63	ok
6.0	41.0	0.07	0.27	4.07	ok
9.0	47.0	0.07	0.23	3.45	ok
12.0	39.0	0.06	0.17	2.72	ok
15.0	46.0	0.06	0.17	2.97	ok
18.0	38.0	0.05	0.14	2.74	ok
21.0	28.0	0.04	0.11	2.52	ok
3.0	76.0	0.06	103.34	1833.30	ok
6.0	63.0	0.07	0.65	9.75	ok
12.0	36.0	0.06	0.16	2.60	ok
15.0	32.0	0.06	0.14	2.44	ok
18.0	50.0	0.05	0.16	3.17	ok
21.0	53.0	0.04	0.15	3.38	ok
24.0	58.0	0.04	0.15	3.65	ok
27.0	33.0	0.04	0.11	2.90	ok
3.0	24.0	0.06	0.24	4.28	ok
9.0	22.0	0.07	0.14	2.10	ok
10.5	21.0	0.06	0.13	2.00	ok
14.0	25.0	0.06	0.12	2.16	ok
19.5	21.0	0.05	0.38	8.02	ok
21.6	26.0	0.04	1.13	25.68	ok
24.0	25.0	0.04	0.36	8.78	ok
27.0	31.0	0.04	0.81	21.30	ok
30.0	30.0	0.04	0.33	8.99	ok
1.5	4.0	0.06	0.10	1.78	ok
3.0	6.0	0.06	0.11	1.93	ok
4.5	21.0	0.05	0.16	2.98	ok
6.0	20.0	0.06	0.14	2.47	ok
9.0	15.0	0.06	0.11	1.88	ok
12.0	5.0	0.06	0.09	1.68	ok
15.0	20.0	0.05	0.92	17.77	ok
18.0	23.0	0.05	0.84	17.87	ok
1.5	7.0	0.06	0.14	2.40	ok
3.0	36.0	0.06	0.45	8.04	ok
6.0	47.0	0.07	0.33	4.94	ok
7.5	49.0	0.07	0.28	4.13	ok
9.0	42.0	0.07	0.21	3.13	ok
10.5	32.0	0.06	0.16	2.48	ok
12.0	25.0	0.06	0.13	2.15	ok
15.0	33.0	0.06	0.14	2.48	ok
3.0	60.0	0.06	5.48	97.13	ok
6.0	58.0	0.07	0.51	7.65	ok
12.0	40.0	0.06	0.17	2.76	ok
15.0	52.0	0.06	0.18	3.21	ok
18.0	49.0	0.05	0.16	3.14	ok
21.0	47.0	0.04	0.14	3.17	ok
3.0	56.0	0.06	3.12	55.39	ok
6.0	61.0	0.07	0.59	8.81	ok
15.0	36.0	0.06	0.14	2.59	ok
18.0	41.0	0.05	0.14	2.85	ok

Figura 4-28: Risultati verifica di liquefazione – S. Vigilio

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

z [m]	N	CSR	CRR	FS=CRR/CSR	Verifica
2.0	6.0	0.06	0.13	2.22	ok
5.0	6.0	0.05	0.09	1.75	ok
8.5	27.0	0.06	0.15	2.56	ok
3.1	15.0	0.10	0.28	2.65	ok
7.2	22.0	0.09	0.18	2.01	ok
12.5	41.0	0.07	0.19	2.64	ok

Figura 4-29: Risultati verifica di liquefazione – S. Vigilio

z [m]	N	CSR	CRR	FS=CRR/CSR	Verifica
1.7	24.0	0.06	0.68	11.71	ok
1.5	10.0	0.06	0.19	3.17	ok
3.0	9.0	0.06	0.13	2.29	ok
4.5	41.0	0.05	0.28	5.19	ok
6.0	3.0	0.05	0.08	1.52	ok
7.5	66.0	0.05	0.27	5.51	ok

Figura 4-30: Risultati verifica di liquefazione – Lumezzane

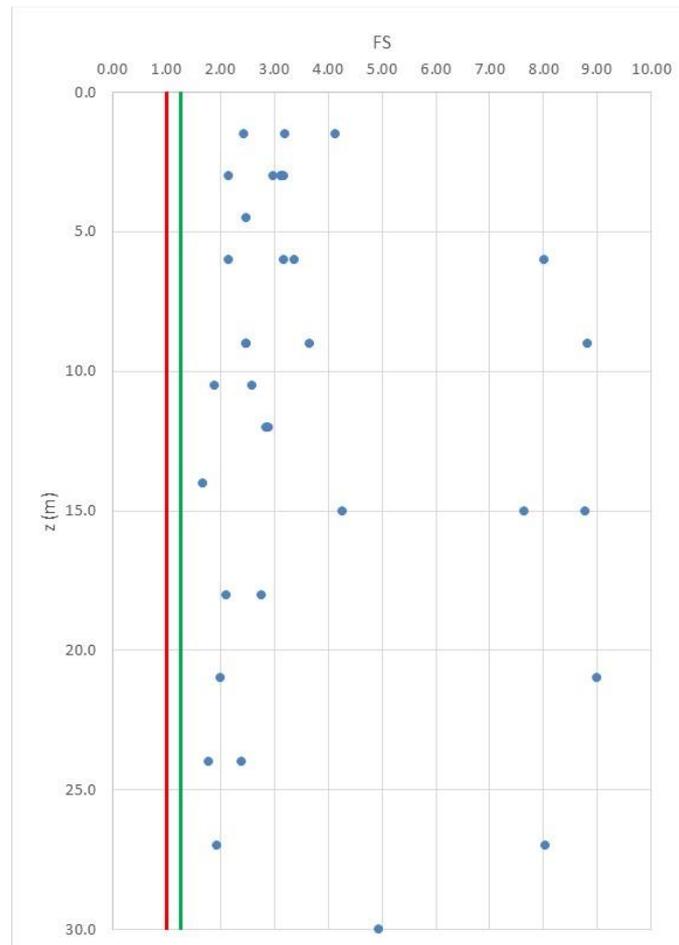


Figura 4-31: Riepilogo fattore di sicurezza liquefazione – S. Vigilio

**RACCORDO AUTOSTRADALE TRA L'AUTOSTRADA A4 E LA
VALTROMPIA
PREDISPOSIZIONE COLLEGAMENTO CONCESIO – LUMEZZANE
AD UNICA CARREGGIATA
1° LOTTO FUNZIONALE**

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

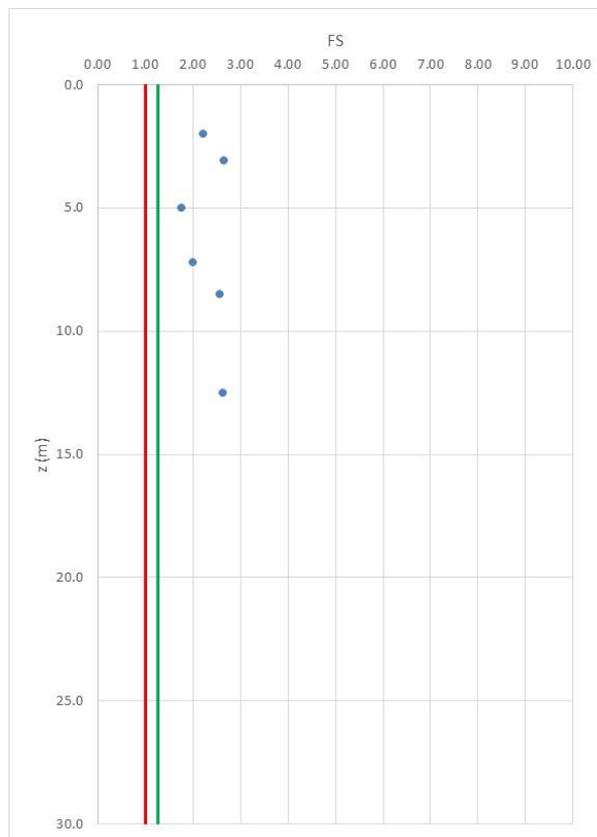


Figura 4-32: Riepilogo fattore di sicurezza liquefazione – Sarezzo

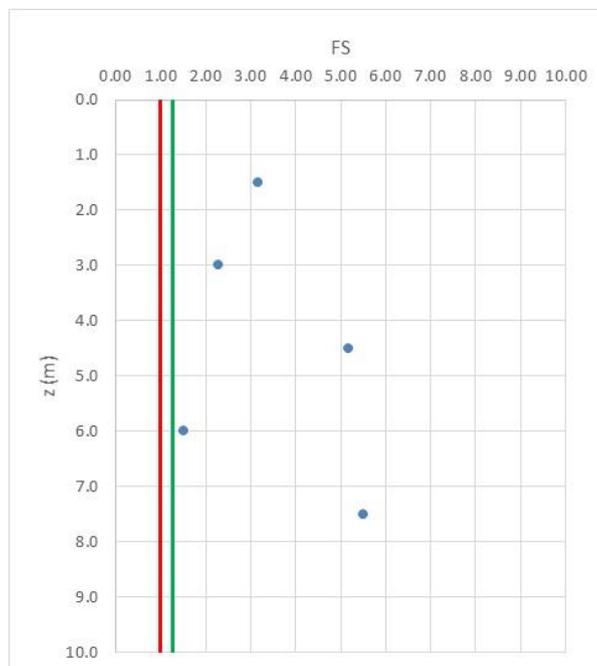


Figura 4-33: Riepilogo fattore di sicurezza liquefazione – Lumezzane

Con riferimento alla tabella e alla figura sopra riportate, si evince che la verifica di liquefazione sulla base delle prove SPT porta a fattori di sicurezza in tutti i casi superiori a 1.25 e pertanto le verifiche sono soddisfatte.