

**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: 	 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	

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Relazione geologica e geomorfologica

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □		CODICE FILE GEO0001_05		REVISIONE	SCALA:
CODICE ELAB. PVT 00000 R GEO 0001		05		-	
05	Sesta emissione	Agosto 2023	E.Stramacci	E.Stramacci	G.Piazza
04	Quinta emissione	01/02/2021	R.Pedone	A.Aliotta	A.Del Grosso
03	Quarta emissione	02/07/2020	R.Pedone	A.Aliotta	A.Del Grosso
02	Terza emissione	20/04/2020	R.Pedone	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. INTRODUZIONE.....	6
1.1. DOCUMENTAZIONE TECNICA	9
1.2. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	9
2. IMBOCCO E GALLERIA DI CODOLAZZA.....	10
2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	10
2.1.1. <i>Inquadramento geologico</i>	10
2.1.2. <i>Inquadramento geomorfologico</i>	14
2.1.3. <i>Inquadramento idrogeologico</i>	15
2.2. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO	16
2.2.1. <i>Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci</i>	16
2.2.2. <i>Sismicità</i>	18
2.3. ASSETTO STRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO AREA DI PROGETTO	24
3. IMBOCCO E GALLERIA DI SAREZZO.....	29
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	29
3.1.1. <i>Inquadramento geologico</i>	29
3.1.2. <i>Inquadramento geomorfologico</i>	32
3.1.3. <i>Inquadramento idrogeologico</i>	34
3.2. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO	34
3.2.1. <i>Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci</i>	34
3.3. SISMICITA'	36
3.4. ASSETTO STRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO AREA DI PROGETTO	41
4. GALLERIA ARTIFICIALE DI S. VIGILIO	45
4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	45
4.1.1. <i>Inquadramento geologico</i>	45
4.1.2. <i>Inquadramento geomorfologico</i>	48
4.1.3. <i>Inquadramento idrogeologico</i>	49
4.2. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO	49
4.2.1. <i>Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci</i>	49
4.2.2. <i>Sismicità</i>	51
4.3. ASSETTO STRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO AREA DI PROGETTO	56
5. GALLERIA NATURALE CODOLAZZA-SAREZZO/VAL GOBBIA.....	60
5.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	60
5.1.1. <i>Inquadramento geologico</i>	60
5.1.2. <i>Inquadramento geomorfologico</i>	63
5.1.3. <i>Inquadramento idrogeologico</i>	64
5.2. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO	66
5.2.1. <i>Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci</i>	66
5.3. SISMICITA'	68
5.4. ASSETTO STRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO AREA DI PROGETTO	71
6. IMBOCCO E BRETELLA DI LUMEZZANE	76
6.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	76
6.1.1. <i>Inquadramento geologico</i>	76

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

6.1.2.	<i>Inquadramento geomorfologico</i>	78
6.1.3.	<i>Inquadramento idrogeologico</i>	80
6.2.	INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO	80
6.2.1.	<i>Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci</i>	80
6.3.	SISMICITA'	82
6.4.	ASSETTO STRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO AREA DI PROGETTO	87
7.	CONCLUSIONI	91

FIGURE FUORI TESTO

FIGURA 1: CARTA E SEZIONE GEOLOGICA IMBOCCO DI CODOLAZZA

FIGURA 2: CARTA E SEZIONE GEOLOGICA IMBOCCO DI SAREZZO

FIGURA 3: CARTA E SEZIONE GEOLOGICA GALLERIA ARIFICIALE S. VIGILIO

APPENDICE A: Stratigrafie dei sondaggi campagne 2004 e 2019

**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 Figure

FIGURA 1.1: AREA DI INTERVENTO PRESSO IMBOCCO DI CODOLAZZA	6
FIGURA 1.2: AREA DI INTERVENTO PRESSO IMBOCCO DI SAREZZO.....	6
FIGURA 1.3: AREA DI INTERVENTO GALLERIA ARTIFICIALE DI S.VIGILIO.....	7
FIGURA 1.4: AREA DI INTERVENTO GALLERIA NATURALE DA VILLA CARCINA A SAREZZO/LUMEZZANE	7
FIGURA 1.5: AREA DI INTERVENTO IMBOCCO GALLERIA VAL GOBBIA E RACCORDO STRADALE PER LUMEZZANE	8
FIGURA 2.1: SEZIONE SINCLINALE DI COSTORIO (A) E CARTA GEOLOGICA DELL'AREA IN ESAME (♦ IMBOCCO GALLERIA E -- TRATTO STRADALE)	12
FIGURA 2.2: CARTA DEI DISSESTI DEL PROGETTO IFFI (♦ IMBOCCO GALLERIA E ○ AREA TRATTO STRADALE DI IMBOCCO; ● FRANA; ▣ AREE SOGGETTE A CROLLO; ■ SCIVOLAMENTO)	14
FIGURA 2.3: CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DEL PRG DI VILLA CARCINA (♦ IMBOCCO GALLERIA E ○ AREA TRATTO STRADALE DI IMBOCCO)	15
FIGURA 2.4: CONDIZIONI ATTUALI DEL VERSANTE DELL'IMBOCCO DI CODOLAZZA	15
FIGURA 2.5: CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO DEL PAI (♦ IMBOCCO E ○ AREA TRATTO STRADALE DI IMBOCCO)	16
FIGURA 2.6: MAPPA DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE NELL'AREA CIRCOSTANTE CONCESIO (DISS WORKING GROUP, 2018) (♦ SITO)....	17
FIGURA 2.7:MAPPA DELLE FAGLIE 'CAPACI' NELL'AREA CIRCOSTANTE CONCESIO (SGI - ISPRA, 2018)) (♦ SITO).....	18
FIGURA 2.8: MAGNITUDO DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO PARI A 25 KM DA VILLA CARCINA/CONCESIO, ESTRATTI DAL DATABASE ISIDE (♦ SITO).....	19
FIGURA 2.9: INTENSITÀ MASSIMA RISENTITA DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO PARI A 40 KM DA VILLA CARCINA/CONCESIO, ESTRATTI DAL CPTI15 (♦ SITO).....	19
FIGURA 2.10: INTENSITÀ MASSIME DEI TERREMOTI RISENTITI A VILLA CARCINA/CONCESIO, ESTRATTE DAL CPTI15 DAL 1550	20
FIGURA 2.11: CARTA DELLE ACCELERAZIONI MASSIME DEL SUOLO (DA INGV) NELL'AREA DEL SITO (♦ SITO).....	21
FIGURA 2.12: ANALISI DI DISAGGREGAZIONE PER DEFINIZIONE TERREMOTO DOMINANTE DELL'AREA	22
FIGURA 2.13: INDAGINI 2019 NELL'AREA DEL SITO	24
FIGURA 2.14: AREA DELLA PIANA DI FONDOVALLE (A) E L'AREA DELL'IMBOCCO DELLA GALLERIA ARTIFICIALE (B)	25
FIGURA 2.15: AFFIORAMENTO STRATI DELLA FORMAZIONE 'ROSSO AD APTICI' SUL VERSANTE DI IMBOCCO GALLERIA	26
FIGURA 2.16: PROIEZIONE DISCONTINUITÀ SULLA SEMISFERA INFERIORE DI SCHMIDT (A) E CARATTERISTICHE DISCONTINUITÀ (B).....	27
FIGURA 2.17: CAROTA DI CONGLOMERATO CEMENTATO ('CEPPO').....	28
FIGURA 3.1: SEZIONE SINCLINALE DI COSTORIO (A) E CARTA GEOLOGICA (B) DELL'AREA IN ESAME (♦ SITO)	31
FIGURA 3.2: CARTA DEI DISSESTI DEL PROGETTO IFFI (♦ IMBOCCO GALLERIA; ● FRANA; ▣ AREE SOGGETTE A CROLLO).....	33
FIGURA 3.3: CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO DEL PAI (♦ IMBOCCO GALLERIA).....	33
FIGURA 3.4: CONDIZIONI ATTUALI DEL VERSANTE DELL'IMBOCCO DI SAREZZO	34
FIGURA 3.5: MAPPA DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE NELL'AREA CIRCOSTANTE SAREZZO (DISS WORKING GROUP, 2018) (♦ SITO)	35
FIGURA 3.6: MAPPA DELLE FAGLIE 'CAPACI' NELL'AREA CIRCOSTANTE SAREZZO (SGI - ISPRA, 2018)) (♦ SITO)	36
FIGURA 3.7: MAGNITUDO DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO PARI A 25 KM DA SAREZZO, ESTRATTI DAL DATABASE ISIDE (♦ SITO)	37
FIGURA 3.8: INTENSITÀ MASSIMA RISENTITA DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO PARI A 40 KM DA SAREZZO/VILLA CARCINA, ESTRATTI DAL CPTI15 (♦ SITO)	37
FIGURA 3.9: INTENSITÀ MASSIME DEI TERREMOTI RISENTITI A SAREZZO, ESTRATTE DAL CPTI15 DAL 1550	38
FIGURA 3.10: CARTA DELLE ACCELERAZIONI MASSIME DEL SUOLO (DA INGV) NELL'AREA DEL SITO (♦ SITO).....	39
FIGURA 3.11: ANALISI DI DISAGGREGAZIONE PER DEFINIZIONE TERREMOTO DOMINANTE DELL'AREA	40
FIGURA 3.12: SONDAGGI DELLE CAMPAGNE DI INDAGINI 2004 (PIN VERDI) E 2019 (PIN GIALLI).....	41
FIGURA 3.13: STESA MASW (♦) E RILIEVO RGM1 (◇)DELLE INDAGINI 2019 NELL'AREA DEL SITO.....	42
FIGURA 3.14: PARETE ROCCIOSA RILEVAMENTO GEOMECCANICO RGM1	43




**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 3.15: PROIEZIONE DISCONTINUITÀ SULLA SEMISFERA INFERIORE DI SCHMIDT (A) E CARATTERISTICHE DISCONTINUITÀ (B).....	44
FIGURA 4.1: CARTA GEOLOGICA DELL'AREA IN ESAME ( SITO) (ISPRA, 2011).....	46
FIGURA 4.2: CARTA DEI DISSESTI DEL PROGETTO IFFI ( ZONA GALLERIA ARTIFICIALE;  FRANA;  AREE SOGGETTE A CROLLO;  SCIVOLAMENTO).....	48
FIGURA 4.3: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DI ESONDAZIONE DAL PGRA DELL'ADB DEL FIUME PO ( SITO).....	49
FIGURA 4.4: MAPPA DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE NELL'AREA CIRCOSTANTE CONCESIO (DISS WORKING GROUP, 2018) ( SITO)....	50
FIGURA 4.5: MAPPA DELLE FAGLIE 'CAPACI' NELL'AREA CIRCOSTANTE CONCESIO (SGI - ISPRA, 2018)) ( SITO).....	51
FIGURA 4.6: MAGNITUDO DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO PARI A 25 KM DA CONCESIO, ESTRATTI DAL DATABASE ISIDE (INGV)) ( SITO)..	52
FIGURA 4.7: INTENSITÀ MASSIMA RISENTITA DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO PARI A 40 KM DA CONCESIO, ESTRATTI DAL CPTI15 ( SITO)....	52
FIGURA 4.8: INTENSITÀ MASSIME DEI TERREMOTI RISENTITI A CONCESIO ESTRATTE DAL CPTI15 DAL 1550	53
FIGURA 4.9: CARTA DELLE ACCELERAZIONI MASSIME DEL SUOLO (DA INGV) NELL'AREA DEL SITO ( SITO).....	54
FIGURA 4.10: ANALISI DI DISAGGREGAZIONE PER DEFINIZIONE TERREMOTO DOMINANTE DELL'AREA	55
FIGURA 4.11: UBICAZIONE INDAGINI TRACCIATO GALLERIA ARTIFICIALE	56
FIGURA 4.12: PLANIMETRIA INDAGINI INTEGRATIVE DEL 2019	57
FIGURA 4.13: UBICAZIONE PROVA DOWN-HOLE (DWH) E PROVA SISMICA MASW	58
FIGURA 4.14: VELOCITÀ DELLE OPNE P E S DALLA PROVA DOWN-HOLE NEL SONDAGGIO S01-DH	58
FIGURA 5.1: CARTA GEOLOGICA (A) E SEZIONE GEOLOGICA (B) DELL'AREA IN ESAME (ISPRA, 2011).....	62
FIGURA 5.2: CARTA DEI DISSESTI DEL PROGETTO IFFI PRESSO: (A) CODOLAZZA, (B) SAREZZO E (C) VALGOBBIA.....	64
FIGURA 5.3: UBICAZIONE DELLE SORGENTI 22.L, 22.L ALTA E 22.L BASSA.....	65
FIGURA 5.4 : MAPPA DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE NELL'AREA CIRCOSTANTE SAREZZO ( SITO)	67
FIGURA 5.5: MAPPA DELLE FAGLIE 'CAPACI' NELL'AREA CIRCOSTANTE SAREZZO (SGI - ISPRA, 2018)) ( SITO)	67
FIGURA 5.6: MAGNITUDO DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO PARI A 25 KM DA SAREZZO, ESTRATTI DAL DATABASE ISIDE (INGV)) ( SITO)	68
FIGURA 5.7: INTENSITÀ MASSIMA RISENTITA DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO PARI A 40 KM DA SAREZZO/VILLA CARCINA, ESTRATTI DAL CPTI15 ( SITO).....	69
FIGURA 5.8: INTENSITÀ MASSIME DEI TERREMOTI RISENTITI A SAREZZO, ESTRATTE DAL CPTI15 DAL 1550	69
FIGURA 5.9: CARTA DELLE ACCELERAZIONI MASSIME DEL SUOLO (DA INGV) NELL'AREA DEL SITO ( SITO).....	71
FIGURA 5.9: PLANIMETRIA DELLE CAMPAGNE DI INDAGINI 2004 (SONDAGGI PIN VERDI) E 2019 (SONDAGGI PIN BLU E STESE SISMICHE TRACCE ROSSE) PRESSO (A) CODOLAZZA-VILLA CARCINA E (B) SAREZZO.....	72
FIGURA 5.10: SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA (PROGETTO 2004)	73
FIGURA 5.11: INTERSTRATO ARGILLITICO MARNOSO.....	74
FIGURA 5.12: UBICAZIONE DELLE TRE SORGENTI E FOTO UNA DELLE TRE SORGENTI DEL VERSANTE DI VILLA CARCINA.....	74
FIGURA 6.1: CARTA GEOLOGICA (A) E SEZIONE GEOLOGICA (B) DELL'AREA IN ESAME (ISPRA, 2011).....	78
FIGURA 6.2: CARTA DEI DISSESTI DEL PROGETTO IFFI PRESSO ( IMBOCCO GALLERIA;  AREE SOGGETTE A CROLLO;  AREA SOGGETTA A FRANA SUPERFICIALE;  SCIVOLAMENTO)	79
FIGURA 6.3: CARTA DEI DISSESTI DELAL'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL PAI PROGETTO IFFI PRESSO ( IMBOCCO GALLERIA,  BRETELLA) .	80
FIGURA 6.4 : MAPPA DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE NELL'AREA CIRCOSTANTE SAREZZO/LUMEZZANE ( SITO).....	81
FIGURA 6.5: MAPPA DELLE FAGLIE 'CAPACI' NELL'AREA CIRCOSTANTE SAREZZO (SGI - ISPRA, 2018)) ( SITO)	82
FIGURA 6.6: MAGNITUDO DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO PARI A 25 KM DA LUMEZZANE, ESTRATTI DAL DATABASE ISIDE (INGV)) ( SITO)	83
FIGURA 6.7: INTENSITÀ MASSIMA RISENTITA DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO PARI A 40 KM DA LUMEZZANE, ESTRATTI DAL CPTI15 ( SITO) .	84
FIGURA 6.8: INTENSITÀ MASSIME DEI TERREMOTI RISENTITI A LUMEZZANE, ESTRATTE DAL CPTI15 DAL 1500.....	84

**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 6.9: CARTA DELLE ACCELERAZIONI MASSIME DEL SUOLO (DA INGV) NELL'AREA DEL SITO ( SITO).....	85
FIGURA 6.10: ANALISI DI DISAGGREGAZIONE PER DEFINIZIONE TERREMOTO DOMINANTE DELL'AREA.....	87
FIGURA 6.11: UBICAZIONE DEI SONDAGGI (IN ROSSO ) DELLE INDAGINI DEL 2004.....	88
FIGURA 6.12: UBICAZIONE DEI SONDAGGI () E DELLE STESE SISMICHE DEL 2019.....	88
FIGURA 6.13: STESA SISMICA T4.....	90

**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. INTRODUZIONE

Il presente documento si inserisce all'interno della Perizia di Variante Tecnica (PVT) al Progetto Esecutivo presentato nel 2016 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. L'area considerata è inerente alla tratta 3 (Concesio-Lumezzane) nell'ambito del Progetto Esecutivo del "Raccordo Autostradale Ospitaletto–Brescia–Val Trompia".

La presente relazione geologica è stata specificatamente redatta a corredo della progettazione:

- dell'imbocco della galleria di Codolazza (Figura 1.1) e del tratto stradale di progetto presso l'imbocco nella piana di fondovalle in sponda sinistra del fiume Mella al limite amministrativo tra i comuni di Villa Carcina e Concesio;



Figura 1.1: Area di intervento presso imbocco di Codolazza

Fonte: GoogleMaps

- dell'imbocco della galleria di Sarezzo (Figura 1.2), nel comune di Sarezzo, e del tratto stradale di progetto presso l'imbocco nella piana di fondovalle in sponda sinistra del fiume Mella prossimo al limite amministrativo con il Comune di Villa Carcina;

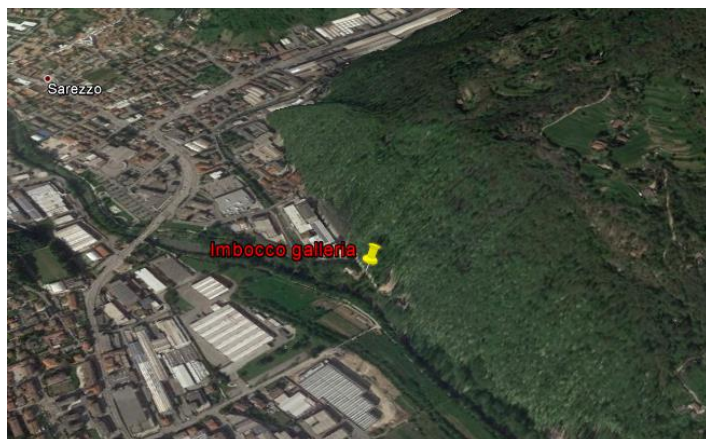


Figura 1.2: Area di intervento presso imbocco di Sarezzo

Fonte: GoogleMaps

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

- della galleria artificiale di S.Vigilio (Figura 1.3) nel comune di Concesio;



Figura 1.3: Area di intervento galleria artificiale di S.Vigilio

Fonte: GoogleMaps

- della galleria naturale tra Codolezzo (Villa Carcina), Sarezzo e Val Gobbia (Figura 1.4), che interessa i comuni di Villa Carcina e Sarezzo;

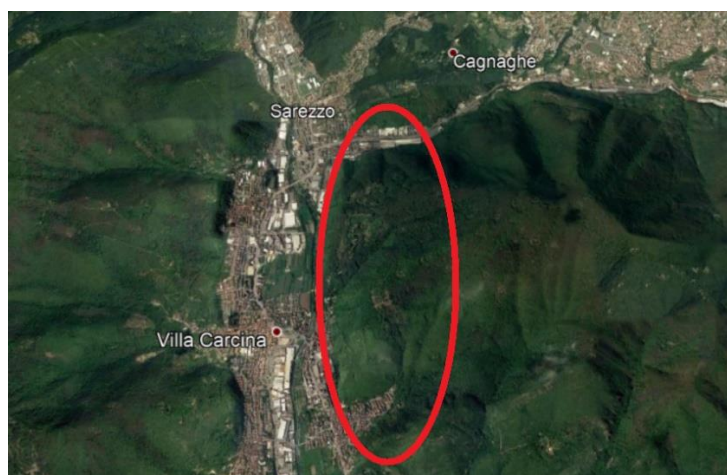


Figura 1.4: Area di intervento galleria naturale Da Villa Carcina a Sarezzo/Lumezzane

Fonte: GoogleMaps

- dell'imbocco della galleria per la Val Gobbia (Figura 1.5), nel comune di Sarezzo, e al raccordo stradale con la città di 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 1.5: Area di intervento imbocco galleria Val Gobbia e raccordo stradale per Lumezzane

Fonte: GoogleMaps

Scopo della relazione è l'analisi delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito in base a quanto previsto dal Decreto 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle 'Norme Tecniche per le Costruzioni' al fine di valutare la compatibilità dell'opera con le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche del sito.

Sulla base dell'analisi della bibliografia esistente e delle relazioni e studi geologici precedentemente svolti nei dintorni delle quattro aree, il presente documento riporta l'inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico, l'inquadramento tettonico e sismico, e l'assetto stratigrafico locale delle quattro aree di progetto.

In particolare il documento è articolato nei seguenti capitoli:

- introduzione (Capitolo 1), con descrizione dei documenti tecnici esaminati (Paragrafo 1.1) e della bibliografia consultata opere (Paragrafo 1.2);
- area di progetto imbocco galleria di Codolazza e del tratto stradale di progetto presso l'imbocco nella piana di fondovalle in sponda sinistra del fiume Mella (Capitolo 2), con l'inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico (Paragrafo 2.1), l'inquadramento tettonico e sismico (Paragrafo 2.2) e descrizione dell'assetto stratigrafico e idrogeologico dell'area di progetto (Paragrafo 2.3);
- area di progetto imbocco galleria di Sarezzo (Capitolo 3), con l'inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico (Paragrafo 3.1), l'inquadramento tettonico e sismico (Paragrafo 3.2) e descrizione assetto stratigrafico e idrogeologico dell'area di progetto (Paragrafo 3.3);
- area di progetto galleria artificiale di S. Vigilio (Capitolo 4), con l'inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico (Paragrafo 4.1), l'inquadramento tettonico e sismico (Paragrafo 4.2) e descrizione dell'assetto stratigrafico e idrogeologico dell'area di progetto (Paragrafo 4.3);
- area di progetto galleria naturale di Codolazza-Sarezzo-Val Gobbia (Capitolo 5), con l'inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico (Paragrafo 5.1), l'inquadramento tettonico e sismico (Paragrafo 5.2) e descrizione assetto stratigrafico e idrogeologico dell'area di progetto (Paragrafo 5.3);
- area di progetto imbocco galleria di Val Gobbia (Capitolo 6), con l'inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico (Paragrafo 6.1), l'inquadramento tettonico e sismico (Paragrafo 6.2) e descrizione assetto stratigrafico e idrogeologico dell'area di progetto (Paragrafo 6.3);
- conclusioni e raccomandazioni (Capitolo 7).

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica, sismica e le verifiche di liquefazione si fa riferimento ai contenuti degli elaborati di progetto 'Relazione di caratterizzazione geotecnica' (Doc. GTC0001) e 'Relazione di caratterizzazione sismica' (Doc. GTC0002), a cui si rimanda per maggiori dettagli.

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

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.

1.1. DOCUMENTAZIONE TECNICA

Per l'elaborazione del presente documento è stata consultata la seguente documentazione messa a disposizione dal Cliente:

- Relazione Geologica e Geomorfologica – Progetto Esecutivo “Raccordo Autostradale tra L'Autostrada A4 e la Valtrompia”, TECHNITAL S.p.A. – SPEA Ingegneria Europea S.p.A. – SINA Società Iniziative Nazionali Autostradali S.p.A. – T.E.C.N.I.C. S.p.A. – ROCKSOIL S.p.A, Ottobre 2005 [1];
- Relazione Tecnica – ‘Servizio di Indagini Geologiche e Geotecniche e Prove di Laboratorio ai fini dell'Aggiornamento del Progetto Esecutivo’, Tecnosuolo, Aprile 2019 [2];
- Relazione Tecnica – ‘Documentazione Indagini Geognostiche Progetto Esecutivo’, Tecnoin Solutions, Gennaio 2020 [3];

1.2. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

I riferimenti bibliografici presi in considerazione sono i seguenti:

- ISPRA, 2011, Carta Geologica d'Italia Foglio 99 Iseo Sc. 1:50:000 [4];
- Autorità dei Bacini (AdB) del Fiume Po: Atlante dei Rischi Idraulici e Idrogeologici [5];
- ISPRA, 2016, Progetto IFFI: Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia [6];
- DISS Working Group, 2018, Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1; <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/DISS321> [7];
- ITHACA Working Group, 2019, ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx> [8];
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), 2016, 'ISIDe working group (2016) version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe' [9];
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), 2015, Database Macrosismico Italiano 1 (DBMI11), <http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI11/> [10];
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), 2008, 'Mappe interattive di Pericolosità Sismica' (Progetto DPC-INGV-S1) [11];
- Studi geologici per il P.R.G dei comuni di Villa Carcina e di Concesio [12]
- Studi geologici per il P.R.G del comune di Sarezzo [13];
- Castaldini D. e M. Panizza, 1991, 'Inventario delle faglie attive tra il fiume Po e Piave e il lago di Como (Italia Settentrionale), Il Quaternario 4 (2), pp 333-410 [14];

2. IMBOCCO E GALLERIA DI CODOLAZZA

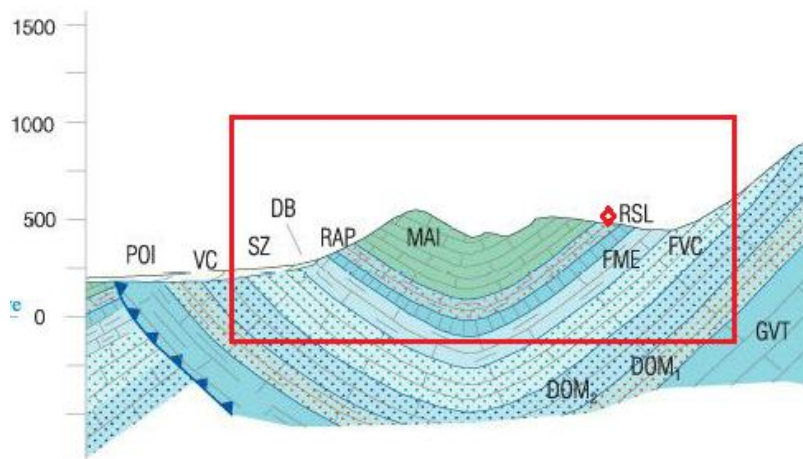
2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Questa sezione fornisce un inquadramento degli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area circostante l'imbocco della galleria di Codolazza e del tratto stradale di progetto presso l'imbocco nella piana di fondovalle in sponda sinistra del fiume Mella.

2.1.1. Inquadramento geologico

Il substrato roccioso del fondovalle del F. Mella e dei versanti montuosi del Dosso Corno circostanti l'area in esame è rappresentato da formazioni calcaree e silicee appartenenti alla successione giurassica del fianco settentrionale della vasta sinclinale che interessa strutturalmente questa parte di territorio: la sinclinale di Costorio.

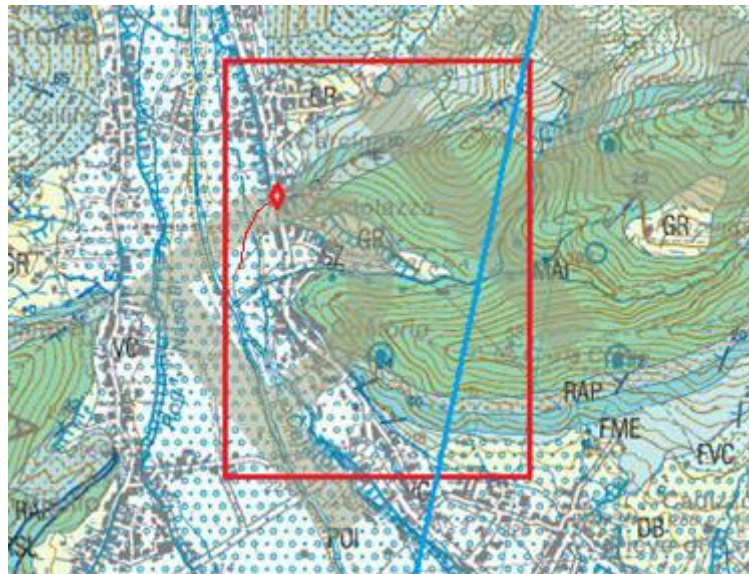
La sinclinale di Costorio, terziaria, ad asse a direzione orobica Est Ovest in corrispondenza della Val di Condigolo, caratterizza la vasta area circostante il Monte Palosso con la tipica forma a «catino» con unità litostratigrafiche più recenti al centro («Maiolica» - Titoniano sup.) e più antiche ai bordi («Corna»-Sinemuriano). La cornice rossa delle figure seguenti (Figura 2.1a e 2.1b) evidenziano, su una sezione ed una pianta, l'insieme delle formazioni rocciose della sinclinale e delle coperture alluvionali plio-quadernarie affioranti nell'area circostante il sito in esame (ISPRA, 2011) [4].



(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



(b)

Legenda

- SINTEMA DEL PO**

 POI
 Diamicton massivi o grossolanamente stratificati, a prevalente supporto di matrice; ghiaie eterometriche a supporto clastico; clasti di provenienza locale (depositi di versante). Limi e limi argillosi massivi, con clasti sparsi (depositi colluviali). Ghiaie poligeniche da massive a stratificate con locali livelli di sabbie e limi (depositi alluvionali). Depositi palustri e di torbiera. Travertini. Superficie limite superiore caratterizzata da morfologie ben conservate o ancora in evoluzione; profilo di alterazione con profondità inferiore a 50 cm; colore della matrice 2,5 Y ÷ 10 YR. *PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE*
- SUPERSINTEMA DEL FIUME MELLA**

 VC
 Ghiaie poligeniche a supporto clastico (depositi fluviali). Ghiaie monogeniche a supporto clastico, grossolanamente stratificate; cementazione variabile, pervasiva (depositi di versante e falde detritiche). Superficie limite superiore polifasica, con morfologie ben conservate; copertura loessica assente; profilo di alterazione pluridecimetrico dove non eroso dall'attività antropica, colore della matrice 10 ÷ 7,5 YR. *PLEISTOCENE SUPERIORE*
- GRUPPO DI PRATO GRANDE**

 GR
 Diamicton, ghiaie massive o mal stratificate, a prevalente supporto di matrice, da centimetriche a decimetriche; limi argillosi massivi; clasti di provenienza locale; locale cementazione (depositi di versante s.l., con locali inclusioni di depositi fluviali di conoide e lacustri; *grèzes litées*). Superficie limite superiore poligenica e polifasica, con morfologie da ben conservate ad erose; profilo di alterazione con profondità molto variabile; colore della matrice 10 ÷ 5 YR. *PLIOCENE SUPERIORE (?) - PLEISTOCENE*
- SUPERSINTEMA DI DOSSO BAIONE**


 DB
 Limi massivi con clasti spigolosi diffusi; ghiaie a supporto clastico; clasti esclusivamente residuali (selce) (depositi di versante e di conoide). Superficie limite superiore polifasica, con morfologie terrazzate; spessore del profilo di alterazione plurimetrico; colore della matrice 7,5 ÷ 5 YR. *PLEISTOCENE INFERIORE (?) - PLEISTOCENE MEDIO*
- MAIOLICA**

 MAI
 Calcarei pelagici (calcilutiti) biancastri e grigio-chiari, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, a frattura concoide, con stiloliti. Noduli e liste di selce, bionda alla base e grigio-nera verso l'alto. Nella porzione superiore sono presenti interstrati di argilliti nere, livelli intraformazionali risedimentati e *slumping*. Verso la base sono presenti calcari marnosi rosati e verdognoli in strati da centimetrici a decimetrici ("calcarei variegati"), che segnano la transizione al Rosso ad Aptici. Il contenuto fossilifero è costituito da calpionelle, aptici, foraminiferi, radiolari, e frequenti associazioni a nannofossili calcarei. Spessore: 200-250 m. *TITONIANO SUPERIORE - APTIANO INFERIORE*

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

GRUPPO DEL 'SELCIFERO LOMBARDO' SM

- ROSSO AD APTICI**
 RAP
 Calcari marnosi, marne calcaree e marne, spesso silicee, di colore prevalentemente rosso, in banchi e strati, con selce rossastra o talora verdognola per lo più disposta in listarelle. Il passaggio con la soprastante Maiolica è di norma caratterizzato dalla presenza di "calcari variegati", rosati e verdognoli, e localmente da facies brecciate (riferibili presso Polaveno al Valanginiano inferiore). Sono presenti aptici, belemniti e, nelle microfacies, anche radiolari, rare spicole di spugna, ostracodi e lamellibranchi pelagici. Calcitorbiditi a *Saccocoma* sono presenti nei livelli di età Kimmeridgiano superiore. Spessore: 35-85 m. *KIMMERIDGIANO SUPERIORE - TITTONIANO INFERIORE*
- RADIOLARITI DEL SELCIFERO LOMBARDO**
 RSL
 Selci policrome in strati centimetrici, di colore prevalentemente verdastro nella parte inferiore e rosso nella parte superiore. Localmente si osservano intercalazioni di marne e argilliti. Spessore: 35-65 m. *BATHONIANO INFERIORE (?) - KIMMERIDGIANO INFERIORE*

GRUPPO DI CONCESIO CC

- FORMAZIONE DEI CALCARI MEDOLOIDI**
 FME
 (corrispondente al membro dei "Calcari medoloidi" della formazione di Concesio Auct.) Calcari (calcilutiti) e calcari marnosi grigi, bioturbati con listarelle centimetriche di selce, in banchi e strati separati da marne. Si alternano anche strati calcarenitici gradati e corpi ruditici. Alla sommità si riconosce una litozona caratterizzata da strati sottili rossastrati di calcare marnoso siliceo, ricca di lamellibranchi pelagici orientati. Sono presenti ammoniti riferibili alla *Z. Opalinum* dell'Aaleniano (*Tmetoceras* sp., *Leioceras* sp.) e associazioni a nannofossili calcarei. Spessore: 70-130 m. *AALENIANO - BATHONIANO INFERIORE (?)*
- FORMAZIONE DI VILLA CARCINA**
 FVC
 (corrispondente al membro dei "Calcari nocciola" della formazione di Concesio Auct.) Calciruditi fini e calcarenitici di colore bruno-nocciola, riccamente selciose, in banchi e strati gradati e laminati di natura torbiditica, contenenti frammenti litici e biogeni (abbondanti resti di crinoidi, echinidi e brachiopodi), intercalate a peliti e calcari marnosi. La base della formazione è caratterizzata da una litozona marnosa basale cui fa seguito un potente corpo ruditico ("slump del Caricatore"), esteso tra il Lago d'Isèo e la Val Trompia. Si rinvennero ammoniti e nannofossili calcarei. Spessore: 230-270 m. *TOARCIANO INFERIORE - AALENIANO p.p. ?*

GRUPPO DEL 'MEDOLO' MD

CALCARE DI DOMARO

- Membro superiore**
 DOM
 (a Est del Lago d'Isèo) Calcari (calcilutiti) e calcari marnosi di colore nocciola, biancastri all'alterazione, con noduli ferruginosi e con rare liste di selce bionda, in banchi metrici generati dal rinsaldamento di più strati, alternati ad orizzonti marnosi di spessore decimetrico. Si rinvennero numerose ammoniti, tra cui *Paltarpites* sp., *Fontanelliceras fontanellense*, *Dactylioceras* sp., *Paltarpites* cf. *jucundus*, *Lioceratoides* cf. *grecoi*, *Canavaria* cf. *naxensis*, *Emaciatoceras* gr. *archimedis*, *Arietoceras* gr. *algovianum*, *Arietoceras* gr. *bertrandi*. Spessore: 150-180 m. *DOMERIANO INFERIORE p.p. - TOARCIANO BASALE*
- Membro inferiore**
 (a Est del Lago d'Isèo) Banchi di calcare marnoso grigio-plumbeo, più chiaro e talora giallognolo all'alterazione, intensamente bioturbato, con noduli ferruginosi e listarelle discontinue di selce, in alternanza con marne scure, frequentemente fossilifere. Le ammoniti presenti sono rappresentate da *Rynesoceras ragazzonii*, *Arietoceras* aff. *apertum sensu* MEISTER, *Protogrammoceras* aff. *marianii*, *Fuciniceras lavinianum*. Spessore: 100-150 m. *CARIXIANO SOMMITALE - DOMERIANO INFERIORE p.p.*

CALCARE DI GARDONE VAL TROMPIA


- GVT**
 GVT
 Calcari (calcilutiti) grigio-nocciola in strati decimetrici, talora bioturbati, alternati a calcarenitici fini e calcisiltiti spongolitiche laminate, torbiditiche, ricche di liste e noduli di selce da marroncina a grigio-bluastro. Si riconoscono tra le ammoniti: *Reynesocoeloceras* aff. *simulans subplanulata*, *Protogrammoceras* gr. *mellahense-praecurioni*, *Metaderoceras* cf. *gemmellaroii*, *Uptonia* cf. *jamesoni*, *Amioceras* sp. Alla base dell'unità breccie e megabreccie per lo più di "Corna", localmente dolomitizzate ("Breccie Basali" GVT_a). Spessore: fino ad oltre 400 m. *HETTANGIANO p.p. (?) - CARIXIANO SUPERIORE*

Figura 2.1: Sezione Sinclinale di Costorio (a) e carta geologica dell'area in esame (♦ Imbocco galleria e -- tratto stradale)

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Come visibile nella Figura 2.1 (a) la successione inizia dal basso con il Gruppo del Medolo, formato dal Calcare di Gardone Val Trompia e Calcare di Domaro (Lias):

- il Calcare di Domaro (**DOM**) (Carixiano sommitale-Toarciano basale) è costituito da banchi di calcare marnoso grigio plumbeo, talora giallognolo all'alterazione, intensamente bioturbato ed attraversato da sottili listarelle discontinue di selce, in alternanza con pacchi di marna scura, frequentemente fossilifera; e
- il Calcare di Gardone Val Trompia (**GVT**) (Hettangiano-Carixiano Superiore) è formato da calcari grigio-nocciola in strati decimetrici, frequentemente selciosi, con interstrati marnoso-argillosi.

La successione prosegue con la Formazione di Concesio (Lias-Dogger), suddivisa in:

- Membro Superiore 'Calcarei Medoloidi' (**FME**) (Aaleniano-Bathoniano Inferiore), caratterizzato da calcari marnosi grigi, bioturbati e attraversati da sottili listarelle centimetriche di selce, in banche e strati separati da marne; e
- Membro Inferiore 'Torbiditico' (Formazione di Villa Carcina) (**FVC**) (Toarciano Inferiore-Aaleniano), costituito da calciruditi fini e calcareniti di colore bruno-nocciola, riccamente selciose, in banchi e/o strati gradati e laminati di natura torbiditica, contenenti frammenti sia litici che biogeni, intercalati a peliti e calcari marnosi.

Risulta anche presente una litozona, caratterizzata da intensa silicizzazione, che preannuncia il passaggio alle sovrastanti formazioni del Gruppo del Selcifero Lombardo (Dogger sup-Malm): la Formazione delle 'Radiolariti' e sovrastante 'Rosso ad Aptici':

- L'Unità del "Rosso ad Aptici" (**RAP**) (Kimmeridiano superiore-Titoniano inferiore), formata da calcari marnosi e marne calcaree, spesso silicei in strati sottili, di colore prevalentemente rosso, in banchi e strati, con selce rossastra o talora verdognola per lo più disposta in listarelle;
- L'Unità delle "Radiolariti del Selcifero Lombardo" (**RSL**) (Bathoniano inferiore-Kimmeridiano superiore), è costituita da calcari selciosi di colore rosso, verde o bruno, con interstrati argillosi e marnosi e livelli marnoso-calcarei.

Entrambe le unità risultano frequentemente interessate da peculiari intensi fenomeni deformativi a media e piccola scala.

Le unità delle "Radiolariti" e del "Rosso Aptici" soggiacciono alla formazione della 'Maiolica' (**MAI**) (Titoniano superiore-Aptiano inferiore) che conclude la sequenza della successione di questa parte di sinclinale in corrispondenza del Dosso Corno. La 'Maiolica' è caratterizzata da una porzione basale a facies massive di calcari bianchi, a frattura concoide, affioranti in banchi competenti, ed una porzione sommitale a calcari marnosi più sottili con intercalazioni marnoso-argillose, di colore da grigio a nocciola, ricchi di selci da bruno a nere. Frequentemente è interessata da fenomeni carsici con evidenti condotti beanti o con riempimento terroso.

Per quanto riguarda le coperture del substrato roccioso, i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici del fondovalle (**VC**) sono prevalentemente costituiti da ghiaie e sabbie, con grossi ciottoli, trovanti a matrice variabile essenzialmente sabbiosa o sabbioso-limosa.

Presso l'alveo si hanno i depositi fluviali medio-recenti e recenti delle piane alluvionali inondabili (**POI**), costituiti da ghiaie stratificate con matrice sabbiosa. Localmente sono presenti livelli e lenti limoso-sabbiose o limoso-argillose corrispondenti alle fasi di minore energia.

Completano il quadro geologico i vasti depositi di conoide (**DB**) agli sbocchi torrentizi su cui si estendono gli abitati di Carcina e Codolazza. Questi depositi, che si raccordano ai depositi detritici di versante (**GR**), sono costituiti da elementi rocciosi di varia pezzatura a spigoli vivi o parzialmente arrotondati immersi in una matrice limoso-argillosa di origine colluviale o eluviale.

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

2.1.2. Inquadramento geomorfologico

Dal punto di vista geomorfologico l'area del sito è rappresentata dalla piana di fondovalle in sponda sinistra del fiume Mella e dai versanti occidentali del monte 'Dosso Corno' (600m), propaggine occidentale del M. Palosso (1158m), vetta più elevata della corona prealpina della bassa Val Trompia.

Il paesaggio di questo tratto della bassa Val Trompia è rappresentato da:

- versanti montuosi boscati che presentano generalmente pendenze elevate, con piccole radure, in corrispondenza delle principali rotture di pendio, aventi estensione variabile e coltivate a prato;
- la fascia di raccordo tra i versanti montuosi e il fondovalle, caratterizzata da una acclività moderata, spesso terrazzata con coltivazioni specializzate;
- i conoidi di deiezione, talora terrazzati, prodotti dall'apporto di materiale trasportato dai torrenti e depositato al loro sbocco nella valle principale. Su di essi si sono sviluppati i nuclei storici di Carcina e Cogozzo;
- il fondovalle del F. Mella, a morfologia pianeggiante è fortemente interessato dall'espansione recente delle aree urbane con insediamenti di tipo residenziale e soprattutto industriale e artigianale.

Sia nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del F. Mella [5], che nel progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia) [6], non risultano censite e cartografate morfologie o fenomeni di dissesto geomorfologico e idrogeologico potenziale o in atto in corrispondenza dell'area di progetto. Il progetto IFFI, da dati storici, riporta un pendio soggetto a crolli diffusi a circa 400m Nord Est e un fenomeno di scivolamento rotazionale sul versante del 'Dosso Corno' rispettivamente a circa 200 e 400m Nord Est dell'area in studio (Figura 2.2).



Figura 2.2: Carta dei Dissesti del Progetto IFFI (◆ Imbocco Galleria e ○ area tratto stradale di imbocco; ● frana; ■ aree soggette a crollo; ■ scivolamento)

Con riferimento alla componente geologica, idrogeologica e sismica per il piano di governo del territorio (PRG di Villa Carcina [12]) e alla differente sensibilità del territorio comunale alle problematiche geologiche, geomorfologiche, sismiche e idrogeologiche, in base alla Carta della Fattibilità Geologica del Piano, il versante montuoso dell'imbocco della galleria è classificata come area 3b (*Versante con pendenza generalmente maggiore di 35% (20°) prevalentemente ricoperta da boschi con valenza ecologica paesaggistica, potenzialmente soggetti a fenomeni di dissesto geologico*), mentre la parte di fondovalle interessato dallo svincolo ricade in area 1 (*Fattibilità senza particolari limitazioni*) salvo la parte più meridionale dello svincolo che interessa l'area Ri (*Area di conoide quiescente mai interessata da fenomeni alluvionali*).

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



CLASSE 3 - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

- 3b 3b - Versanti con pendenze generalmente maggiori del 35% (20°) prevalentemente ricoperti da boschi, con valenze ecologico-paesaggistiche, potenzialmente soggetti a fenomeni di dissesto idrogeologico.
- 3h 3h - Area ad alta vulnerabilità degli acquiferi sotterranei.
- 3l 3l - Area di conoidi quiescenti ma interessata da fenomeni alluvionali documentati.

CLASSE 4 - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI

- 4c 4c - Frana attiva o area soggetta a crollo e rotolamento di massi (area Fa del PAI).

CLASSE 1 - FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

- 1

Figura 2.3: Carta della Fattibilità Geologica del PRG di Villa Carcina (♦ Imbocco Galleria e ○ area tratto stradale di imbocco)

Il versante interessato dall'opera a progetto tuttavia non evidenzia fenomeni di dissesto geomorfologico e idrogeologico potenziale o in atto (Figura 2.4)



Figura 2.4: Condizioni attuali del versante dell'imbocco di Codolazza

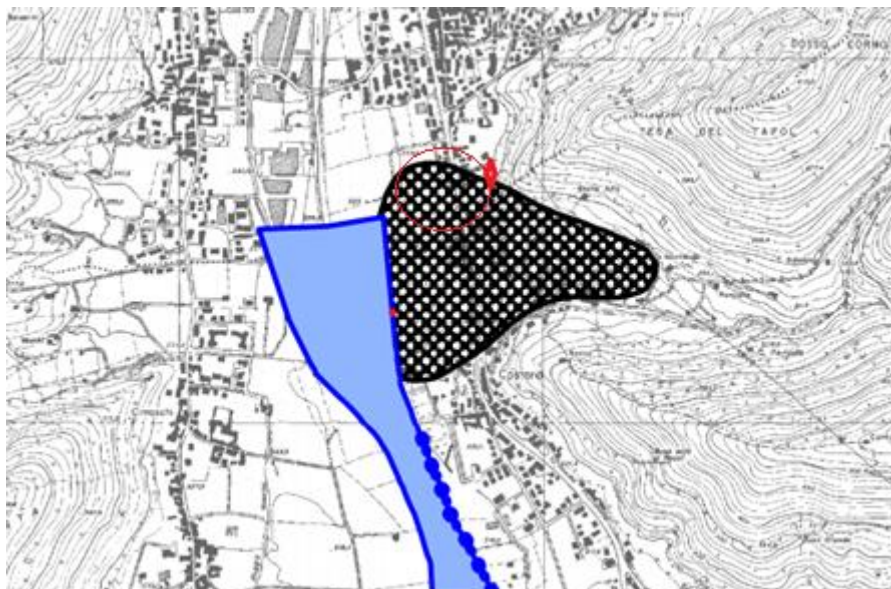
2.1.3. Inquadramento idrogeologico

Per quanto riguarda gli aspetti idrografici, il fiume Mella rappresenta il principale corso idrico della piana di fondovalle localizzato a qualche centinaio di metri ad ovest dell'area in esame. L'area di progetto non ricade in area classificata a rischio idraulico dal Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI) predisposto dall'Autorità dei Bacini (AdB) [5] (Figura 2.5). La zona di progetto ricade ai margini dell'area di conoidi attivo non protetta della figura 2.5 erroneamente estesa verso Nord dal PAI ad abbracciare l'area del sito di imbocco

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

che ricade invece evidentemente sul versante roccioso del rilievo 'Tesa del Tafol' (come da Figura 2.4) e la tratta di approccio che ricade invece sul materiale alluvionale del F. Mella.







-  Area di conoide attivo non protetta (Ca)
-  Area interessata dalla delimitazione delle fasce fluviali
-  Limite tra la fascia B e la Fascia C
-  Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C

Figura 2.5: Carta del Rischio Idraulico e Idrogeologico del PAI (♦ Imbocco e ○ area tratto stradale di imbocco)

L'intera area non è sottoposta a Vincolo Idrogeologico (RD 3267 del 30 dicembre 1923).

Nei versanti montuosi dell'area in esame, formati prevalentemente da formazioni rocciose calcaree marnose selcifere fratturate, la circolazione idrica avviene lungo le superfici di strato e i sistemi di fratturazione della roccia. Lungo questi sistemi di fratturazione possono essersi sviluppati fenomeni di dissoluzione carsica che aumentano la permeabilità delle compagini rocciose. Le formazioni rocciose dei versanti appartenenti al Selcifero Lombardo (Rosso ad Aptici e Radiolariti) presentano permeabilità che da valori tipici da bassi a medio bassi possono passare a medie per aumento del grado di fratturazione e fessurazione.

L'acquifero della piana di fondovalle, formato da depositi alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie spessi oltre 40m, ospita una falda freatica con livello profondo qualche decina di metri dal piano campagna. La permeabilità dell'acquifero di tipo poroso è caratterizzato da valori medio bassi.

2.2. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO

La sezione presenta gli aspetti rilevanti dell'assetto tettonico (strutture sismogenetiche e faglie capaci) e della sismicità dell'area.

2.2.1. Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci

Dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.2.0; <http://diss.rm.ingv.it/diss/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) [7]., l'area

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

di studio non ricade all'interno di strutture sismogenetiche singole (ISS) o composite (CSS) ¹. Tuttavia In base alla mappa di inquadramento sotto riportata (Figura 2.6) si evidenzia che l'area di studio è molto prossima, circa 4 chilometri, alla CSS classificata come ITCS010 "Western S-Alps Internal Thrusts", stimata per magnitudo massima M_W pari a 5.5. Questa struttura si estende a cavallo della regione ad ovest del Lago di Garda tra le città di Brescia (ad est) e Bergamo (ad ovest) e fa parte di un fronte interno di spinta del sistema di spinta delle Giudicarie Alpine meridionali. La struttura si presenta come un arco interno alpino Sud vergente, costituito dal sistema di faglie compressionali più meridionali delle Alpi.

Cataloghi storici e strumentali mostrano solo una distribuzione sparsa di sismicità intermedia lungo il colpo del fronte di spinta. In particolare i cataloghi storici elencano eventi di magnitudo nell'intervallo tra M_w 4,6 e 5,0, che potrebbero essere stati generati da sorgenti sismogenetiche appartenenti a questa sorgente composita.

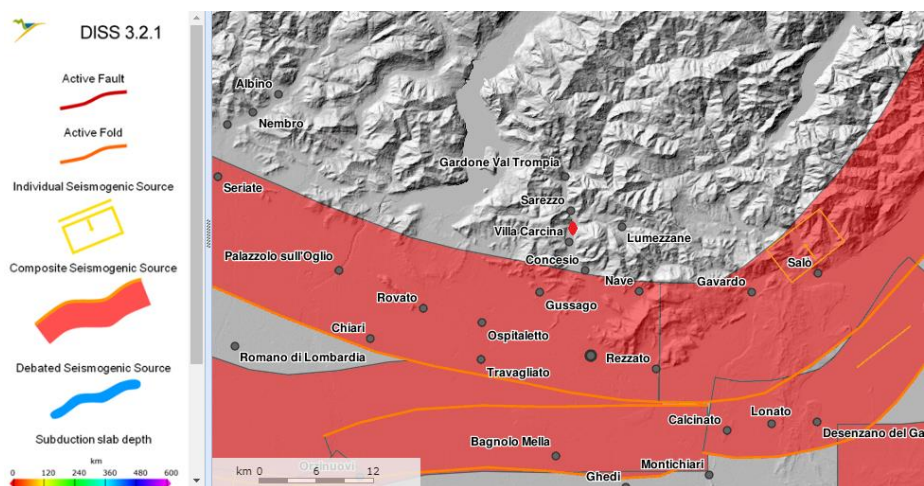


Figura 2.6: Mappa delle sorgenti sismogenetiche nell'area circostante Concesio

(Diss Working Group, 2018) (♦ Sito)

L'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo del Progetto Ithaca² in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) [8] non riporta faglie capaci in corrispondenza dell'area di studio (Figura 2.7). Come 'faglia capace' si indica il caso di faglia in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata. La faglia attiva e capaci più vicina è la faglia inversa 'Nave Gussago' con andamento est ovest localizzata a circa 1.5 km a sud del sito, identificata per morfologia e spostamento dei depositi del Pleistocene medio-tardo.

¹ ISS = Individual Seismogenic Source; CSS = Composite Seismogenic Source.

² ITHACA = ITaly HAZard from CApable faults.

**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 2.7: Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante Concesio

(SGI - ISPRA, 2018) (◆ Sito)

2.2.2. Sismicità

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV 'ISide'³ ("Italian Seismic Instrumental and parametric Data-Base") [9] (Figura 2.8) non evidenzia una particolare sismicità nell'area di Villa Carcina/Concesio. I terremoti registrati di magnitudo M_w maggiore di 4 più prossimi all'area di progetto risultano il sisma del 23 Novembre 1919 localizzato a Lumezzane di Magnitudo M_w 4.79 distante 5km dal sito, e il sisma del 30 Ottobre 1901 centrato a circa 23km in sponda ovest del Lago di Garda di Magnitudo M_w 5.44. I cataloghi riportano altri terremoti storici intensi nell'area circostante la zona in studio, come, in particolare, il terremoto di magnitudo M_w 6 denominato di 'basso Bresciano' avvenuto il 25-12-1222 con epicentro tra Brescia e Verona, ma presumibilmente localizzato in corrispondenza del Lago di Garda.

³ ISIDe working group (2016) version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe

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

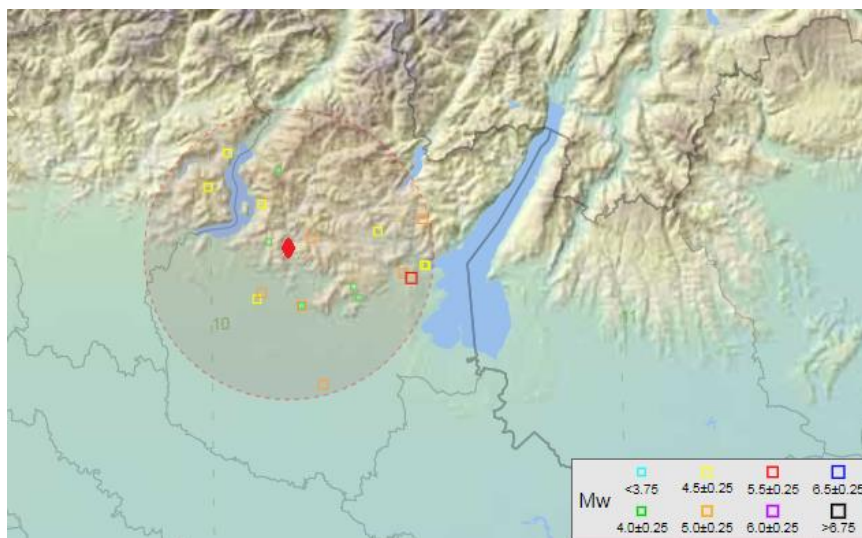


Figura 2.8: Magnitudo dei terremoti in un raggio pari a 25 km da Villa Carcina/Concesio, estratti dal database Iside (◆ Sito)

Fonte: Sito INGV, 2016

La figura seguente (Figura 2.9) riporta la sismicità in un cerchio di 40 km di raggio da Villa Carcina/Concesio dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI15) in termini di intensità massima risentita (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) [10]. Il CPTI15 fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita (I_{max}) ≥ 5 o magnitudo momento (M_w) ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

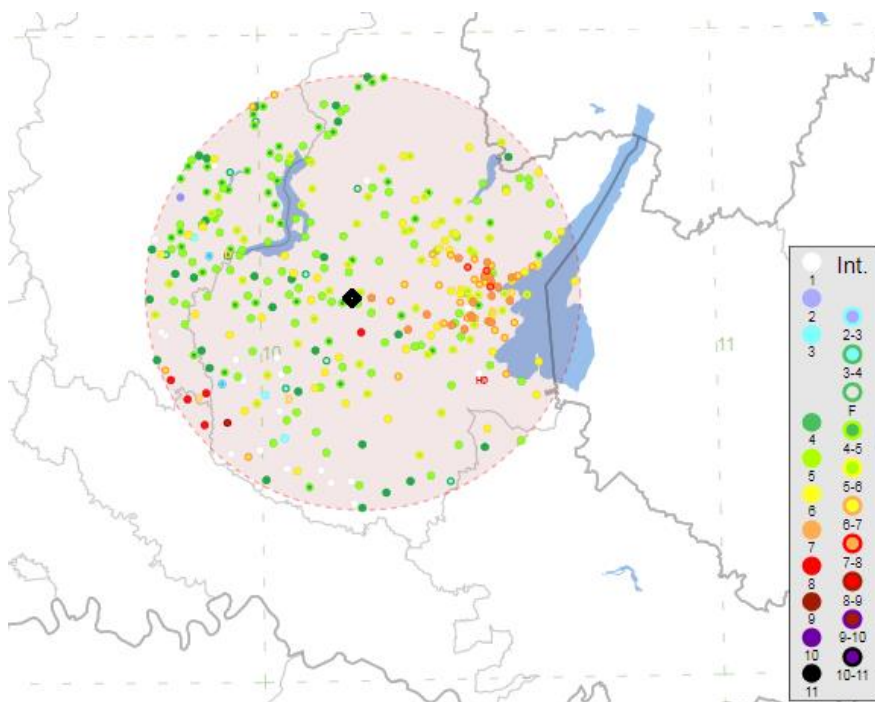


Figura 2.9: Intensità massima risentita dei terremoti in un raggio pari a 40 km da Villa Carcina/Concesio, estratti dal CPTI15 (◆ Sito)

Fonte: Sito INGV, 2015

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Relativamente agli effetti risentiti di 7 terremoti estratti da CPTI15 (Figura 2.10) la intensità massima (Imax) di risentimento per Villa Carcina/Concesio è pari a 5-6 come visibile dalla sequenza temporale delle massime intensità riportata nella lista sottostante e grafico sottostante (Figura 2.10).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
3-4	1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
4-5	1993	12	09	18	16	5	Lago d'Iseo	175	5	4.11
4	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
NF	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
5-6	2004	11	24	22	59	3	Garda occidentale	176	7-8	4.99
3-4	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36



Figura 2.10: Intensità massime dei terremoti risentiti a Villa Carcina/Concesio, estratte dal CPTI15 dal 1550

Fonte: Sito INGV, 2015

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto, sulla base del DGR della Lombardia dell'11 luglio 2014 n. 2129, entrata in vigore il 10 aprile 2016, ricade in un comune, quello di Villa Carcina, in cui possono verificarsi terremoti modesti. Il comune è classificato come **Zona 3** con Ag max pari a 0.146 (Villa Carcina) e .

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (ag) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni:

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Zona sismica	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (ag)
1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	$ag > 0.25$
2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti	$0.15 < ag \leq 0.25$
3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti	$0.05 < ag \leq 0.15$
4	E' la zona meno pericolosa	$ag \leq 0.05$

Dalla carta nazionale dell' INGV [11] che mostra graficamente per tutta l'Italia i valori di accelerazione (ag) espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti al substrato rigido caratterizzato da $V_s > 800\text{m/s}$ (Figura 2.11) per l'area in esame risultano valori di ag compresi tra $0.125 < ag \leq 0.150$.

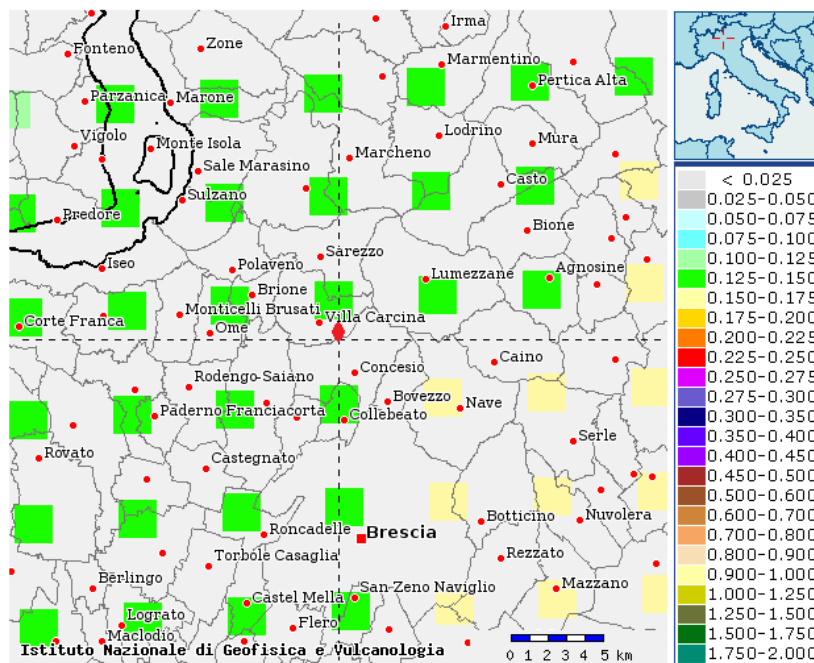


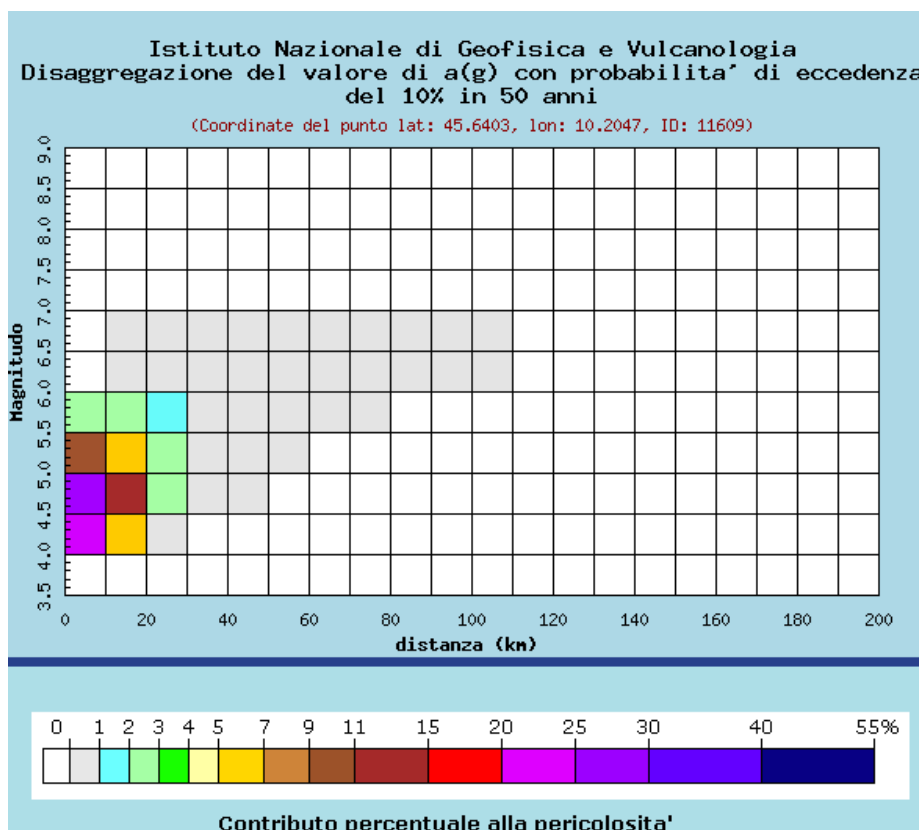
Figura 2.11: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (da INGV) nell'area del sito (♦ Sito)

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Fonte: Sito INGV, 2008

L'analisi di disaggregazione derivata dall' INGV [11] ha permesso di identificare come terremoto dominante lo scenario di pericolosità sismica dell'area un sisma di Magnitudo 4,8 ad una distanza di 9,9 km (Figura 2.12).



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% 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	22.400	28.400	9.070	2.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	6.710	12.500	6.840	2.570	0.329	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.506	2.030	2.070	1.360	0.581	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.164	0.572	0.591	0.388	0.064	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.077	0.174	0.164	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.003	0.045	0.072	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.031	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.013	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	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

Figura 2.12: Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area

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

2.3. ASSETTO STRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO AREA DI PROGETTO

L'inquadramento stratigrafico di progetto è stato derivato dai dati contenuti nelle relazioni delle indagini geologico-geognostiche integrative al progetto esecutivo eseguite nel 2019 [2][3], in quanto considerate esaustive e comprensive delle indicazioni delle risultanze delle precedenti indagini del progetto definitivo ed esecutivo.

La campagna di indagini ha compreso:

- 5 sondaggi a carotaggio continuo (S7/Pz, S7bis, S8, S9, S10/Pz) con prove S.P.T. spinti fino alla profondità di 30m. I sondaggi S7/Pz e S10/Pz sono stati attrezzati a piezometro;
- 1 sondaggio a carotaggio continuo (S6) con prove S.P.T. profondo 45m;
- 1 sondaggio a carotaggio continuo (S5/DWH) con prove S.P.T. profondo 40m con prova sismica down-hole;
- 1 Sondaggio orizzontale di lunghezza 100m (S11 or);
- 4 pozzetti esplorativi con escavatore (Pz6, Pz7, Pz8 e Pz9);
- 4 stendimenti M.A.S.W. (M5, M7, M8, M9) di lunghezza 60m;
- rilievo geomeccanico su affioramenti rocciosi (RGM2).

La seguente figura (Figura 2.13) mostra la ubicazione delle indagini.

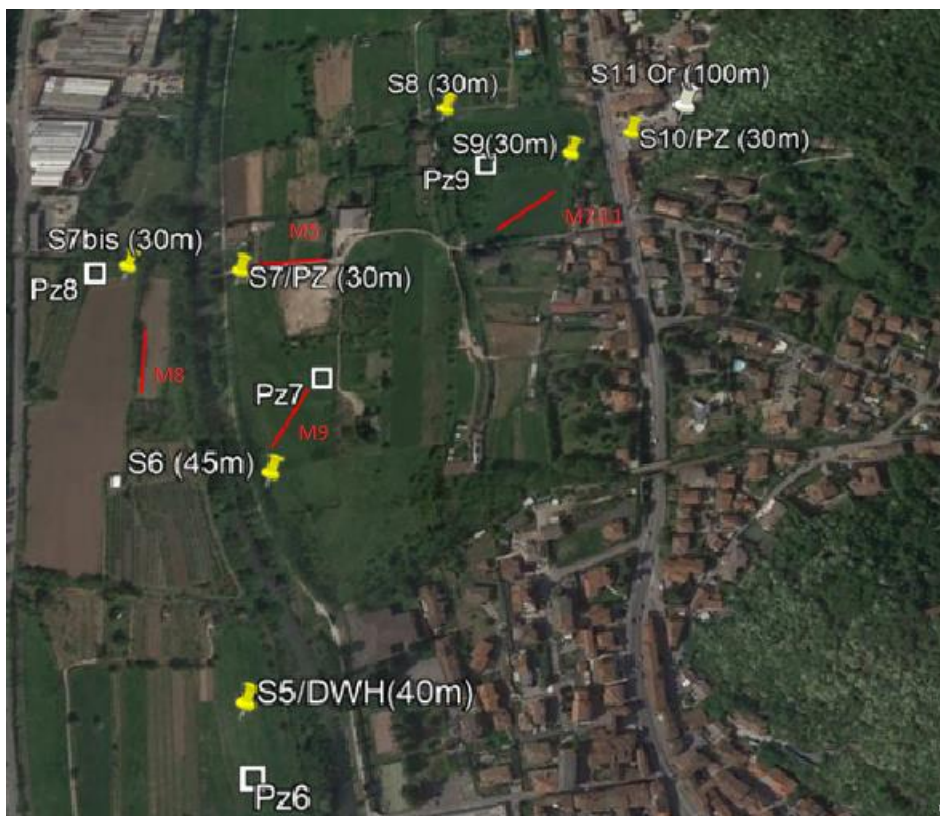


Figura 2.13: Indagini 2019 nell'area del sito

L'analisi dei dati (Figura 2.14) ha potuto definire due schemi stratigrafici dell'area in esame:

- una area (a) rappresentante la piana di fondovalle interessata dallo svincolo stradale (schema stratigrafico area tra i sondaggi S5/DWH a Sud, S6, S7/pz, S7 bis e S8 a Nord);
- una area (b) rappresentante il margine della piana di fondovalle in corrispondenza dell'imbocco della galleria artificiale (schema stratigrafico area tra i sondaggi S9, S10/pz e S11 or).

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

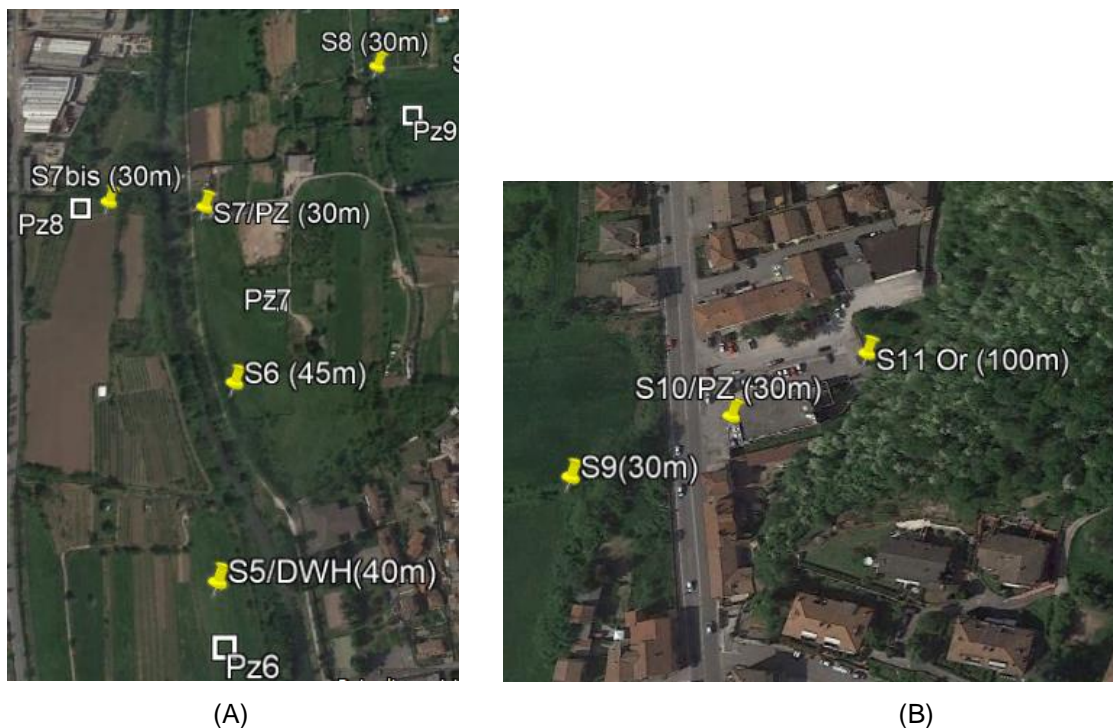


Figura 2.14: Area della piana di fondovalle (A) e l'area dell'imbocco della galleria artificiale (B)

Lo schema stratigrafico dell' area (a) tra i sondaggi S5/DWH a Sud, S6, S7/pz, S7 bis e S8 a Nord comprende i seguenti 4 strati sovrapposti, a partire dalla superficie:

- strato di copertura di spessore massimo 2m di limo-sabbioso debolmente argilloso di colore bruno-marrone;
- da circa 1-2m fino a circa 24-25m: strato alluvionale superficiale costituito generalmente da ghiaie e sabbie da medie a grossolane in matrice argilloso-limoso di colore marrone-grigiastro con abbondanti ciottoli e locali trovanti. Dalle indagini in sito, in particolare le prove penetrometriche standard (SPT), la prova down-hole e le prove in laboratorio, a queste coperture addensate può essere associato un angolo di attrito ϕ' di 30-35° e una velocità sismica V_p di circa 900m/s;
- da circa 24-25m fino a profondità comprese tra 32 e 40m: strato alluvionale litologicamente come lo strato sovrastante, ma caratterizzato dalla presenza di livelli brecciati/conglomeratici più o meno cementati. Dalle indagini in sito, in particolare le prove penetrometriche standard (SPT), la prova down-hole e le prove in laboratorio, per queste coperture può essere associato un angolo di attrito ϕ' di 35-40°, con un addensamento maggiore e una velocità sismica V_p maggiore, di circa 2800m/s;
- da profondità comprese tra 32 e 40m: substrato roccioso costituito da brecce/conglomeratici di colore marrone chiaro con ciottoli poligenici in matrice sabbiosa, cementati e più o meno alterati (RQD tra 37% e 88%). Dalle indagini in sito, in particolare la prova down-hole e le prove in laboratorio, il substrato roccioso può essere caratterizzato da un angolo di attrito ϕ' di 55° e una velocità sismica V_p di circa 4000m/s.

Lo schema stratigrafico area (b) tra i sondaggi S9, S10/Pz e S11 OR comprende i seguenti 3 strati sovrapposti, a partire dalla superficie:

- strato di copertura di spessore massimo 2.5 m di argilla di colore bruno-marrone, con locale presenza di piccoli ciottoli;
- da circa 1-2.5m fino a circa 18-25m: strato alluvionale superficiale costituito da sabbie da fini a grossolane con poco materiale fine argilloso-limoso di colore marrone-grigiastro con presenza di ciottoli poligenici e locali piccoli trovanti. Dalle indagini in sito, in particolare le prove penetrometriche

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

standard (SPT), e le prove in laboratorio, a queste coperture può essere associato un angolo di attrito ϕ' di 35-40°;

- da profondità comprese tra 18 e 25m: substrato roccioso costituito da calcari marnosi di colore da rossiccio a rosato variegati grigio e verde con venature di calcite (RQD tra 29% e 97%).

Per quanto riguarda il versante interessato dall'imbocco della galleria naturale, le osservazioni in sito, la cartografia geologica di riferimento presentata alla sezione 2.1 e Figura 2.1, e le risultanze del sondaggio orizzontale S11or [3] portano ad associare il substrato roccioso del versante alla formazione del "Rosso ad Aptici" (RAP), formata da calcari marnosi e marne calcaree, spesso silicei in strati sottili, di colore prevalentemente rosso, in banchi e strati, con selce rossastra o talora verdognola per lo più disposta in listarelle. La stratificazione del versante presenta direzione prevalente NW-SE con subordinate discontinuità, che creano ampie fasce di disturbo all'interno della formazione attraversata (Figura 2.15).

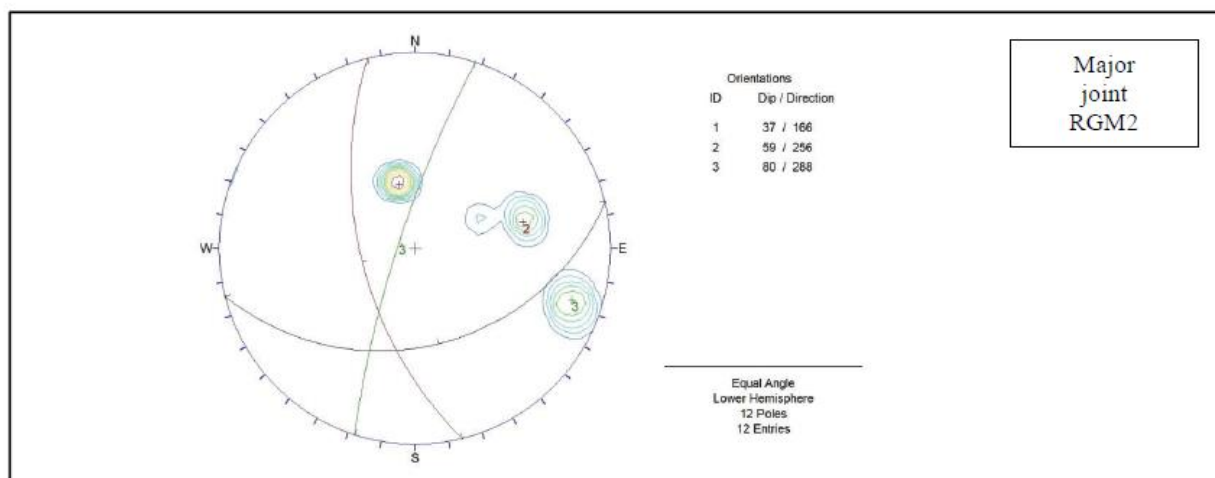


Figura 2.15: Affioramento strati della formazione 'Rosso ad Aptici' sul versante di imbocco galleria

Il rilievo geomeccanico (RGM2) inclusa nella campagna di indagini è stato effettuata in punto della parete rocciosa presentata in Figura 2.15 in un settore con vergenza a WNW. La ridotta accessibilità e la copertura della vegetazione del sito hanno impedito di eseguire un numero sufficiente per le misure statistiche, ma ha consentito di derivare i seguenti valori medi delle tre discontinuità rilevate: s/K1 orientazione 166/37 (imm/inc), K2 orientazione 256/59 (imm/inc), e K3 orientazione 288/80 (imm/inc), rappresentati nel diagramma seguente (Figura 2.16A). In generale, tutte le caratteristiche rilevate indicano giunti di buona qualità e buona resistenza al taglio (Figura 2.16B).

**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

	S	K2	K3	
orientazione (imm/inc)	166/37	256/59	288/80	
spaziatura (mm)	<20	60-200	200-600	
persistenza (m)	>20	<1	<1	
rugosità	liscia	rugosa	rugosa	
ondulazione	ondulata	ondulata	seghettata	
alterazione	frasca	leggermente alt	mediamente alt	
resistenza (impulso norm.)	36,1	29,3	31,3	
apertura (mm)	<2,5	<2,5	<2,5	
jcs (calcolato, MPa)	59	42	47	
riempimento	assente	assente	assente	
filtrazione	umida	umida	bagnata	
jrc	12	12	16	

B

Figura 2.16: Proiezione discontinuità sulla semisfera inferiore di Schmidt (A) e caratteristiche discontinuità (B)

Per quanto riguarda i substrati rocciosi incontrati dai sondaggi al di sotto delle coperture alluvionali nelle due aree, sempre con riferimento alla cartografia geologica di riferimento presentata alla sezione 2.1 e Figura 2.1:

- il substrato della prima area (a), in corrispondenza della piana di fondovalle interessata dallo svincolo stradale, descritto come 'brecce/conglomeratici di colore marrone chiaro con ciottoli poligenici in matrice sabbiosa, cementati e più o meno alterati', non è associabile ad una delle formazioni cartografate nell'area vasta circostante l'area in esame. Le peculiari caratteristiche della roccia (Figura 2.17) interposta tra le coperture alluvionali e una delle formazioni rocciose calcareo silicee appartenenti alla successione giurassica della vasta sinclinale di Costori portano ad associare questo substrato ad una tipologia di roccia, un conglomerato cementizio molto tenace che si ritrova in altre zone della Lombardia: il 'Ceppo'. Questa formazione rocciosa risale al Pleistocene inferiore-medio (da 1,8 milioni a 125mila anni fa), quando le nostre Prealpi erano già emerse. I ciclopici crolli che avvennero durante queste fasi di emersione hanno prodotto molti detriti, che grazie alla circolazione dell'acqua si sono saldati tra loro, favorendo la cementazione del ghiaione e la sua trasformazione in roccia tenace (che i geologi chiamano "breccia cementata"). In effetti la presenza di questa particolare formazione alla base delle alluvioni può essere considerata ragionevole in una particolare zona, la valle del F. Mella o Val Trompia, che rappresenta un profondo solco geologico e tettonico all'interno degli elevati rilievi della catena montuosa delle Prealpi Bresciane;

**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 2.17: Carota di conglomerato cementato ('Ceppo')

- il substrato della seconda area (b), in corrispondenza dell'imbocco della galleria artificiale e descritto come 'calcari marnosi di colore da rossiccio a rosato variegati grigio e verde con venature di calci', può essere associato alla litologia caratterizzante il passaggio dell'Unità del Rosso ad Aptici con la soprastante formazione della Maiolica: 'calcari variegati' rosati e verdognoli.

Dalle informazioni a disposizione la prima falda è contenuta nell'acquifero superficiale, profondo alcune decine di metri e costituito dagli strati ghiaiosi e sabbiosi intercalati in profondità da livelli conglomeratici cementati. La soggiacenza della falda rilevata nei sondaggi è risultata generalmente a profondità comprese tra 23 e 25m dal piano campagna, fatta eccezione per il sondaggio S10/Pz al margine della piana dove la falda è stata misurata a circa 18m dal piano campagna. Dalle prove di permeabilità effettuate nel sondaggio attrezzato a piezometro S6, la permeabilità dell'acquifero alluvionale risulta essere su valori di 5-6 x 10⁻⁴ cm/s.

I valori di Vs,eq determinati dalle 4 prospezioni sismiche effettuate nell'area in esame con valori compresi tra 376 e 472 m/s permettono di associare i terreni dell'area in sito alla Categoria B di terreni: 'Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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'.

La Figura 1 fuori testo presenta la carta geologica e la sezione geologica dell'area di imbocco della galleria di 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**

3. IMBOCCO E GALLERIA DI SAREZZO

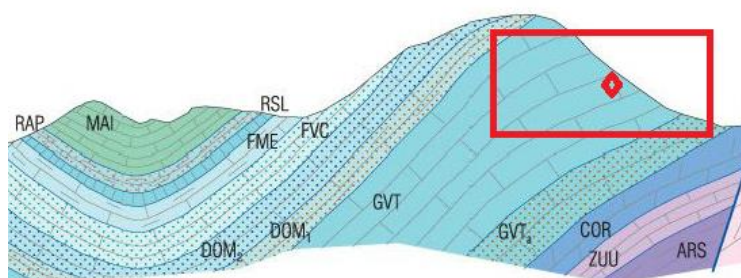
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Questa sezione fornisce un inquadramento degli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area circostante il sito in esame.

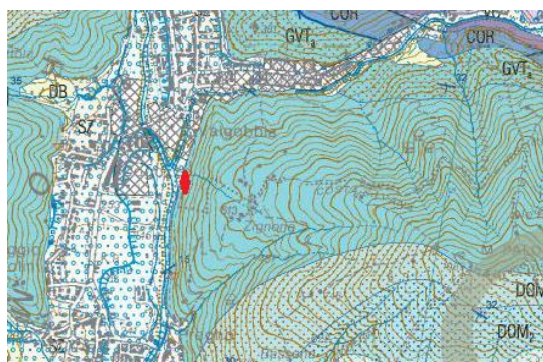
3.1.1. Inquadramento geologico

Il substrato roccioso del fondovalle del F. Mella e dei versanti montuosi del Monte Palosso circostanti l'area in esame è rappresentato da formazioni calcaree e silicee appartenenti alla successione giurassica del fianco settentrionale della vasta sinclinale che interessa strutturalmente questa parte di territorio: la sinclinale di Costorio.

La sinclinale di Costorio, terziaria ad asse a direzione orobica Est Ovest in corrispondenza della Val di Condigolo, caratterizza la vasta area circostante il Monte Palosso con la tipica forma a «catino» con unità litostratigrafiche più recenti al centro («Maiolica» - Titoniano sup.) e più antiche ai bordi («Corna»-Sinemuriano). La cornice rossa delle figure seguenti (Figura 3.1a e 3.1b) evidenziano, su una sezione ed una pianta, l'insieme delle formazioni rocciose del fianco settentrionale della sinclinale e delle coperture alluvionali plio-quadernarie affioranti nell'area circostante il sito in esame (ISPRA, 2011) [4].



(a)



(b)

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Legenda

- SINTEMA DEL PO**

POI
 Diamicton massivi o grossolanamente stratificati, a prevalente supporto di matrice; ghiaie eterometriche a supporto clastico; clasti di provenienza locale (depositi di versante). Limi e limi argillosi massivi, con clasti sparsi (depositi colluviali). Ghiaie poligeniche da massive a stratificate con locali livelli di sabbie e limi (depositi alluvionali). Depositi palustri e di torbiera. Travertini. Superficie limite superiore caratterizzata da morfologie ben conservate o ancora in evoluzione; profilo di alterazione con profondità inferiore a 50 cm; colore della matrice 2,5 Y ÷ 10 YR.
PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE
- SUPERSINTEMA DEL FIUME MELLA**

VC
 Ghiaie poligeniche a supporto clastico (depositi fluviali). Ghiaie monogeniche a supporto clastico, grossolanamente stratificate; cementazione variabile, pervasiva (depositi di versante e falde detritiche). Superficie limite superiore polifasica, con morfologie ben conservate; copertura loessica assente; profilo di alterazione pluridecimetrico dove non eroso dall'attività antropica, colore della matrice 10 ÷ 7,5 YR. *PLEISTOCENE SUPERIORE*
- SUPERSINTEMA DI DOSSO BAIONE**

DB
 Limi massivi con clasti spigolosi diffusi; ghiaie a supporto clastico; clasti esclusivamente residuali (selce) (depositi di versante e di conoide). Superficie limite superiore polifasica, con morfologie terrazzate; spessore del profilo di alterazione plurimetrico; colore della matrice 7,5 ÷ 5 YR. *PLEISTOCENE INFERIORE (?) - PLEISTOCENE MEDIO*
- MAIOLICA**

MAI
 Calcari pelagici (calcilutiti) biancastri e grigio-chiari, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, a frattura concoide, con stiloliti. Noduli e liste di selce, bionda alla base e grigio-nera verso l'alto. Nella porzione superiore sono presenti interstrati di argilliti nere, livelli intraformazionali risedimentati e *slumping*. Verso la base sono presenti calcari marnosi rosati e verdognoli in strati da centimetrici a decimetrici ("calcari variegati"), che segnano la transizione al Rosso ad Aptici. Il contenuto fossilifero è costituito da calcionelle, aptici, foraminiferi, radiolari, e frequenti associazioni a nannofossili calcarei. Spessore: 200-250 m. *TITONIANO SUPERIORE - APTIANO INFERIORE*
- GRUPPO DEL 'SELCIFERO LOMBARDO' SM**
- ROSSO AD APTICI**

RAP
 Calcari marnosi, marne calcaree e marne, spesso silicee, di colore prevalentemente rosso, in banchi e strati, con selce rossastra o talora verdognola per lo più disposta in listarelle. Il passaggio con la soprastante Maiolica è di norma caratterizzato dalla presenza di "calcari variegati", rosati e verdognoli, e localmente da facies brecciate (riferibili presso Polaveno al Valanginiano inferiore). Sono presenti aptici, belemniti e, nelle microfacies, anche radiolari, rare spicole di spugna, ostracodi e lamellibranchi pelagici. Calcitorbiditi a *Saccocoma* sono presenti nei livelli di età Kimmeridgiano superiore. Spessore: 35-85 m. *KIMMERIDGIANO SUPERIORE - TITONIANO INFERIORE*
- RADIOLARITI DEL SELCIFERO LOMBARDO**

RSL
 Selci policrome in strati centimetrici, di colore prevalentemente verdastro nella parte inferiore e rosso nella parte superiore. Localmente si osservano intercalazioni di marne e argilliti. Spessore: 35-65 m. *BATHONIANO INFERIORE (?) - KIMMERIDGIANO INFERIORE*
- GRUPPO DI CONCESIO CC**
- FORMAZIONE DEI CALCARI MEDOLOIDI**

FME
 (corrispondente al membro dei "Calcari medoloidi" della formazione di Concesio Auct.) Calcari fini e calcareniti di colore bruno-nocciola, riccamente selciose, in banchi e strati gradati e strati separati da marne. Si alternano anche strati calcarenitici gradati e corpi ruditici. Alla sommità si riconosce una litozona caratterizzata da strati sottili rossastrati di calcare marnoso siliceo, ricca di lamellibranchi pelagici orientati. Sono presenti ammoniti riferibili alla Z. Opalinum dell'Aaleniano (*Tmetoceras* sp., *Leioceras* sp.) e associazioni a nannofossili calcarei. Spessore: 70-130 m. *AALENIANO - BATHONIANO INFERIORE (?)*
- FORMAZIONE DI VILLA CARCINA**

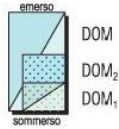
FVC
 (corrispondente al membro dei "Calcari nocciola" della formazione di Concesio Auct.) Calciruditi fini e calcareniti di colore bruno-nocciola, riccamente selciose, in banchi e strati gradati e laminati di natura torbiditica, contenenti frammenti litici e biogeni (abbondanti resti di crinoidi, echinidi e brachiopodi), intercalate a peliti e calcari marnosi. La base della formazione è caratterizzata da una litozona marnosa basale cui fa seguito un potente corpo ruditico ("*slump* del Caricatore"), esteso tra il Lago d'Isèo e la Val Trompia. Si rinvennero ammoniti e nannofossili calcarei. Spessore: 230-270 m. *TOARCIANO INFERIORE - AALENIANO p.p. ?*

GRUPPO DEL 'MEDOLO' MD

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

CALCARE DI DOMARO



Membro superiore

(a Est del Lago d'Isèo) Calcari (calcilutiti) e calcari marnosi di colore nocciola, biancastri all'alterazione, con noduli ferruginosi e con rare liste di selce bionda, in banchi metrici generati dal rinsaldamento di più strati, alternati ad orizzonti marnosi di spessore decimetrico. Si rinvennero numerose ammoniti, tra cui *Paltarpites* sp., *Fontanelliceras fontanelense*, *Dactyloceras* sp., *Paltarpites* cf. *juvundus*, *Lioceratoides* cf. *grecoi*, *Canavaria* cf. *naxensis*, *Emaciatoceras* gr. *archimedis*, *Arietoceras* gr. *algovianum*, *Arietoceras* gr. *bertrandi*. Spessore: 150-180 m. **DOMERIANO INFERIORE** p.p. - **TOARCIANO BASALE**

Membro inferiore

(a Est del Lago d'Isèo) Banchi di calcare marnoso grigio-plumbeo, più chiaro e talora giallognolo all'alterazione, intensamente bioturbato, con noduli ferruginosi e listarelle discontinue di selce, in alternanza con marne scure, frequentemente fossilifere. Le ammoniti presenti sono rappresentate da *Rynesoceras ragazzonii*, *Arietoceras* aff. *apertum sensu* MEISTER, *Protogrammoceras* aff. *marianii*, *Fucinoceras lavinianum*. Spessore: 100-150 m. **CARIXIANO SOMMITALE - DOMERIANO INFERIORE** p.p.

CALCARE DI GARDONE VAL TROMPIA



Calcari (calcilutiti) grigio-nocciola in strati decimetrici, talora bioturbati, alternati a calcareniti fini e calcisilliti spongolistiche laminare, torbiditiche, ricche di liste e noduli di selce da marroncina a grigio-bluastro. Si riconoscono tra le ammoniti: *Reynesocoeloceras* aff. *simulans subplanulata*, *Protogrammoceras* gr. *mellahense-praecurioni*, *Metaderoceras* cf. *gummellaroii*, *Uptonia* cf. *jamesoni*, *Amioceras* sp. Alle base dell'unità breccie e megabreccie per lo più di 'Corna', localmente dolomitizzate ('Breccie Basali' GVT.). Spessore: fino ad oltre 400 m. **HETTANGIANO** p.p. (?) - **CARIXIANO SUPERIORE**

CORNA



Calcari di colore bianco-avorio e nocciola-chiaro, compatti e ceroidi, stilolitici, in strati e banchi spessi o con superfici mal definite. Di norma, localmente ha una facies dolomitica, con dolomie e dolomie calcaree massive, cristalline, di aspetto saccaroide e colore da grigio a bianco, prive di stratificazione (cosiddetta "spolverina" Auct.). Soltanto nel settore compreso tra Termine e Faidana (W di Lumezzane) si osserva la tipica facies calcarea. Spessore: da pochi metri (Val Gobbia) ad oltre 250 m (Val Listrea). **HETTANGIANO**

Figura 3.1: Sezione Sinclinale di Costorio (a) e carta geologica (b) dell'area in esame (♦ Sito)

Come visibile nella figura (a) la successione nell'area in esame inizia dal basso con la Formazione di Corno (**COR**) (Lias) composta di calcari quasi puri, talora dolomitizzati, compatti, bianchi, in potenti bancate a stratificazione non sempre evidente. La formazione può essere interessata da diffusi fenomeni di dissoluzione chimica e frequenti strutture carsiche evolute.

Seguita dal Gruppo del Medolo, formato dal Calcarea di Gardone Val Trompia e Calcarea di Domaro (Lias):

- il Calcarea di Domaro (**DOM**) (Carixiano sommitale-Toarciano basale) è costituito da banchi di calcarea marnoso grigio plumbeo, talora giallognolo all'alterazione, intensamente bioturbato ed attraversato da sottili listarelle discontinue di selce, in alternanza con pacchi di marna scura, frequentemente fossilifera; e
- il Calcarea di Gardone Val Trompia (**GVT**) (Hettangiano-Carixiano Superiore) è formato da calcari grigio-nocciola in strati decimetrici, frequentemente selciosi, con interstrati marnoso-argillosi.

La successione prosegue con la Formazione di Concesio (Lias-Dogger), suddivisa in:

- Membro Superiore 'Calcari Medoloidi' (**FME**) (Aaleniano-Bathoniano Inferiore), caratterizzato da calcari marnosi grigi, bioturbati e attraversati da sottili listarelle centimetriche di selce, in banche e strati separati da marne; e
- Membro Inferiore 'Torbiditico' (Formazione di Villa Carcina) (**FVC**) (Toarciano Inferiore-Aaleniano), costituito da calciruditi fini e calcareniti di colore bruno-nocciola, riccamente selciose, in banchi e/o strati gradati e laminati di natura torbiditica, contenenti frammenti sia litici che biogeni, intercalati a peliti e calcari marnosi.

Risulta anche presente una litozona, caratterizzata da intensa silicizzazione, che preannuncia il passaggio alle sovrastanti formazioni del Gruppo del Selcifero Lombardo (Dogger sup-Malm): la Formazione delle 'Radiolariti' e sovrastante 'Rosso ad Aptici':

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

- l'Unità del "Rosso ad Aptici" (**RAP**) (Kimmeridiano superiore-Titoniano inferiore), formata da calcari marnosi e marne calcaree, spesso silicei in strati sottili, di colore prevalentemente rosso, in banchi e strati, con selce rossastra o talora verdognola per lo più disposta in listarelle;
- l'Unità delle "Radiolariti del Selcifero Lombardo" (**RSL**) (Bathoniano inferiore-Kimmeridiano superiore), è costituita da calcari selciosi di colore rosso, verde o bruno, con interstrati argillosi e marnosi e livelli marnoso-calcarei.

Entrambe le unità risultano frequentemente interessate da peculiari intensi fenomeni deformativi a media e piccola scala.

Le unità delle "Radiolariti" e del "Rosso Aptici" soggiacciono alla formazione della 'Maiolica' (**MAI**) (Titoniano superiore-Aptiano inferiore) che conclude la sequenza della successione di questa parte di sinclinale in corrispondenza del Dosso Corno. La 'Maiolica' è caratterizzata da una porzione basale a facies massive di calcari bianchi, a frattura concoide, affioranti in banchi competenti, ed una porzione sommitale a calcari marnosi più sottili con intercalazioni marnoso-argillose, di colore da grigio a nocciola, ricchi di selci da bruno a nere. Frequentemente è interessata da fenomeni carsici con evidenti condotti beanti o con riempimento terroso.

Per quanto riguarda le coperture del substrato roccioso, i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici del fondovalle (**VC**) sono prevalentemente costituite da ghiaie e sabbie, con grossi ciottoli, trovanti a matrice variabile essenzialmente sabbiosa o sabbioso-limosa.

Per quanto riguarda le coperture del substrato roccioso, i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici del fondovalle (**VC**) sono prevalentemente costituiti da ghiaie e sabbie, con grossi ciottoli, trovanti a matrice variabile essenzialmente sabbiosa o sabbioso-limosa.

Presso l'alveo si hanno i depositi fluviali medio-recenti e recenti delle piane alluvionali inondabili (**POI**), costituiti da ghiaie stratificate con matrice sabbiosa. Localmente sono presenti livelli e lenti limoso-sabbiose o limoso-argillose corrispondenti alle fasi di minore energia.

Completano il quadro geologico i vasti depositi di conoide (**DB**) agli sbocchi torrentizi su cui si estendono gli abitati di Carcina e Codolazza. Questi depositi, che si raccordano ai depositi detritici di versante (**GR**), sono costituiti da elementi rocciosi di varia pezzatura a spigoli vivi o parzialmente arrotondati immersi in una matrice limoso-argillosa di origine colluviale o eluviale.

3.1.2. Inquadramento geomorfologico

Dal punto di vista geomorfologico l'area del sito è rappresentata dalla piana di fondovalle in sponda sinistra del fiume Mella e dai ripidi versanti occidentali del rilievo su cui poggia l'abitato di Zignone, rilievo che rappresenta la propaggine occidentale del M. Palosso (1158m), la vetta più elevata della corona prealpina della bassa Vai Trompia.

Il paesaggio di questo tratto della bassa Val Trompia è rappresentato da aree montane boscate con piccole radure, in corrispondenza delle principali rotture di pendio, aventi estensione variabile e coltivate a prato. Il fondovalle del F. Mella è fortemente interessato dall'espansione recente delle aree urbane della città di Sarezzo con insediamenti soprattutto industriale e artigianale.

Sia nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del F. Mella [5], che nel progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia) [6], risultano censite e cartografate nell'immediato intorno dell'area di progetto fenomeni franosi in atto e quiescenti (Figura 3.2 e Figura 3.3).

**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 3.2: Carta dei Dissesti del Progetto IFFI (● Imbocco Galleria; ● frana; ▨ aree soggette a crollo)



FRANE
▨ AREA DI FRANA ATTIVA (Fa)
▨ AREA DI FRANA QUIESCENTE (Fq)
▨ AREA DI FRANA STABILIZZATA (Fs)

Figura 3.3: Carta del Rischio Idraulico e Idrogeologico del PAI (◆ Imbocco Galleria)

In particolare sono indicati condizioni di franosità in atto nel pendio a monte dell'imbocco della galleria, il cui piede dista circa 30m dall'imbocco della galleria (Figura 3.4).

**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: Condizioni attuali del versante dell'imbocco di Sarezzo

3.1.3. Inquadramento idrogeologico

Per quanto riguarda gli aspetti idrografici, il fiume Mella rappresenta il principale corso idrico della piana di fondovalle localizzato a qualche centinaio di metri ad ovest dell'area in esame. L'area di progetto non ricade in area classificata a rischio idraulico dal Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI) predisposto dall'Autorità dei Bacini (AdB) [5].

L'intera area non è sottoposta a Vincolo Idrogeologico (RD 3267 del 30 dicembre 1923).

L'acquifero della piana di fondovalle, formato da depositi alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie spessi oltre 40m, ospita una falda freatica con livello profondo qualche decina di metri dal piano campagna.

3.2. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO

La sezione presenta gli aspetti rilevanti dell'assetto tettonico (strutture sismogenetiche e faglie capaci) e della sismicità dell'area.

3.2.1. Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci

Dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.2.0; <http://diss.rm.ingv.it/diss/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) [7]., l'area di studio non ricade all'interno di strutture sismogenetiche singole (ISS) o composite (CSS) ⁴. Tuttavia In base alla mappa di inquadramento sotto riportata (Figura 3.5) si evidenzia che l'area di studio è molto prossima, circa 6 chilometri, alla CSS classificata come ITCS010 "Western S-Alps Internal Thrusts", stimata per magnitudo massima M_w pari a 5.5.

Questa struttura si estende a cavallo della regione ad ovest del Lago di Garda tra le città di Brescia (ad est) e Bergamo (ad ovest) e fa parte di un fronte interno di spinta del sistema di spinta delle Giudicarie Alpine meridionali. La struttura si presenta come un arco interno alpino Sud vergente, costituito dal sistema di faglie compressionali più meridionali delle Alpi.

⁴ ISS = Individual Seismogenic Source; CSS = Composite Seismogenic Source.

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Cataloghi storici e strumentali mostrano solo una distribuzione sparsa di sismicità intermedia lungo il colpo del fronte di spinta. In particolare i cataloghi storici elencano eventi di magnitudo nell'intervallo tra Mw 4,6 e 5,0, che potrebbero essere stati generati da sorgenti sismogenetiche appartenenti a questa sorgente composita.

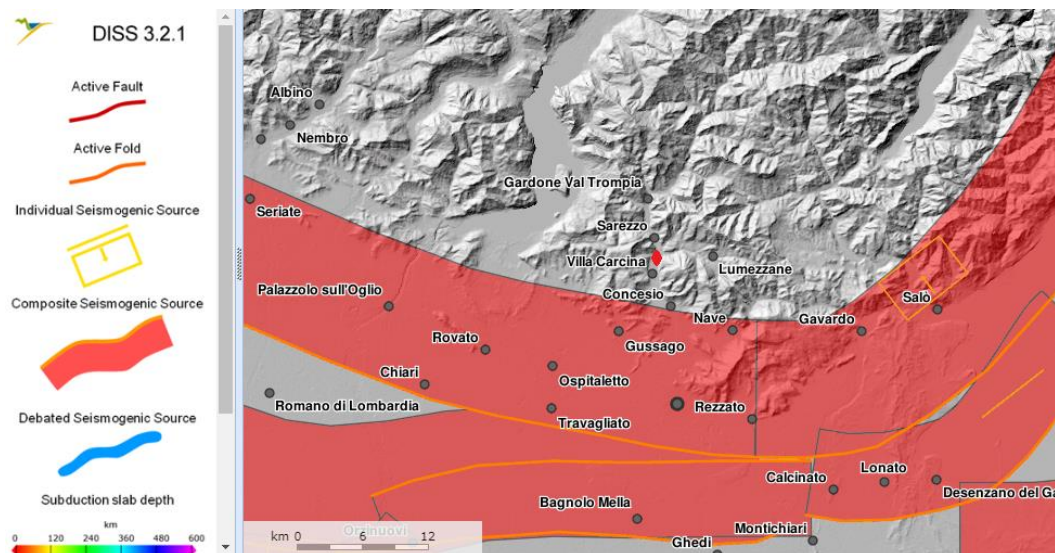


Figura 3.5: Mappa delle sorgenti sismogenetiche nell'area circostante Sarezzo (Diss Working Group, 2018) (♦ sito)

L'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo del Progetto Ithaca⁵ in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) [8] non riporta faglie capaci in corrispondenza dell'area di studio (Figura 3.6). Come 'faglia capace' si indica il caso di faglia in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata. La faglia attiva e capaci più vicina è la faglia inversa 'Nave Gussago' con andamento est ovest localizzata a circa 3.5 km a sud del sito, identificata per morfologia e spostamento dei depositi del Pleistocene medio-tardo (Figura 3.6).

⁵ ITHACA = ITaly HAZard from CApable faults.

**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: Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante Sarezzo
(SGI - ISPRA, 2018) (♦ Sito)*

3.3. SISMICITA'

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV 'Iside'⁶ ("Italian Seismic Instrumental and parametric Data-base") [9] (Figura 3.7) non evidenzia una particolare sismicità nell'area di Sarezzo/Villa Carcina. I terremoti registrati di magnitudo M_w maggiore di 4 più prossimi all'area di progetto risultano il sisma del 23 Novembre 1911 localizzato a Lumezzane di Magnitudo M_w 4.79 distante 5km dal sito, e il sisma del 30 Ottobre 1901 centrato a circa 23km in sponda ovest del Lago di Garda di Magnitudo 5.44. I cataloghi riportano altri terremoti storici intensi nell'area circostante la zona in studio, come, in particolare, il terremoto di magnitudo M_w 6 denominato di 'basso Bresciano' avvenuto il 25-12-1222 con epicentro tra Brescia e Verona, ma presumibilmente localizzato in corrispondenza del Lago di Garda.

⁶ ISIDe working group (2016) version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

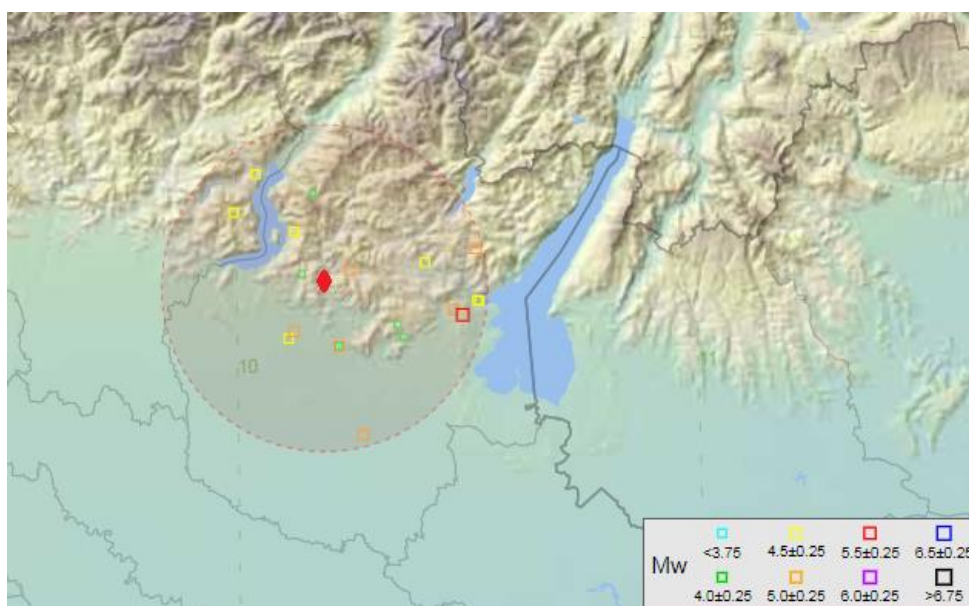


Figura 3.7: Magnitudo dei terremoti in un raggio pari a 25 km da Sarezzo, estratti dal database Iside (◆ Sito)

Fonte: Sito INGV, 2016

La figura seguente (Figura 3.8) riporta la sismicità in un cerchio di 40 km di raggio da Sarezzo dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPT15) in termini di intensità massima risentita (<https://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15/>) [10]. Il CPT15 fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita ($I_{max} \geq 5$ o magnitudo momento ($M_w \geq 4.0$ d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014).

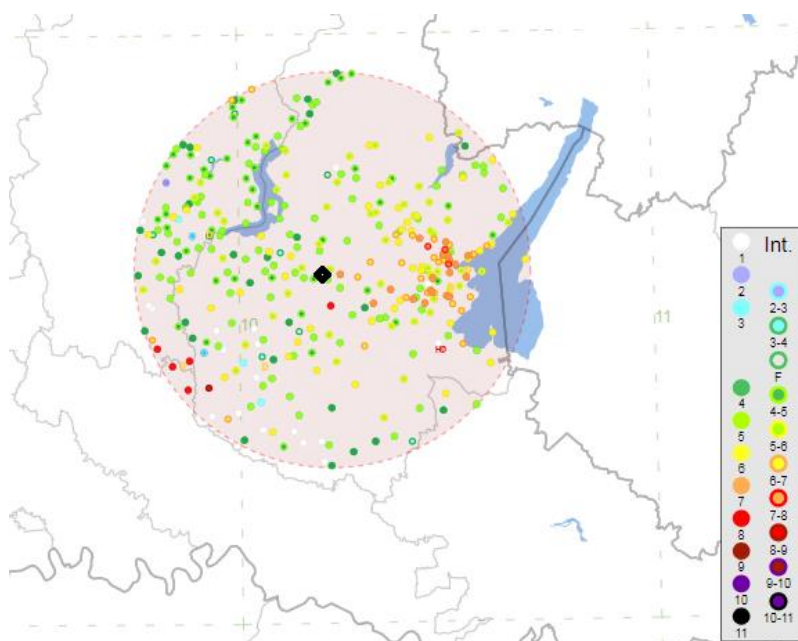


Figura 3.8: Intensità massima risentita dei terremoti in un raggio pari a 40 km da Sarezzo/Villa Carcina, estratti dal CPT15 (◆ Sito)

Fonte: Sito INGV, 2015

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Relativamente agli effetti risentiti di 6 terremoti estratti da CPTI15 (Figura 3.9) la intensità massima (Imax) di risentimento per Sarezzo è pari a 4-5 come visibile dalla sequenza temporale delle massime intensità riportata nella lista sottostante e grafico sottostante (Figura 3.9).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1909	12	24	18	40		Garda occidentale	39	5	4.17
4-5	1993	12	09	18	16	5	Lago d'Iseo	175	5	4.11
4	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
NF	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
NF	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78
4-5	2004	11	24	22	59	3	Garda occidentale	176	7-8	4.99

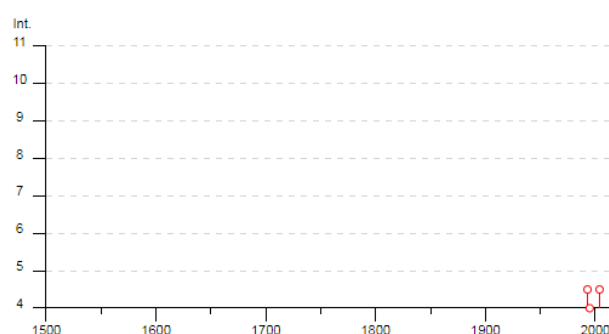


Figura 3.9: Intensità massime dei terremoti risentiti a Sarezzo, estratte dal CPTI15 dal 1550

Fonte: Sito INGV, 2015

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto, sulla base del DGR della Lombardia dell'11 luglio 2014 n. 2129, entrata in vigore il 10 aprile 2016, ricade in un comune, quello di Sarezzo, in cui possono verificarsi terremoti modesti. Il comune è classificato come **Zona 3** con Ag max pari a 0.145.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (ag) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni:

Zona sismica	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (ag)
1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	ag > 0.25
2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti	0.15 < ag ≤ 0.25
3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti	0.05 < ag ≤ 0.15

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Zona sismica	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (ag)
4	E' la zona meno pericolosa	$ag \leq 0.05$

Dalla carta nazionale dell' INGV [11] che mostra graficamente per tutta l'Italia i valori di accelerazione (ag) espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti al substrato rigido caratterizzato da $V_s > 800 \text{ m/s}$ (Figura 3.10) per l'area in esame risultano valori di ag compresi tra $0.125 < ag \leq 0.150$.

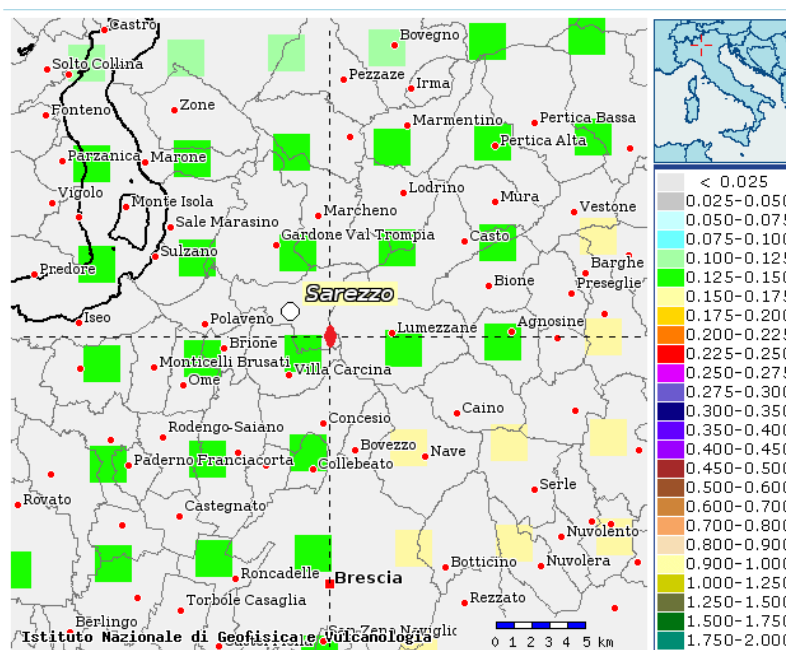


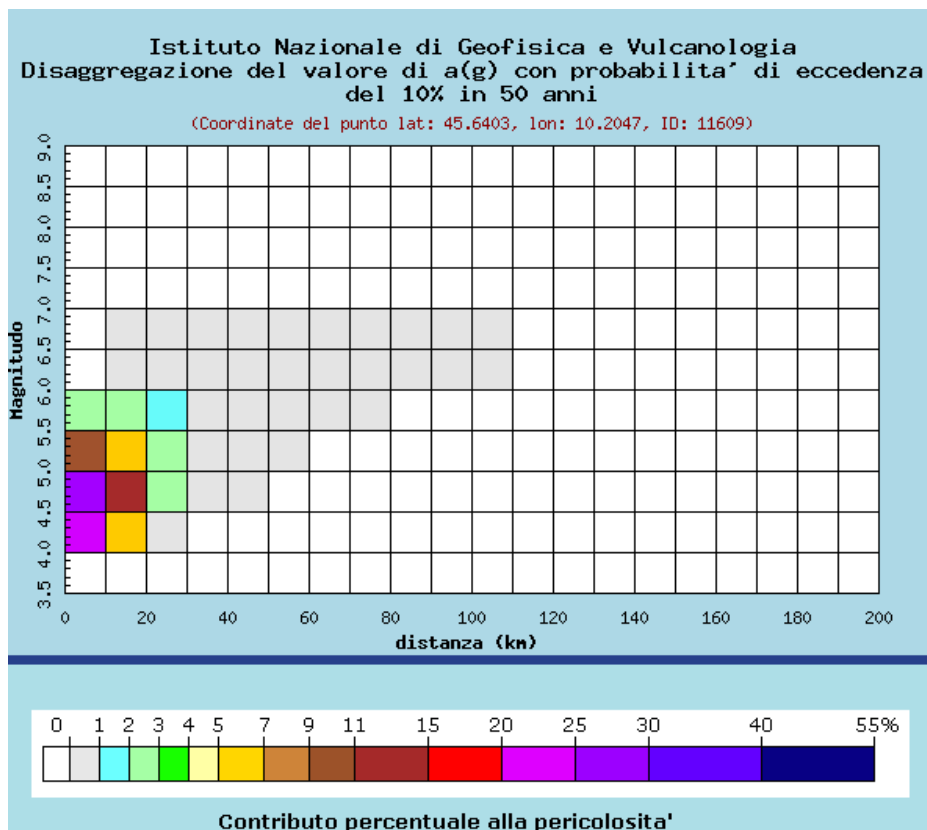
Figura 3.10: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (da INGV) nell'area del sito (♦ Sito)

Fonte: Sito INGV, 2008

L'analisi di disaggregazione derivata dall' INGV [11] ha permesso di identificare come terremoto dominante lo scenario di pericolosità sismica dell'area un sisma di Magnitudo 4,8 ad una distanza di 9,9 km (Figura 3.11).

**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 10% 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	22.400	28.400	9.070	2.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	6.710	12.500	6.840	2.570	0.329	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.506	2.030	2.070	1.360	0.581	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.164	0.572	0.591	0.388	0.064	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.077	0.174	0.164	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.003	0.045	0.072	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.031	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.013	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	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

Figura 3.11: Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

3.4. ASSETTO STRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO AREA DI PROGETTO

L'inquadramento stratigrafico di progetto è stato derivato principalmente dai dati contenuti in alcuni dei sondaggi delle indagini geologico-geognostiche del progetto esecutivo eseguite nel 2004 [1] e da 2 sondaggi dalle indagini integrative del 2019 [2][3], ciò in quanto considerati esaustivi e comprensivi delle indicazioni delle risultanze delle precedenti indagini del progetto definitivo, in particolare:

- 4 sondaggi a carotaggio continuo (S3.43E/PZ, S3.44E/PZ, S3.45E/PZ e S3.46E/PZ) della campagna di indagini del progetto esecutivo 2004 con prove S.P.T. spinti fino alla profondità di 30m. Tutti i sondaggi sono stati attrezzati a piezometro;
- 2 sondaggi a carotaggio continuo di cui uno verticale (S14) spinto fino alla profondità di 30m e attrezzato a piezometro ed un sondaggio orizzontale (S14bis) la campagna di indagini del 2019 ha compreso avanzato fino a 70m. Di questa campagna non sono state considerate le risultanze del sondaggio S01 in quanto eseguito a distruzione di nucleo.

La campagna 2019 ha inoltre compreso:

- 1 stendimento M.A.S.W. (M20) di lunghezza 60m;
- un rilievo geomeccanico su affioramenti rocciosi (RGM1).

La seguente figura (Figura 3.12) mostra l'ubicazione dei sondaggi, mentre la figura successiva (Figura 3.13) mostra l'ubicazione dell' stesa Masw (M20).

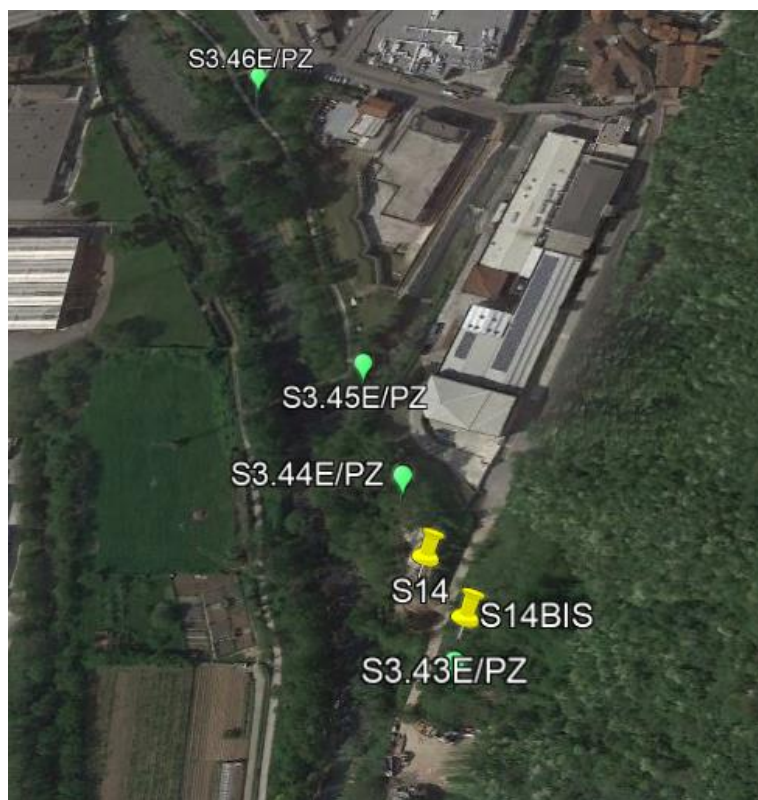


Figura 3.12: Sondaggi delle campagne di indagini 2004 (pin verdi) e 2019 (pin gialli)

**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 3.13: Stesa MASW (↗) e rilievo RGM1 (◇) delle indagini 2019 nell'area del sito

L'analisi dei dati ha potuto definire il seguente schema stratigrafico dell'area in esame:

- una area (a) rappresentante la piana di fondovalle interessata dallo svincolo stradale (schema stratigrafico area tra i sondaggi S3.44E/PZ a Sud e S3.46E/PZ a Nord);
- una area (b) rappresentante il margine della piana di fondovalle in corrispondenza dell'imbocco della galleria artificiale (schema stratigrafico area tra i sondaggi S3.44E/PZ a Nord S3.43E/PZ a Sud).

Lo schema stratigrafico dell'area (a) tra i sondaggi S3.44E/PZ a Sud e S3.46E/PZ a Nord comprende i seguenti 3 strati sovrapposti, a partire dalla superficie:

- strato di materiale di riporto di spessore massimo 8m di ghiaia eterometrica, poligenica, da poco a mediamente addensata, da sabbiosa con limo di colore rossastro-marrone a limosa con sabbia e argilla di colore da nocciola-rossastro a marrone scuro. Presenza di resti di laterizi e pezzi di ferro;
- da circa 8m fino a circa 16-17m: strato alluvionale superficiale costituito generalmente da ghiaie eterometrica poligenica da angolare a sub-angolare limosa, debolmente sabbiosa moderatamente addensata, colore marrone scuro nocciola. Dall'analisi delle prove si ottiene un valore medio di angolo di attrito di 39°;
- da profondità comprese tra 16-17m: substrato roccioso costituito da calcare micritico, grigio più o meno chiaro con liste, lenti e noduli di selce da poco fratturata a fratturata.

Lo schema stratigrafico area (b) tra i sondaggi S3.44E/PZ a Nord S3.43E/PZ a Sud comprende i seguenti 3 strati sovrapposti, a partire dalla superficie:

- strato di materiale di riporto di spessore variabile tra 3 a massimo 7m di ghiaia eterometrica, poligenica, poco addensata, sabbiosa debolmente limosa, di colore marrone. Presenza di trovanti di origine vulcanica e resti di materiali bituminosi;
- strato alluvionale con spessore che si riduce da 10m a 3m verso l'imbocco della galleria (sondaggio S3.43E/PZ) costituito da ghiaie eterometrica poligenica da angolare a sub-angolare limosa, debolmente sabbiosa, moderatamente addensata, colore marrone scuro-nocciola. Come nel caso dell'area (a) l'angolo di attrito medio per questo deposito è di 39°;

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

- da profondità comprese tra 16-17m e 3m: substrato roccioso costituito da calcare micritico, grigio più o meno chiaro con liste, lenti e noduli di selce da poco fratturata a fratturata con evidenti patine di ossidazione.

Il rilievo geomeccanico (RGM1) inclusa nella campagna di indagini è stato effettuata in punto della parete rocciosa presentata in Figura 3.14, con vergenza WNW. Il rilievo ha onsentito di derivare i seguenti valori medi delle quattro discontinuità rilevate: s/K1 orientazione 140/08 (imm/inc), K2 orientazione 242/86 (imm/inc), K3 orientazione 342/87 (imm/inc), e K4 orientazione 320/87 (imm/inc), rappresentati nel diagramma seguente (Figura 315A). Si tratta di un sistema fortemente controllato dalla stratificazione S suborizzontale, svincolato da tre famiglie di discontinuità subverticali. Tutte le caratteristiche rilevate indicano giunti di buona qualità e buona resistenza al taglio (Figura 3.15B).

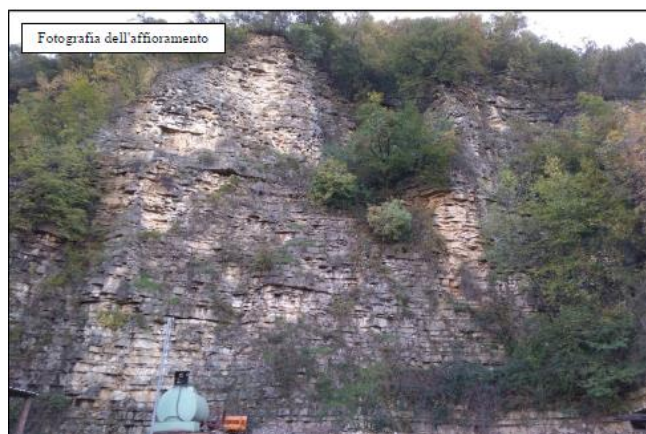
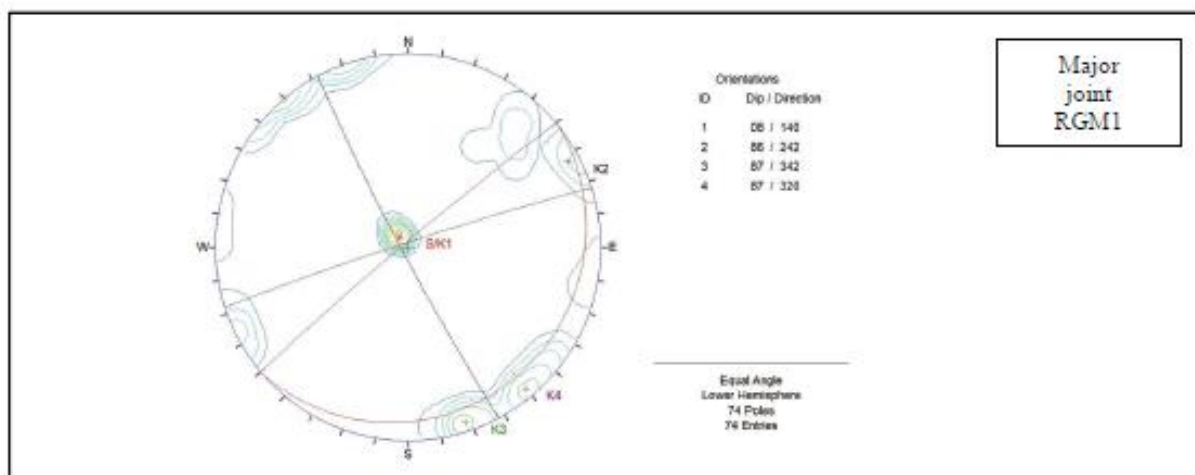


Figura 3.14: Parete rocciosa rilevamento geomeccanico RGM1



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**

	S	K2	K3	K4
orientazione (imm/inc)	140/08	242/86	342/87	320/87
spaziatura (mm)	200-600	200-600	200-600	60-200
persistenza (m)	>20	<1	<1	<1
rugosità	liscia	rugosa	rugosa	rugosa
ondulazione	piana	ondulata	seghettata	ondulata
alterazione	fresca	fresca	fresca	fresca
resistenza (impulso norm.)	50.0	38.7	32.3	28.5
apertura (mm)	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
jcs (calcolato, MPa)	117	67	49	41
riempimento	assente	assente	assente	assente
filtrazione	asciutta	asciutta	asciutta	asciutta
jrc	9	16	15	12

B

Figura 3.15: Proiezione discontinuità sulla semisfera inferiore di Schmidt (A) e caratteristiche discontinuità (B)

Il substrato roccioso calcareo micritico grigio fratturato a strati decimetrici incontrato dai sondaggi al di sotto delle coperture alluvionali nelle due aree, è lo stesso che caratterizza il versante dell'imbocco della galleria come confermano le risultanze del sondaggio orizzontale S14bis. Con riferimento alla cartografia geologica di riferimento presentata alla sezione 3.1 e Figura 3.1, la roccia appartiene alla formazione del Calcarea di Gardone Val Trompia (**GVT**) (Hettangiano-Carixiano Superiore) è formato da calcari grigio-nocciola in strati decimetrici, frequentemente selciosi, con interstrati marnoso-argillosi.

Dalle informazioni a disposizione la prima falda è contenuta nell'acquifero superficiale, profondo fino a 17 metri e costituito da ghiaie da sabbiose a limose. La soggiacenza della falda rilevata nei sondaggi è risultata generalmente a profondità di circa 11m-12, fatta eccezione per il sondaggio S3.43E/PZ ai piedi del versante dell'imbocco di galleria dove la falda è stata misurata a circa 15m dal piano campagna.

Il valore di V_{seq} di 619 m/s determinato dalla prospezione sismica MASW (MA20) effettuata nell'area in esame permette di associare i terreni dell'area in sito alla Categoria B di terreni: 'Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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.

La Figura 2 fuori testo presenta la carta geologica e la sezione geologica dell'area di imbocco della galleria di 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

4. GALLERIA ARTIFICIALE DI S. VIGILIO

4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Questa sezione fornisce un inquadramento degli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area interessata dal progetto di galleria artificiale di S. Vigilio.

4.1.1. Inquadramento geologico

Il substrato roccioso sia del fondovalle del F. Mella, su cui ricade l'area in esame (Figura 4.1), che dei versanti montuosi ai fianchi della valle, è rappresentato da formazioni calcaree e silicee appartenenti alla successione giurassica del fianco occidentale della vasta sinclinale che interessa strutturalmente questa parte di territorio: la sinclinale di Costorio. La sinclinale di Costorio, terziaria ad asse a direzione orobica Est Ovest in corrispondenza della Val di Condigolo, caratterizza la vasta area circostante il Monte Palosso con la tipica forma a «catino» con unità litostratigrafiche più recenti al centro («Maiolica» - Titoniano sup.) e più antiche ai bordi («Corna»- Sinemuriano) (ISPRA, 2011) [4].






Legenda



- SISTEMA DEL PO**
-  POI
Diamicton massivi o grossolanamente stratificati, a prevalente supporto di matrice; ghiaie eterometriche a supporto clastico; clasti di provenienza locale (depositi di versante). Limi e limi argillosi massivi, con clasti sparsi (depositi colluviali). Ghiaie poligeniche da massive a stratificate con locali livelli di sabbie e limi (depositi alluvionali). Depositi palustri e di torbiera. Travertini. Superficie limite superiore caratterizzata da morfologie ben conservate o ancora in evoluzione; profilo di alterazione con profondità inferiore a 50 cm; colore della matrice 2,5 Y ÷ 10 YR. *PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE*
- SUPERSISTEMA DEL FIUME MELLA**
-  VC
Ghiaie poligeniche a supporto clastico (depositi fluviali). Ghiaie monogeniche a supporto clastico, grossolanamente stratificate; cementazione variabile, pervasiva (depositi di versante e falde detritiche). Superficie limite superiore polifasica, con morfologie ben conservate; copertura loessica assente; profilo di alterazione pluridecimetrico dove non eroso dall'attività antropica, colore della matrice 10 ÷ 7,5 YR. *PLEISTOCENE SUPERIORE*

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

	GR	<p>GRUPPO DI PRATO GRANDE Diamicton, ghiaie massive o mal stratificate, a prevalente supporto di matrice, da centimetriche a decimetriche; limi argillosi massivi; clasti di provenienza locale; locale cementazione (depositi di versante s.l., con locali inclusioni di depositi fluviali di conoide e lacustri; grèzes litées). Superficie limite superiore poligenica e polifasica, con morfologie da ben conservate ad erose; profilo di alterazione con profondità molto variabile; colore della matrice 10 + 5 YR. PLIOCENE SUPERIORE (?) – PLEISTOCENE</p>
	DB	<p>SUPERSINTEMA DI DOSSO BAIONE Limi massivi con clasti spigolosi diffusi; ghiaie a supporto clastico; clasti esclusivamente residuali (selce) (depositi di versante e di conoide). Superficie limite superiore polifasica, con morfologie terrazzate; spessore del profilo di alterazione plurimetrico; colore della matrice 7,5 + 5 YR. PLEISTOCENE INFERIORE (?) – PLEISTOCENE MEDIO</p>
	MAI	<p>MAIOLICA Calcarei pelagici (calciuliti) biancastri e grigio-chiari, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, a frattura concoide, con stiloliti. Noduli e liste di selce, bionda alla base e grigio-nera verso l'alto. Nella porzione superiore sono presenti interstrati di argilliti nere, livelli intraformazionali risedimentati e <i>slumping</i>. Verso la base sono presenti calcari marnosi rosati e verdognoli in strati da centimetrici a decimetrici ("calcarei variegati"), che segnano la transizione al Rosso ad Aptici. Il contenuto fossilifero è costituito da calcionelle, aptici, foraminiferi, radiolari, e frequenti associazioni a nannofossili calcarei. Spessore: 200-250 m. TITONIANO SUPERIORE - APTIANO INFERIORE</p>

GRUPPO DEL 'SELCIFERO LOMBARDO' SM

	RAP	<p>ROSSO AD APTICI Calcarei marnosi, marne calcaree e marne, spesso silicei, di colore prevalentemente rosso, in banchi e strati, con selce rossastra o talora verdognola per lo più disposta in listarelle. Il passaggio con la soprastante Maiolica è di norma caratterizzato dalla presenza di "calcarei variegati", rosati e verdognoli, e localmente da facies brecciate (riferibili presso Polaveno al Valanginiano inferiore). Sono presenti aptici, belemniti e, nelle microfacies, anche radiolari, rare spicole di spugna, ostracodi e lamellibranchi pelagici. Calcitorbiditi a <i>Saccocoma</i> sono presenti nei livelli di età Kimmeridgiano superiore. Spessore: 35-85 m. KIMMERIDGIANO SUPERIORE - TITONIANO INFERIORE</p>
	RSL	<p>RADIOLARITI DEL SELCIFERO LOMBARDO Selci policrome in strati centimetrici, di colore prevalentemente verdastro nella parte inferiore e rosso nella parte superiore. Localmente si osservano intercalazioni di marne e argilliti. Spessore: 35-65 m. BATHONIANO INFERIORE (?) - KIMMERIDGIANO INFERIORE</p>

GRUPPO DI CONCESIO CC

	FME	<p>FORMAZIONE DEI CALCARI MEDOLOIDI (corrispondente al membro dei "Calcarei medoloidi" della formazione di Concesio <i>Auct.</i>) Calcarei (calciuliti) e calcari marnosi grigi, bioturbati con listarelle centimetriche di selce, in banchi e strati separati da marne. Si alternano anche strati calcarenitici gradati e corpi ruditici. Alla sommità si riconosce una litozona caratterizzata da strati sottili rossastrati di calcare marnoso siliceo, ricca di lamellibranchi pelagici orientati. Sono presenti ammoniti riferibili alla <i>Z. Opalinum</i> dell'Aaleniano (<i>Tmetoceras</i> sp., <i>Leioceras</i> sp.) e associazioni a nannofossili calcarei. Spessore: 70-130 m. AALENIANO - BATHONIANO INFERIORE (?)</p>
	FVC	<p>FORMAZIONE DI VILLA CARCINA (corrispondente al membro dei "Calcarei nocciola" della formazione di Concesio <i>Auct.</i>) Calciruditi fini e calcareniti di colore bruno-nocciola, riccamente selciose, in banchi e strati gradati e laminati di natura torbiditica, contenenti frammenti litici e biogeni (abbondanti resti di crinoidi, echinidi e brachiopodi), intercalate a peliti e calcari marnosi. La base della formazione è caratterizzata da una litozona marnosa basale cui fa seguito un potente corpo ruditico ("<i>slump</i> del Caricatore"), esteso tra il Lago d'Isèo e la Val Trompia. Si rinvencono ammoniti e nannofossili calcarei. Spessore: 230-270 m. TOARCIANO INFERIORE - AALENIANO p.p. ?</p>

Figura 4.1: Carta geologica dell'area in esame ( Sito) (Ispra, 2011)

Fonte: Sito Ispra 2011

Nell'area in esame la successione giurassica inizia con la Formazione di Concesio (Lias-Dogger), suddivisa in:

- Membro Superiore 'Calcarei Medoloidi' (**FME**) (Aaleniano-Bathoniano Inferiore), caratterizzato da calcari marnosi grigi, bioturbati e attraversati da sottili listarelle centimetriche di selce, in banche e strati separati da marne; e

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

- Membro Inferiore 'Torbidityco' (Formazione di Villa Carcina) (**FVC**) (Toarciano Inferiore-Aaleniano), costituito da calciruditi fini e calcareniti di colore bruno-nocciola, riccamente selciose, in banchi e/o strati gradati e laminati di natura torbidityca, contenenti frammenti sia litici che biogeni, intercalati a peliti e calcari marnosi.

Risulta anche presente una litozona, caratterizzata da intensa silicizzazione, che preannuncia il passaggio alle sovrastanti formazioni del Gruppo del Selcifero Lombardo (Dogger sup-Malm): la Formazione delle 'Radiolariti' e sovrastante 'Rosso ad Aptici':

- L'Unità del "Rosso ad Aptici" (**RAP**) (Kimmeridiano superiore-Titoniano inferiore), formata da calcari marnosi e marne calcaree, spesso silicei in strati sottili, di colore prevalentemente rosso, in banchi e strati, con selce rossastra o talora verdognola per lo più disposta in listarelle;
- L'Unità delle "Radiolariti del Selcifero Lombardo" (**RSL**) (Bathoniano inferiore-Kimmeridiano superiore), è costituita da calcari selciosi di colore rosso, verde o bruno, con interstrati argillosi e marnosi e livelli marnoso-calcarei.

Entrambe le unità risultano frequentemente interessate da peculiari intensi fenomeni deformativi a media e piccola scala.

Le unità delle "Radiolariti" e del "Rosso Aptici" soggiacciono alla formazione della 'Maiolica' (**MAI**) (Titoniano superiore-Aptiano inferiore) che conclude la sequenza della successione di questa parte di sinclinale in corrispondenza del Dosso Corno. La 'Maiolica' è caratterizzata da una porzione basale a facies massive di calcari bianchi, a frattura concoide, affioranti in banchi competenti, ed una porzione sommitale a calcari marnosi più sottili con intercalazioni marnoso-argillose, di colore da grigio a nocciola, ricchi di selci da brune a nere. Frequentemente è interessata da fenomeni carsici con evidenti condotti beanti o con riempimento terroso.

Per quanto riguarda le coperture del substrato roccioso, i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici del fondovalle (**VC**) sono prevalentemente costituiti da ghiaie e sabbie, con grossi ciottoli, trovanti a matrice variabile essenzialmente sabbiosa o sabbioso-limosa.

Presso l'alveo si hanno i depositi fluviali medio-recenti e recenti delle piane alluvionali inondabili (**POI**), costituiti da ghiaie stratificate con matrice sabbiosa. Localmente sono presenti livelli e lenti limoso-sabbiose o limoso-argillose corrispondenti alle fasi di minore energia.

Completano il quadro geologico i vasti depositi di conoide (**DB**) agli sbocchi torrentizi su cui si estendono gli abitati di Carcina e Codolazza. Questi depositi, che si raccordano ai depositi detritici di versante (**GR**), sono costituiti da elementi rocciosi di varia pezzatura a spigoli vivi o parzialmente arrotondati immersi in una matrice limoso-argillosa di origine colluviale o eluviale.

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

4.1.2. Inquadramento geomorfologico

Dal punto di vista geomorfologico l'area del sito è rappresentata dalla piana di fondovalle, in sponda sinistra del fiume Mella, tra i versanti del monte 'Dosso Corno' (600m) ad Est, ed i versanti del Monte Quarone ad Ovest.

Il paesaggio di questo tratto della bassa Val Trompia è rappresentato da:

- il fondovalle del F. Mella, a morfologia pianeggiante è fortemente interessato dall'espansione recente delle aree urbane con insediamenti di tipo residenziale e soprattutto industriale e artigianale;
- la fascia di raccordo tra i versanti montuosi e il fondovalle, caratterizzata da una acclività moderata, spesso terrazzata con coltivazioni specializzate;
- i conoidi di deiezione, talora terrazzati, prodotti dall'apporto di materiale trasportato dai torrenti e depositato al loro sbocco nella valle principale. Su di essi si sono sviluppati i nuclei abitativi più elevati di S. Vigilio e Cocesio;
- versanti montuosi boscati che presentano generalmente pendenze elevate, con piccole radure, in corrispondenza delle principali rotture di pendio, aventi estensione variabile e coltivate a prato.

Sia nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del F. Mella [5], che nel progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia) [6], non risultano censite e cartografate morfologie o fenomeni di dissesto geomorfologico e idrogeologico potenziale o in atto in corrispondenza dell'area di progetto. Il progetto IFFI, da dati storici, riporta alcuni crolli e colamenti diffusi sui pendii del 'Dosso Corno' a circa 700m Est-Nord Est e un relitto di scivolamento rotatorio/traslativo sul versante ai piedi del Monte Quarone a circa un chilometro ad Ovest dell'area in studio (Figura 4.2).

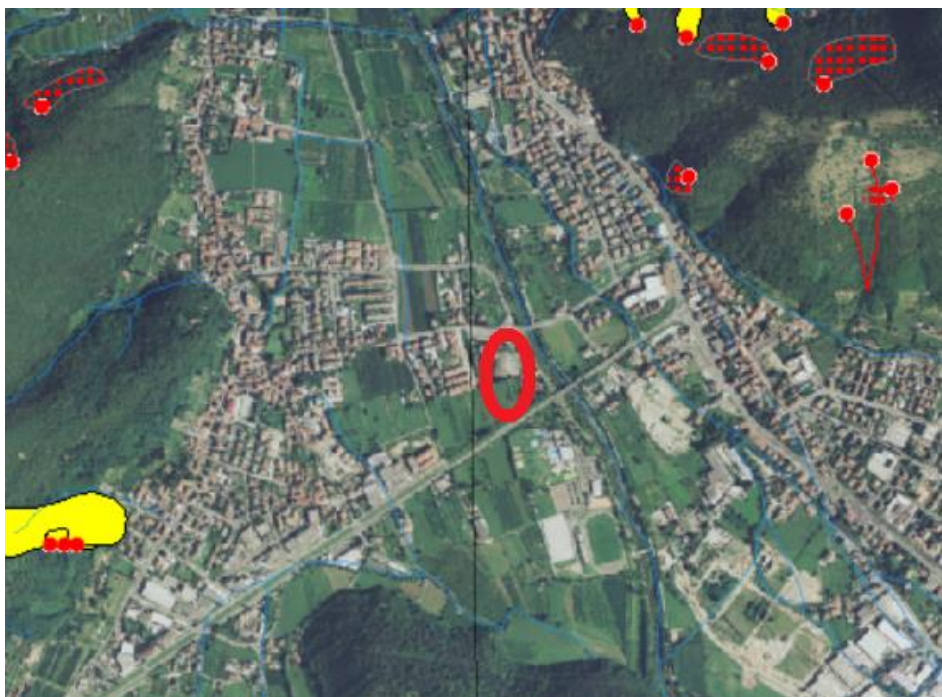


Figura 4.2: Carta dei Dissesti del Progetto IFFI ( Zona galleria artificiale;  frana;  aree soggette a crollo;  scivolamento)

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

4.1.3. Inquadramento idrogeologico

Per quanto riguarda gli aspetti idrografici, il fiume Mella rappresenta il principale corso idrico della piana di fondovalle localizzato ad qualche centinaio di metri ad Est dell'area in esame. In base al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (AdB Po), l'area di progetto ricade in area classificata di pericolosità media di esondazione [5] (Figura 4.3).

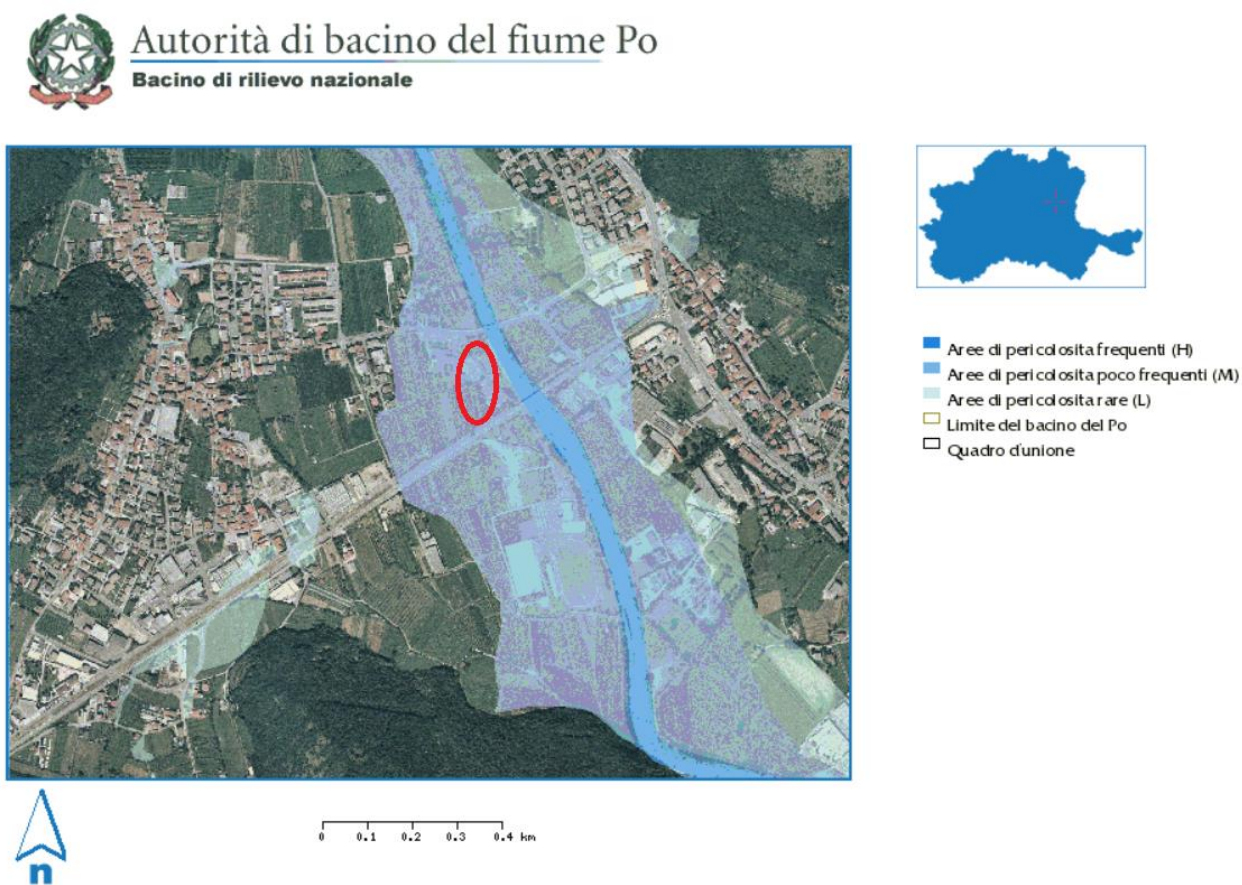


Figura 4.3: Carta della pericolosità di esondazione dal PGRA dell'AdB del Fiume Po (0 Sito)

L'intera area non è sottoposta a Vincolo Idrogeologico (RD 3267 del 30 dicembre 1923).

L'acquifero della piana di fondovalle, formato da depositi alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie spessi oltre 40m, ospita una falda freatica con livello profondo qualche metro dal piano campagna. La permeabilità dell'acquifero di tipo poroso è caratterizzato da valori medio bassi.

4.2. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO

La sezione presenta gli aspetti rilevanti dell'assetto tettonico (strutture sismogenetiche e faglie capaci) e della sismicità dell'area.

4.2.1. Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci

Dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.2.0; <http://diss.rm.ingv.it/diss/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) [7]., l'area

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

di studio non ricade all'interno di strutture sismogenetiche singole (ISS) o composite (CSS) ⁷. Tuttavia In base alla mappa di inquadramento sotto riportata (Figura 4.4) si evidenzia che l'area di studio è molto prossima, circa 2 chilometri, alla CSS classificata come ITCS010 "Western S-Alps Internal Thrusts", stimata per magnitudo massima M_w pari a 5.5.

Questa struttura si estende a cavallo della regione ad ovest del Lago di Garda tra le città di Brescia (ad est) e Bergamo (ad ovest) e fa parte di un fronte interno di spinta del sistema di spinta delle Giudicarie Alpine meridionali. La struttura si presenta come un arco interno alpino Sud vergente, costituito dal sistema di faglie compressionali più meridionali delle Alpi.

Cataloghi storici e strumentali mostrano solo una distribuzione sparsa di sismicità intermedia lungo il colpo del fronte di spinta. In particolare i cataloghi storici elencano eventi di magnitudo nell'intervallo tra M_w 4,6 e 5,0, che potrebbero essere stati generati da sorgenti sismogenetiche appartenenti a questa sorgente composita.

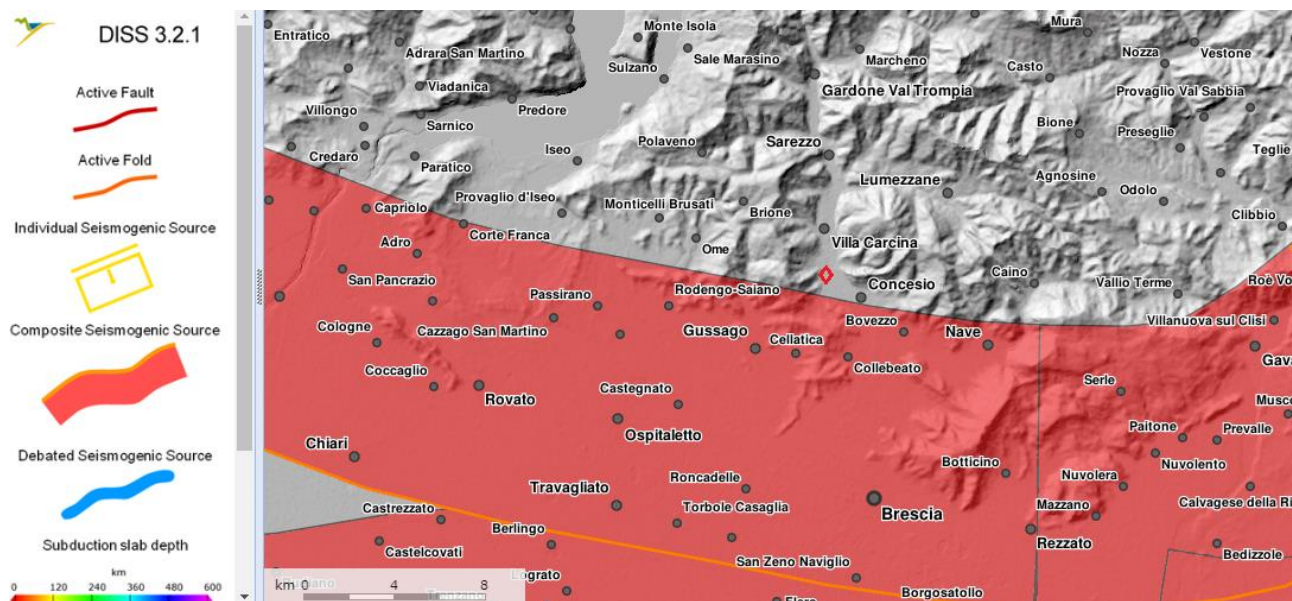


Figura 4.4: Mappa delle sorgenti sismogenetiche nell'area circostante Concesio

(Diss Working Group, 2018) (♦ Sito)

L'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo del Progetto Ithaca⁸ in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) [8]. Come 'faglia capace' si indica il caso di faglia in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata.

Come mostra la mappa (Figura 4.5), l'area di progetto della galleria artificiale è attraversata da una faglia capace, una faglia inversa denominata 'Nave Gussago' con andamento est ovest, identificata per morfologia e spostamento dei depositi del Pleistocene medio-tardo. Lo studio di questa faglia capace (Castaldini et alii, 1991) [14] è considerato di qualità buona con una affidabilità di livello medio, tuttavia non riporta alcun rate di possibile spostamento della faglia capace (vedi file allegato di Faglia di San Vigilio), indicando come ultima attività della struttura nel periodo 'Tardo Pleistocene'.

⁷ ISS = Individual Seismogenic Source; CSS = Composite Seismogenic Source.

⁸ ITHACA = ITaly HAZard from CApable faults.

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

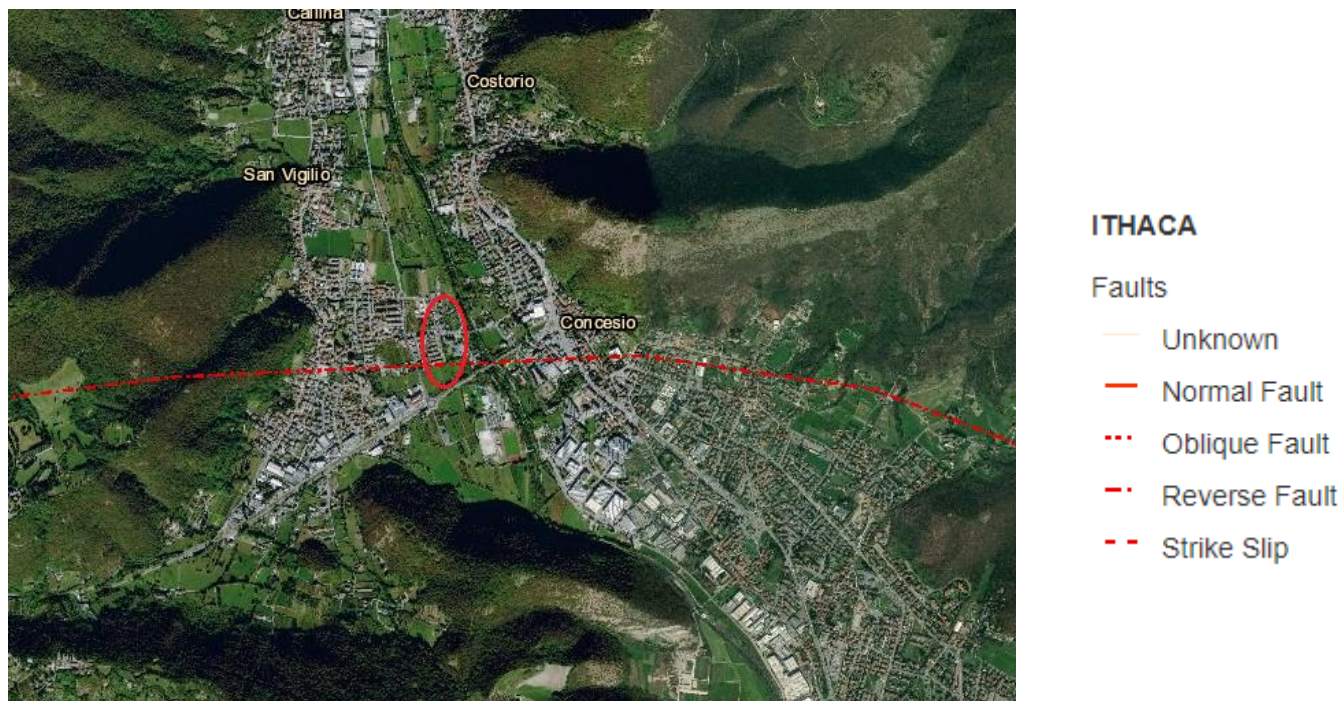


Figura 4.5: Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante Concesio (SGI - ISPRA, 2018) (0 Sito)

4.2.2. Sismicità

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV 'Iside'⁹ ("Italian Seismic Instrumental and parametric Data-Base") [9] (Figura 4.6) non evidenzia una particolare sismicità nell'area di Concesio. I terremoti registrati di magnitudo Mw maggiore di 4 più prossimi all'area di progetto risultano il sisma del 23 Novembre 1911 localizzato a Lumezzane di Magnitudo Mw 4.79 distante 5km dal sito, e il sisma del 30 Ottobre 1901 centrato a circa 23km in sponda ovest del Lago di Garda di Magnitudo Mw 5.44. I cataloghi riportano altri terremoti storici intensi nell'area circostante la zona in studio, come, in particolare, il terremoto di magnitudo Mw 6 denominato di 'basso Bresciano' avvenuto il 25-12-1222 con epicentro tra Brescia e Verona, ma presumibilmente localizzato in corrispondenza del Lago di Garda.

⁹ ISIDe working group (2016) version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

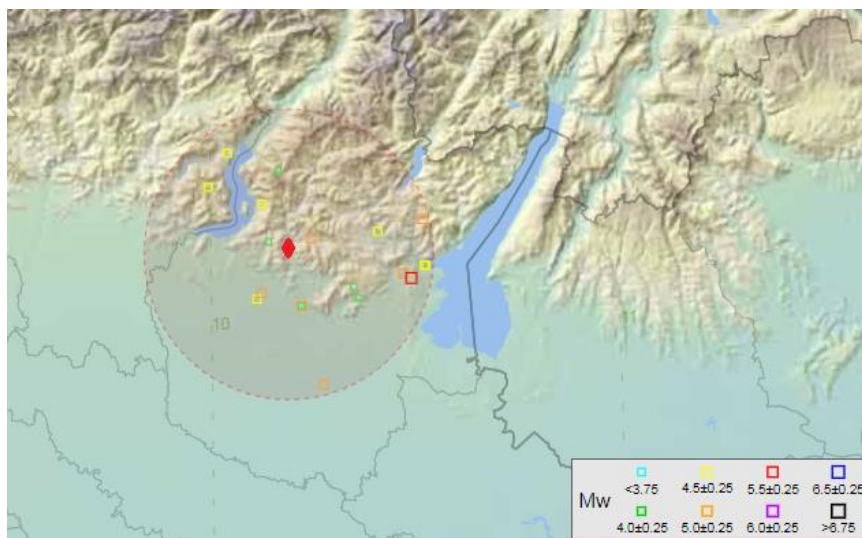


Figura 4.6: Magnitudo dei terremoti in un raggio pari a 25 km da Concesio, estratti dal database Iside (INGV) (◆ Sito)

Fonte: Sito INGV, 2016

La figura seguente (Figura 4.7) riporta la sismicità in un cerchio di 40 km di raggio da Villa Carcina/Concesio dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI15) in termini di intensità massima risentita (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) [10]. Il CPTI15 fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita (I_{max}) ≥ 5 o magnitudo momento (M_w) ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

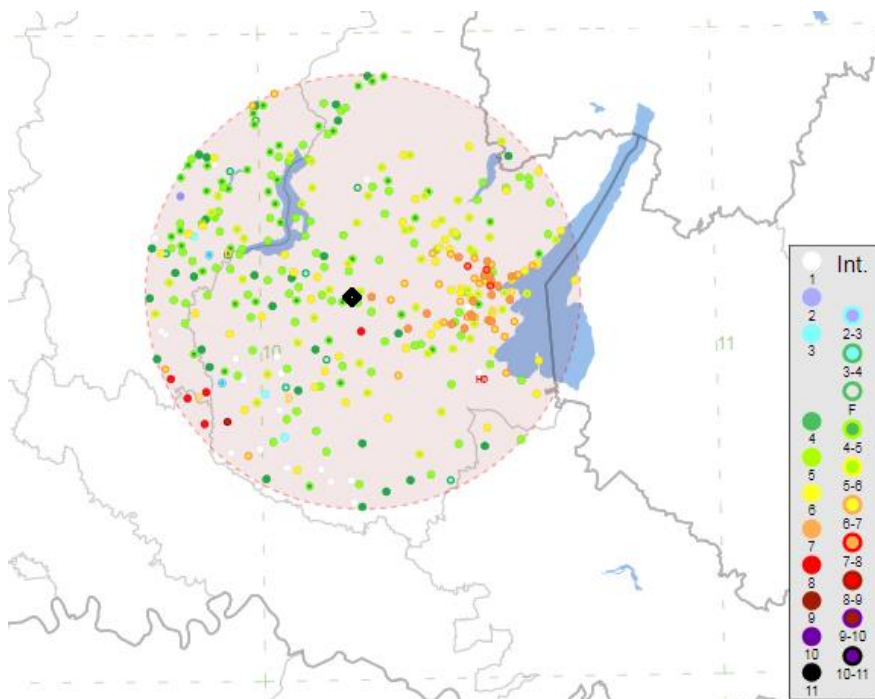


Figura 4.7: Intensità massima risentita dei terremoti in un raggio pari a 40 km da Concesio, estratti dal CPTI15 (◆ Sito)

Fonte: Sito INGV, 2015

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Relativamente agli effetti risentiti di 7 terremoti estratti da CPTI15 (Figura 4.8) la intensità massima (Imax) di risentimento per Concesio è pari a 5-6 come visibile dalla sequenza temporale delle massime intensità riportata nella lista sottostante e grafico sottostante (Figura 4.8).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
3-4	1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
4-5	1993	12	09	18	16	5	Lago d'Iseo	175	5	4.11
4	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
NF	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
5-6	2004	11	24	22	59	3	Garda occidentale	176	7-8	4.99
3-4	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36

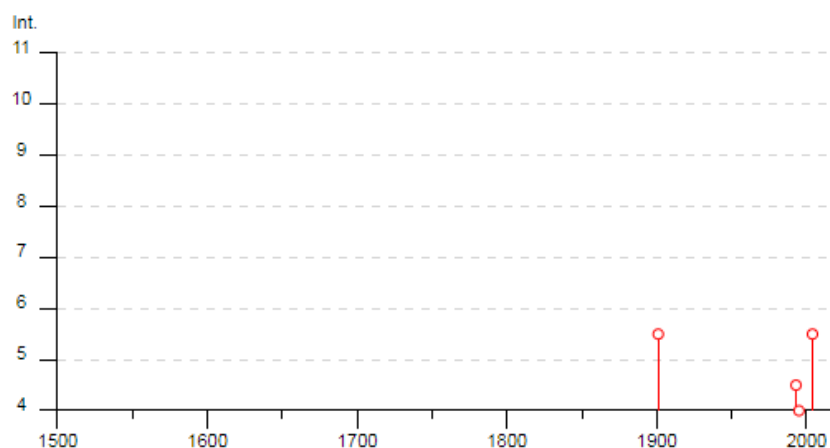


Figura 4.8: Intensità massime dei terremoti risentiti a Concesio estratte dal CPTI15 dal 1550

Fonte: Sito INGV, 2015

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto, sulla base del DGR della Lombardia dell'11 luglio 2014 n. 2129, entrata in vigore il 10 aprile 2016, ricade in un comune, quello di Concesio, in cui possono verificarsi terremoti modesti. Il comune è classificato come **Zona 3** con Ag max pari 0.148.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (ag) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni:

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Zona sismica	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (ag)
1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	$ag > 0.25$
2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti	$0.15 < ag \leq 0.25$
3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti	$0.05 < ag \leq 0.15$
4	E' la zona meno pericolosa	$ag \leq 0.05$

Dalla carta nazionale dell' INGV [11] che mostra graficamente per tutta l'Italia i valori di accelerazione (ag) espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti al substrato rigido caratterizzato da $V_s > 800\text{m/s}$ (Figura 4.9) per l'area in esame risultano valori di ag compresi tra $0.125 < ag \leq 0.150$.

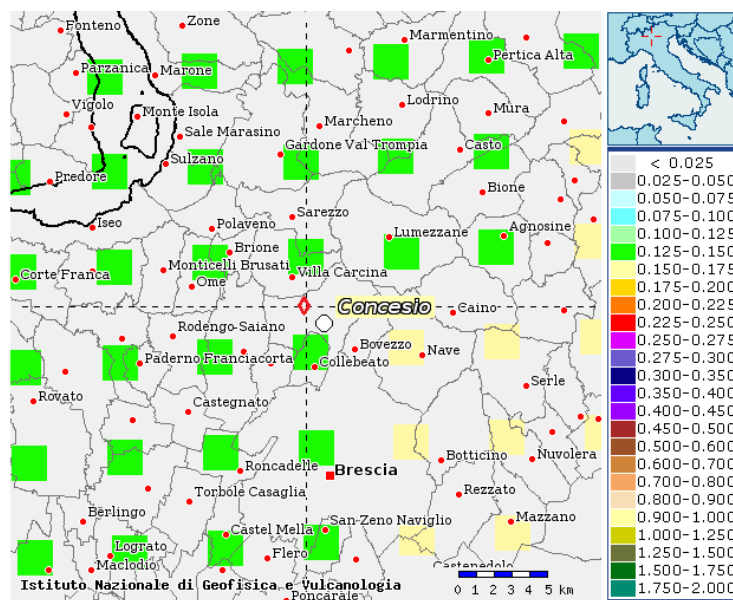


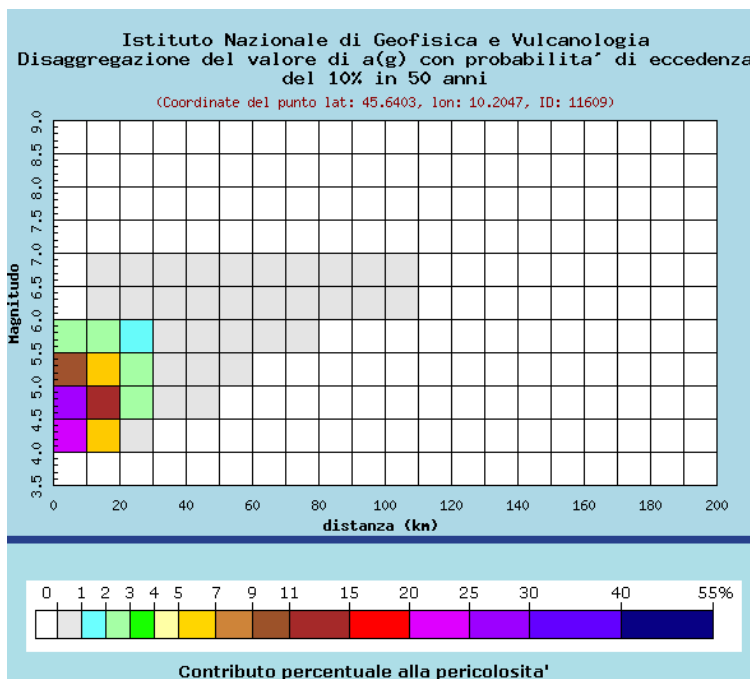
Figura 4.9: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (da INGV) nell'area del sito (♦ Sito)

Fonte: Sito INGV, 2008

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

L'analisi di disaggregazione derivata dall' INGV [11] ha permesso di identificare come terremoto dominante lo scenario di pericolosità sismica dell'area un sisma di Magnitudo 4,8 ad una distanza di 9,84 km (Figura 4.10).



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% 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	22.300	28.500	9.170	2.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	6.120	11.900	6.940	2.910	0.633	0.076	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.514	2.160	2.270	1.510	0.647	0.092	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.131	0.498	0.518	0.335	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.059	0.151	0.148	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.002	0.038	0.066	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.028	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	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

Figura 4.10: Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area

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

4.3. ASSETTO STRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO AREA DI PROGETTO

Mell'area del tracciato della galleria artificiale sono state svolte diverse campagne geognostiche: Progetto Definitivo, Progetto Esecutivo, Integrazione di progetto (Figura 4.11)

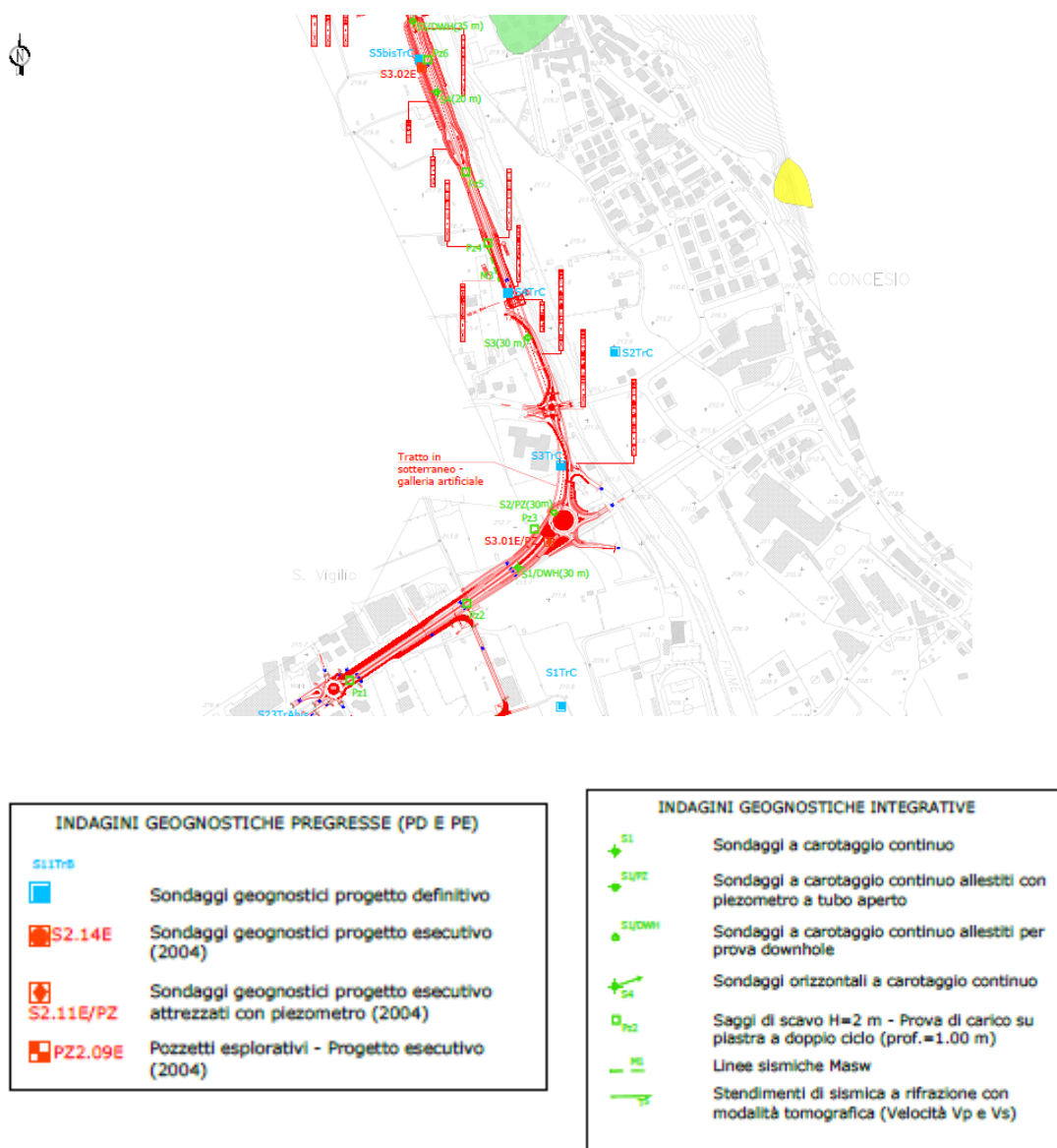


Figura 4.11: Ubicazione indagini tracciato galleria artificiale

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Tuttavia, l'inquadramento geologico stratigrafico è stato derivato sostanzialmente dai dati della campagna di indagini integrative al progetto esecutivo [2][3] in quanto considerate esaustive e comprensive delle indicazioni delle risultanze delle precedenti indagini del progetto definitivo ed esecutivo. La campagna di indagini ha compreso, in particolare:

- 4 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo: S01-DH profondo 30m, S02-PZ profondo 30m, S03 profondo 30m, S04 profondo 20m. Il sondaggio S02-PZ è stato attrezzato a piezometro per la rilevazione del livello della falda. Nei sondaggi sono state eseguite prove in sito SPT, prove di permeabilità, prelievo di campioni rimaneggiati;
- 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).

La seguente figura (Figura 4.12) mostra più in dettaglio l'ubicazione delle indagini integrative del 2019.

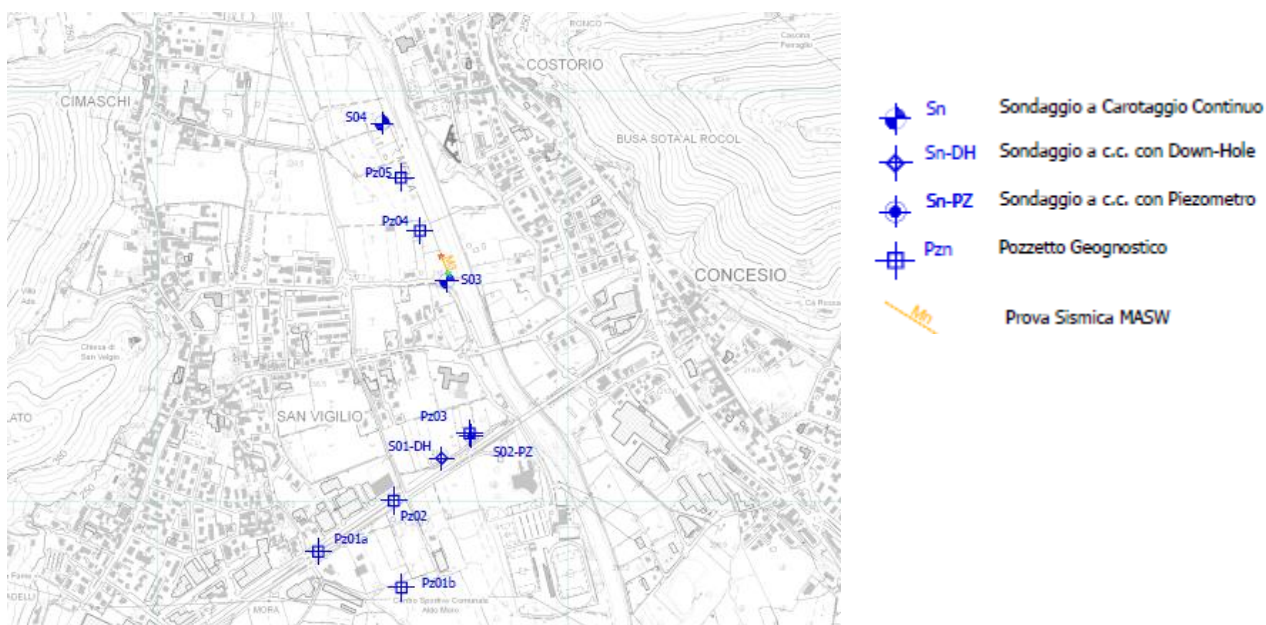


Figura 4.12: Planimetria indagini integrative del 2019

**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 4.13: Ubicazione prova Down-Hole (DWH) e prova sismica MASW

La prova geofisica down-hole eseguita all'interno del sondaggio S01-DH (Figura 4.13) ha fornito la curva delle velocità delle onde P e S fino alla profondità di 30m (Figura 4.14) Dalle curve si rilevano tre cambi di velocità sismica alle profondità rispettivamente di circa 4-5m, 10m e 24m, con le velocità delle onde P che crescono da una media di 600m/s tra 0 e 4-5m, a 1200m/s tra 4-5m e 10m, 1900 m/s tra 10m e 24m, e 2100 m/s tra 24m e 30m, mentre le velocità delle onde S aumentano da una media di 250m/s tra 0 e 4-5m, a 400m/s tra 4-5m e 10m, 530 m/s tra 10m e 30m a 670 m/s tra 10m e 30m.

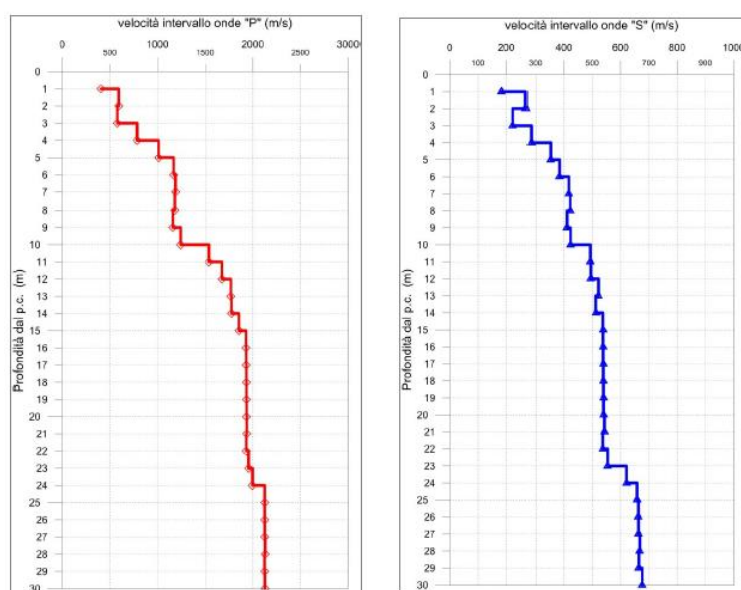


Figura 4.14: Velocità delle opne P e S dalla prova Down-Hole nel sondaggio S01-DH

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

L'analisi dei dati stratigrafici e geofisici ha potuto definire uno schema stratigrafico semplificato dell'area in esame:

- dalla superficie fino a quote variabili tra 10 e 16m: alternanza di strati di ghiaia sabbia da medie a grossolane di colore marrone-grigiastro con ciottoli e trovanti con strati decimetrici di ciottoli e trovanti;
- da quote variabili tra 10m e 16m fino a fondo sondaggi (30m): strato alluvionale come sopra ma con drastica riduzione in termini di spessore e frequenza degli strati intervallati di ciottoli e trovanti.

La Figura 3 fuori testo presenta la carta geologica e la sezione geologica dell'area della galleria artificiale di S. Vigilio.

Dalle indagini in sito, in particolare le prove penetrometriche standard (SPT), e dalle prove in laboratorio, a queste coperture alluvionali addensate può essere associato un valore di riferimento di peso di volume di 20 kN/m³ e un angolo di attrito ϕ' variabile lungo il tracciato tra un massimo di 40° un minimo di 32° riducendosi da S. Vigilio in direzione nord, fino a raggiungere il valore minimo presso il sondaggio S4.

Dalle informazioni a disposizione la prima falda è contenuta nell'acquifero superficiale, profondo alcune decine di metri e costituito dagli strati ghiaiosi e sabbiosi intercalati in profondità da livelli conglomeratici cementati. La soggiacenza della falda rilevata nel piezometro installato nel sondaggio S02PZ è risultata a profondità comprese tra 13,70m (5 Febbraio 2020) e 12,20 m (23 Maggio 2019) dal piano campagna. Dalle prove Lefranc di permeabilità a carico variabile effettuate nei sondaggi S02PZ e S03, la permeabilità risulta essere su valori di circa $2,6 \times 10^{-5}$ m/s nel primo strato insaturo dell'acquifero alluvionale, mentre su valori di circa $1,1 \times 10^{-5}$ m/s nel secondo strato saturo dell'acquifero alluvionale.

In considerazione di livelli di soggiacenza sopra riportati, dell'effetto alimentante del Fiume Mella nei confronti della falda e della prossimità della galleria artificiale con il corso d'acqua, è da tenersi in considerazione la possibilità di interferenza tra l'opera in progetto e la circolazione di subalveo delle acque provenienti dal Fiume Mella.

Il valore di 'Velocità S equivalente' V_s , eq pari a 438 m/s determinato dai valori di V_s compresi tra 250 e 670 m/s ottenuti mediante la prospezione sismica Masw (ubicazione in Figura 4.12) permettono di associare i terreni dell'area in sito alla Categoria B di terreni: 'Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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

5. GALLERIA NATURALE CODOLAZZA-SAREZZO/VAL GOBBIA

5.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

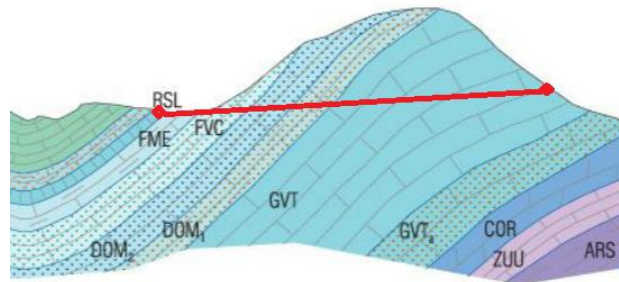
Questa sezione fornisce un inquadramento degli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area circostante il sito in esame.

5.1.1. Inquadramento geologico

Il substrato roccioso dei versanti del Monte Palosso, ad est del fondovalle del F. Mella, tra Codolazza e Sarezzo è rappresentato da formazioni calcaree e silicee appartenenti alla successione giurassica del fianco settentrionale della vasta sinclinale che interessa strutturalmente questa parte di territorio: la sinclinale di Costorio. Questa sinclinale, terziaria ad asse a direzione orobica Est Ovest, caratterizza la vasta area circostante il Monte Palosso con la tipica forma a «catino» con unità litostratigrafiche più recenti al centro («Maiolica» - Titoniano sup.) e più antiche ai bordi («Corna»- Sinemuriano). La linea rossa delle figure seguenti (Figura 5.1A e 5.1B) mostrano, su una sezione ed una pianta, il percorso della galleria naturale attraverso le formazioni rocciose del fianco settentrionale della sinclinale (ISPRA, 2011) [4].



(A)



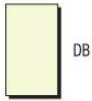
(B)

Legenda

	<p>SINTEMA DEL PO Diamicton massivi o grossolanamente stratificati, a prevalente supporto di matrice; ghiaie eterometriche a supporto clastico; clasti di provenienza locale (depositi di versante). Limi e limi argillosi massivi, con clasti sparsi (depositi colluviali). Ghiaie poligeniche da massive a stratificate con locali livelli di sabbie e limi (depositi alluvionali). Depositi palustri e di torbiera. Travertini. Superficie limite superiore caratterizzata da morfologie ben conservate o ancora in evoluzione; profilo di alterazione con profondità inferiore a 50 cm; colore della matrice 2,5 Y ÷ 10 YR. <i>PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE</i></p>
	<p>SUPERSINTEMA DEL FIUME MELLA Ghiaie poligeniche a supporto clastico (depositi fluviali). Ghiaie monogeniche a supporto clastico, grossolanamente stratificate; cementazione variabile, pervasiva (depositi di versante e falde detritiche). Superficie limite superiore polifasica, con morfologie ben conservate; copertura loessica assente; profilo di alterazione pluridecimetrico dove non eroso dall'attività antropica, colore della matrice 10 ÷ 7,5 YR. <i>PLEISTOCENE SUPERIORE</i></p>

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE



SUPERSINTEMA DI DOSSO BAIONE

Limi massivi con clasti spigolosi diffusi; ghiaie a supporto clastico; clasti esclusivamente residuali (selce) (depositi di versante e di conoide). Superficie limite superiore polifasica, con morfologie terrazzate; spessore del profilo di alterazione plurimetrico; colore della matrice 7,5 + 5 YR.
PLEISTOCENE INFERIORE (?) – PLEISTOCENE MEDIO



MAIOLICA

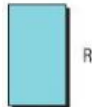
Calcarei pelagici (calcilutiti) biancastri e grigio-chiari, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, a frattura concoide, con stiloliti. Noduli e liste di selce, bionda alla base e grigio-nera verso l'alto. Nella porzione superiore sono presenti interstrati di argilliti nere, livelli intraformazionali risedimentati e *slumping*. Verso la base sono presenti calcari marnosi rosati e verdognoli in strati da centimetrici a decimetrici ("calcarei variegati"), che segnano la transizione al Rosso ad Aptici. Il contenuto fossilifero è costituito da calcipionelle, aptici, foraminiferi, radiolari, e frequenti associazioni a nannofossili calcarei. Spessore: 200-250 m. *TITONIANO SUPERIORE - APTIANO INFERIORE*

GRUPPO DEL 'SELCIFERO LOMBARDO' SM



ROSSO AD APTICI

Calcarei marnosi, marne calcaree e marne, spesso silicee, di colore prevalentemente rosso, in banchi e strati, con selce rossastra o talora verdognola per lo più disposta in listarelle. Il passaggio con la soprastante Maiolica è di norma caratterizzato dalla presenza di "calcarei variegati", rosati e verdognoli, e localmente da facies brecciate (riferibili presso Polaveno al Valanginiano inferiore). Sono presenti aptici, belemniti e, nelle microfacies, anche radiolari, rare spicole di spugna, ostracodi e lamellibranchi pelagici. Calcitorbiditi a *Saccocoma* sono presenti nei livelli di età Kimmeridgiano superiore. Spessore: 35-85 m. *KIMMERIDGIANO SUPERIORE - TITONIANO INFERIORE*



RADIOLARITI DEL SELCIFERO LOMBARDO

Selci policrome in strati centimetrici, di colore prevalentemente verdastro nella parte inferiore e rosso nella parte superiore. Localmente si osservano intercalazioni di marne e argilliti. Spessore: 35-65 m. *BATHONIANO INFERIORE (?) - KIMMERIDGIANO INFERIORE*

GRUPPO DI CONCESIO CC



FORMAZIONE DEI CALCARI MEDOLOIDI

(corrispondente al membro dei "Calcarei medoloidi" della formazione di Concesio Auct.) Calcarei (calcilutiti) e calcari marnosi grigi, bioturbati con listarelle centimetriche di selce, in banchi e strati separati da marne. Si alternano anche strati calcarenitici gradati e corpi ruditici. Alla sommità si riconosce una litozona caratterizzata da strati sottili rossastrati di calcare marnoso siliceo, ricca di lamellibranchi pelagici orientati. Sono presenti ammoniti riferibili alla *Z. Opalinum* dell'Aaleniano (*Tmetoceras* sp., *Leioceras* sp.) e associazioni a nannofossili calcarei. Spessore: 70-130 m. *AALENIANO - BATHONIANO INFERIORE (?)*

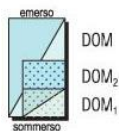


FORMAZIONE DI VILLA CARCINA

(corrispondente al membro dei "Calcarei nocciola" della formazione di Concesio Auct.) Calciruditi fini e calcareniti di colore bruno-nocciola, riccamente selciose, in banchi e strati gradati e laminati di natura torbiditica, contenenti frammenti litici e biogeni (abbondanti resti di crinoidi, echinidi e brachiopodi), intercalate a peliti e calcari marnosi. La base della formazione è caratterizzata da una litozona marnosa basale cui fa seguito un potente corpo ruditico (*slump* del Caricatore*), esteso tra il Lago d'Iseo e la Val Trompia. Si rinvengono ammoniti e nannofossili calcarei. Spessore: 230-270 m. *TOARCiano INFERIORE - AALENIANO p.p. ?*

GRUPPO DEL 'MEDOLO' MD

CALCARE DI DOMARO



Membro superiore

(a Est del Lago d'Iseo) Calcarei (calcilutiti) e calcari marnosi di colore nocciola, biancastri all'alterazione, con noduli ferruginosi e con rare liste di selce bionda, in banchi metrici generati dal rinsaldamento di più strati, alternati ad orizzonti marnosi di spessore decimetrico. Si rinvengono numerose ammoniti, tra cui *Paltarpites* sp., *Fontanelliceras fontanellense*, *Dactyloceras* sp., *Paltarpites* cf. *jucundus*, *Lioceratoides* cf. *grecoi*, *Canavaria* cf. *naxensis*, *Emaciaceras* gr. *archimedis*, *Arietoceras* gr. *algovianum*, *Arietoceras* gr. *bertrandi*. Spessore: 150-180 m. *DOMERIANO INFERIORE p.p. - TOARCiano BASALE*

Membro inferiore

(a Est del Lago d'Iseo) Banchi di calcare marnoso grigio-plumbeo, più chiaro e talora giallognolo all'alterazione, intensamente bioturbato, con noduli ferruginosi e listarelle discontinue di selce, in alternanza con marne scure, frequentemente fossilifere. Le ammoniti presenti sono rappresentate da *Rynesoceras ragazzonii*, *Arietoceras* aff. *apertum sensu MEISTER*, *Protogrammoceras* aff. *marianii*, *Fucinoceras lavinianum*. Spessore: 100-150 m. *CARIXIANO SOMMITALE - DOMERIANO INFERIORE p.p.*

**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 5.1: Carta geologica (A) e sezione geologica (B) dell'area in esame (Ispra, 2011)

Fonte: Sito Ispra 2011

Come visibile nella figura (a) la successione del Giurassico nell'area in esame inizia dal basso con la Formazione di Corno (**COR**) (Lias) composta di calcari quasi puri, talora dolomitizzati, compatti, bianchi, in potenti bancate a stratificazione non sempre evidente. La formazione può essere interessata da diffusi fenomeni di dissoluzione chimica e frequenti strutture carsiche evolute.

Seguita dal Gruppo del Medolo, formato dal Calcare di Gardone Val Trompia e Calcare di Domaro (Lias):

- il Calcare di Domaro (**DOM**) (Carixiano sommitale-Toarciano basale) è costituito da banchi di calcare marnoso grigio plumbeo, talora giallognolo all'alterazione, intensamente bioturbato ed attraversato da sottili listarelle discontinue di selce, in alternanza con pacchi di marna scura, frequentemente fossilifera; e
- il Calcare di Gardone Val Trompia (**GVT**) (Hettangiano-Carixiano Superiore) è formato da calcari grigio-nocciola in strati decimetrici, frequentemente selciosi, con interstrati marnoso-argillosi.

La successione prosegue con la Formazione di Concesio (Lias-Dogger), suddivisa in:

- Membro Superiore 'Calcarei Medoloidi' (**FME**) (Aaleniano-Bathoniano Inferiore), caratterizzato da calcari marnosi grigi, bioturbati e attraversati da sottili listarelle centimetriche di selce, in banche e strati separati da marne; e
- Membro Inferiore 'Torbiditico' (Formazione di Villa Carcina) (**FVC**) (Toarciano Inferiore-Aaleniano), costituito da calciruditi fini e calcareniti di colore bruno-nocciola, riccamente selciose, in banchi e/o strati gradati e laminati di natura torbiditica, contenenti frammenti sia litici che biogeni, intercalati a peliti e calcari marnosi.

Risulta anche presente una litozona, caratterizzata da intensa silicizzazione, che preannuncia il passaggio alle sovrastanti formazioni del Gruppo del Selcifero Lombardo (Dogger sup-Malm), la Formazione delle 'Radiolariti' e sovrastante 'Rosso ad Aptici':

- l'Unità del "Rosso ad Aptici" (**RAP**) (Kimmeridiano superiore-Titoniano inferiore), formata da calcari marnosi e marne calcaree, spesso silicei in strati sottili, di colore prevalentemente rosso, in banchi e strati, con selce rossastra o talora verdognola per lo più disposta in listarelle;
- l'Unità delle "Radiolariti del Selcifero Lombardo" (**RSL**) (Bathoniano inferiore-Kimmeridiano superiore), è costituita da calcari selciosi di colore rosso, verde o bruno, con interstrati argillosi e marnosi e livelli marnoso-calcarei.

Entrambe le unità risultano frequentemente interessate da peculiari intensi fenomeni deformativi a media e piccola scala.

Le unità delle "Radiolariti" e del "Rosso Aptici" soggiacciono alla formazione della 'Maiolica' (**MAI**) (Titoniano superiore-Aptiano inferiore) che conclude la sequenza della successione di questa parte di sinclinale in corrispondenza del Dosso Corno. La 'Maiolica' è caratterizzata da una porzione basale a facies massive 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

calcari bianchi, a frattura concoide, affioranti in banchi competenti, ed una porzione sommitale a calcari marnosi più sottili con intercalazioni marnoso-argillose, di colore da grigio a nocciola, ricchi di selci da brune a nere. Frequentemente è interessata da fenomeni carsici con evidenti condotti beanti o con riempimento terroso.

Per quanto riguarda le coperture del substrato roccioso, i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici del fondovalle (**VC**) sono prevalentemente costituiti da ghiaie e sabbie, con grossi ciottoli, trovanti a matrice variabile essenzialmente sabbiosa o sabbioso-limosa.

Presso l'alveo si hanno i depositi fluviali medio-recenti e recenti delle piane alluvionali inondabili (**POI**), costituiti da ghiaie stratificate con matrice sabbiosa. Localmente sono presenti livelli e lenti limoso-sabbiose o limoso-argillose corrispondenti alle fasi di minore energia.

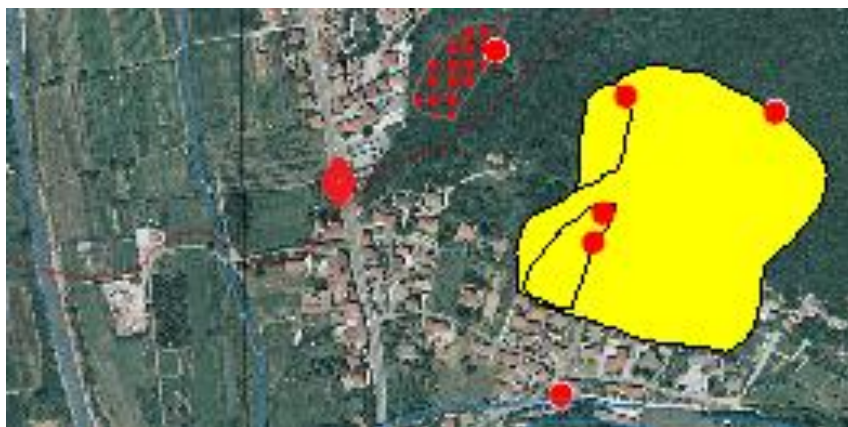
Completano il quadro geologico i vasti depositi di conoide (**DB**) agli sbocchi torrentizi su cui si estendono gli abitati di Carcina e Codolazza. Questi depositi, che si raccordano ai depositi detritici di versante (**GR**), sono costituiti da elementi rocciosi di varia pezzatura a spigoli vivi o parzialmente arrotondati immersi in una matrice limoso-argillosa di origine colluviale o eluviale.

5.1.2. Inquadramento geomorfologico

Dal punto di vista geomorfologico l'area della galleria è rappresentata dai ripidi versanti che dalla sponda sinistra del fiume Mella risalgono al Monte Palosso (1158m), la vetta più elevata della corona prealpina della bassa Vai Trompia.

Il paesaggio dei versanti che da sud, tra Codolazza-Villa Carcina, a Sarezzo e Val Gobbia, attraverso l'abitato di Case Vignone è rappresentato da aree boscate con piccole radure, in corrispondenza delle principali rotture di pendio, aventi estensione variabile e coltivate a prato.

Sia nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del F. Mella [5], che nel progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia) [6], risultano censite e cartografate nell'immediato intorno dei tre imbocchi della galleria naturale presso Codolazza, Sarezzo e ValGobbia fenomeni franosi in atto e quiescenti (Figure 5.2A 5.2B e 5.2.C).



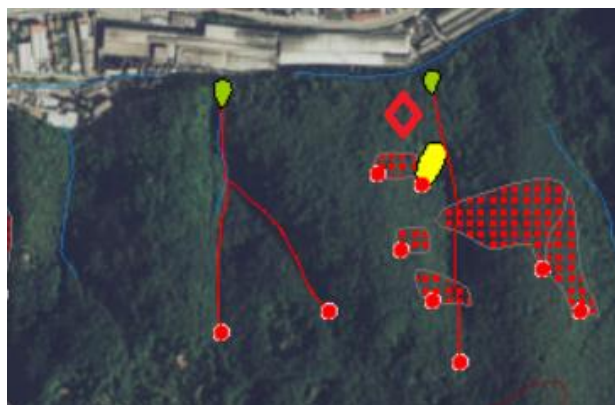
(A)

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE



(B)



(C)

Figura 5.2: Carta dei Dissesti del Progetto IFFI presso: (A) Codolazza, (B) Sarezzo e (c) Valgobbia

(◆ Imbocchi Galleria; ▤ aree soggette a crollo; ▥ area soggetta a frana superficiale; ■ scivolamento)

La carta geomorfologica della galleria naturale tra Codolazza, Sarezzo e Valgobbia è presentata nella tavola Doc. n. MICONV01148LL01PVT0000D_GEO0004_00.

5.1.3. Inquadramento idrogeologico

Per quanto riguarda gli aspetti idrografici, il fiume Mella rappresenta il principale asse drenante alla base dei versanti del Monte Palosso attraversati dalla galleria naturale.

La falda freatica contenuta all'interno dei versanti montuosi attraversati dalla galleria costituiti da rocce carbonatiche stratificate e fratturate, risulta a profondità maggiori di 150m dal piano campagna. L'elevata permeabilità della compagine rocciosa è difatto dovuta alle discontinuità della roccia per stratificazione e fratturazione e l'incipiente carsismo che favoriscono la rapida infiltrazione in profondità delle acque di ricarica provenienti dall'alto. La rilevante permeabilità dell'aquifero determina inoltre un gradiente ridotto della falda acquifera.

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

La presenza tuttavia di strati intercalati nella compagine calcarea fratturata caratterizzati da litologie fini, come argilloscisti o argilliti marnose, possono creare delle falde sopepe che alimentano sorgenti a diverse quote dei versanti del Monte Palosso.

Solo una sorgente è situata in prossimità del tracciato del tunnel di progetto: la sorgente 22.L (cfr. al codice assegnato al punto d'acqua dal progetto esecutivo), situata poco a monte del tracciato in corrispondenza di Villa Carcina. Il tratto dell'impluvio a monte dell'opera di captazione della sorgente è asciutto, mentre nel tratto a valle della sorgente si osserva uno scorrimento superficiale.

Un'ulteriore evidenza dei riscontri in sito ha consentito di verificare che la sorgente risulta:

- essere composta da più punti di presa (riscontrato rispettivamente un punto di presa a quote maggiori, presa tramite galleria drenante, codificato come 22.L.ALTA ed un punto di presa a valle, tramite bottino di presa, codificato come 22.L.BASSA, la figura seguente (Figura 5.3 e la carta idrogeologica); attualmente la sorgente non risulta più essere captata;
- in prossimità del rio alla base della sorgente sono stati rilevate bancate di argilliti marnose (di potenza anche metrica) e con giacitura media di 170/50 (gradi, direzione dell'immersione ed inclinazione, convenzione d'ora innanzi utilizzata).

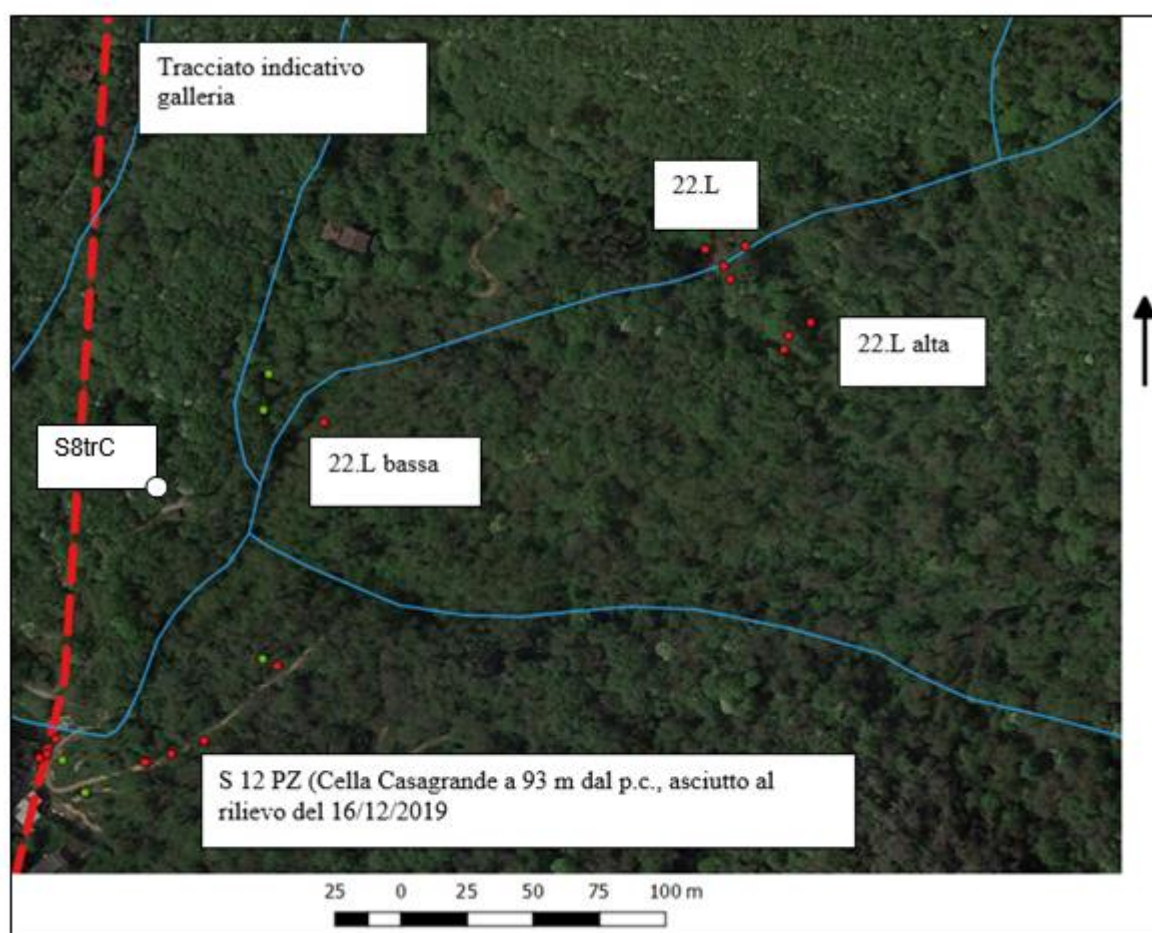


Figura 5.3: Ubicazione delle sorgenti 22.L, 22.L alta e 22.L bassa

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

Tenuto conto quindi che la sorgente 22.L (con buona portata anche in periodo estivo secondo le informazioni raccolte) è ubicata a quote ben superiori a quelle dello scavo (indicativamente tra 400 e 500 m slm considerando le tre sorgenti individuate in zona, rispettivamente 22.L, 22.L.ALTA e 22.L.BASSA), unitamente alla presenza di orizzonti di argilliti marnose (giacitura di circa 170/50 nel settore della sorgente), si ipotizza che tali argilliti marnose probabilmente agiscano da setto praticamente impermeabile dei confronti delle acque di infiltrazione nei settori sud-orientali all'incisione in cui si trova la sorgente 22.L.

L'intera area non è sottoposta a Vincolo Idrogeologico (RD 3267 del 30 dicembre 1923).

5.2. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO

La sezione presenta gli aspetti rilevanti dell'assetto tettonico (strutture sismogenetiche e faglie capaci) e della sismicità dell'area.

5.2.1. Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci

Dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.2.0; <http://diss.rm.ingv.it/diss/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) [7]., l'area di studio non ricade all'interno di strutture sismogenetiche singole (ISS) o composite (CSS)¹⁰. Tuttavia in base alla mappa di inquadramento sotto riportata (Figura 5.4) si evidenzia che l'area di studio è molto prossima, circa 6 chilometri, alla CSS classificata come ITCS010 "Western S-Alps Internal Thrusts", stimata per magnitudo massima M_w pari a 5.5.

Questa struttura si estende a cavallo della regione ad ovest del Lago di Garda tra le città di Brescia (ad est) e Bergamo (ad ovest) e fa parte di un fronte interno di spinta del sistema di spinta delle Giudicarie Alpine meridionali. La struttura si presenta come un arco interno alpino Sud vergente, costituito dal sistema di faglie compressionali più meridionali delle Alpi.

Cataloghi storici e strumentali mostrano solo una distribuzione sparsa di sismicità intermedia lungo il colpo del fronte di spinta. In particolare i cataloghi storici elencano eventi di magnitudo nell'intervallo tra M_w 4,6 e 5,0, che potrebbero essere stati generati da sorgenti sismogenetiche appartenenti a questa sorgente composita.

¹⁰ ISS = Individual Seismogenic Source; CSS = Composite Seismogenic Source.

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

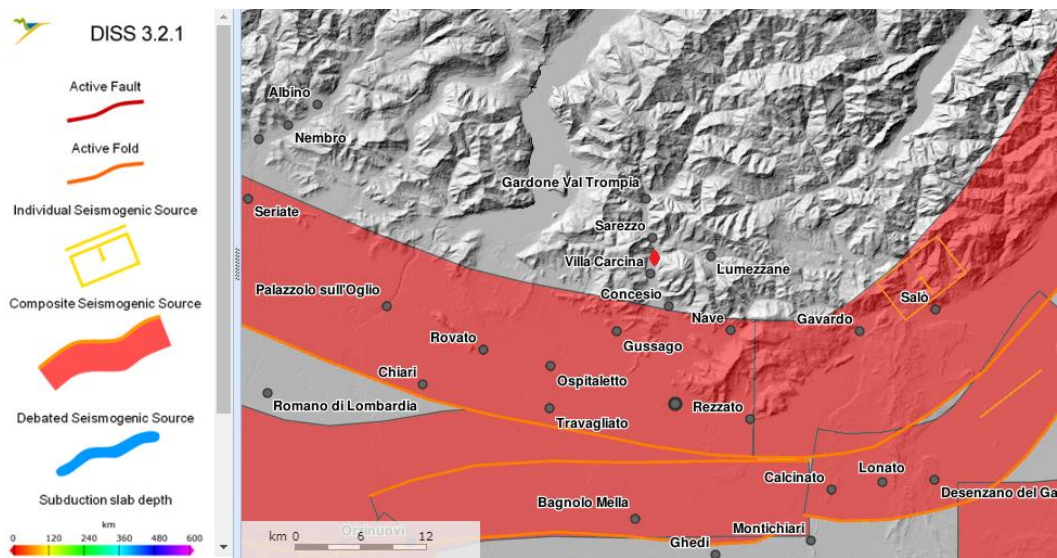


Figura 5.4 : Mappa delle sorgenti sismogenetiche nell'area circostante Sarezzo (♦ sito)

L'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo del Progetto Ithaca¹¹ in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) [8] non riporta faglie capaci in corrispondenza dell'area di studio (Figura 3.4). Come 'faglia capace' si indica il caso di faglia in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata. La faglia attiva e capace più vicina è la faglia inversa 'Nave Gussago' con andamento est ovest localizzata a circa 3.5 km a sud del sito, identificata per morfologia e spostamento dei depositi del Pleistocene medio-tardo (Figura 5.5).



Figura 5.5: Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante Sarezzo
(SGI - ISPRA, 2018) (♦ Sito)

¹¹ ITHACA = ITaly HAZard from CApable faults.

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

5.3. SISMICITA'

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV 'Iside'¹² ("Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE") [9] (Figura 5.6) non evidenzia una particolare sismicità nell'area di Sarezzo/Villa Carcina. I terremoti registrati di magnitudo M_w maggiore di 4 più prossimi all'area di progetto risultano il sisma del 23 Novembre 1911 localizzato a Lumezzane di Magnitudo M_w 4.79 distante 5km dal sito, e il sisma del 30 Ottobre 1901 centrato a circa 23km in sponda ovest del Lago di Garda di Magnitudo 5.44. I cataloghi riportano altri terremoti storici intensi nell'area circostante la zona in studio, come, in particolare, il terremoto di magnitudo M_w 6 denominato di 'basso Bresciano' avvenuto il 25-12-1222 con epicentro tra Brescia e Verona, ma presumibilmente localizzato in corrispondenza del Lago di Garda.

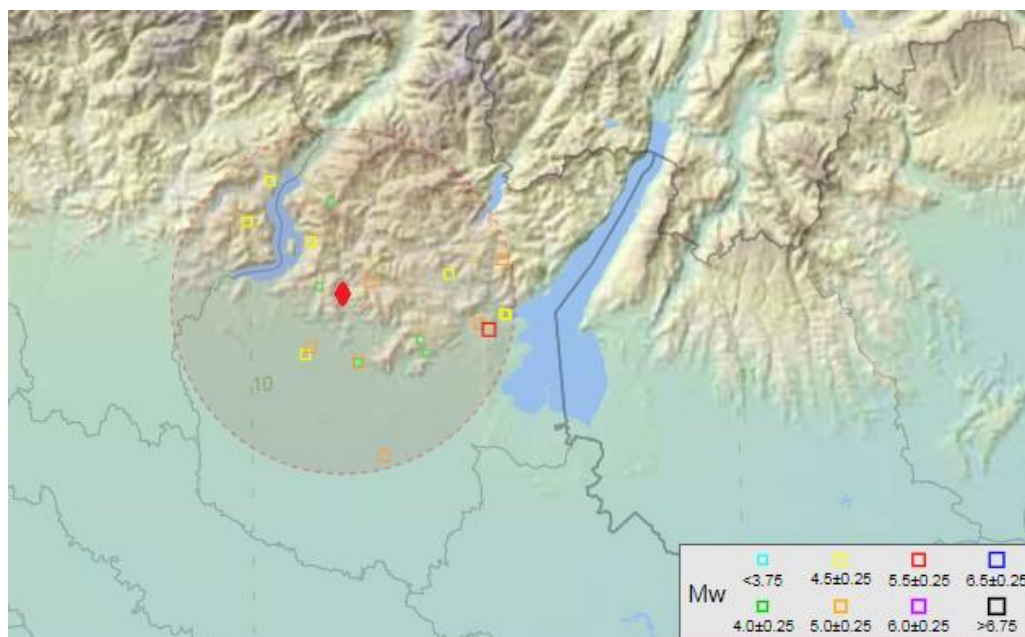


Figura 5.6: Magnitudo dei terremoti in un raggio pari a 25 km da Sarezzo, estratti dal database Iside (INGV) (♦ Sito)

Fonte: Sito INGV, 2016

La figura seguente (Figura 5.7) riporta la sismicità in un cerchio di 40 km di raggio da Sarezzo dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPT115) in termini di intensità massima risentita (<https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/>) [10]. Il CPT115 fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita (I_{max}) ≥ 5 o magnitudo momento (M_w) ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

¹² ISIDe working group (2016) version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe

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

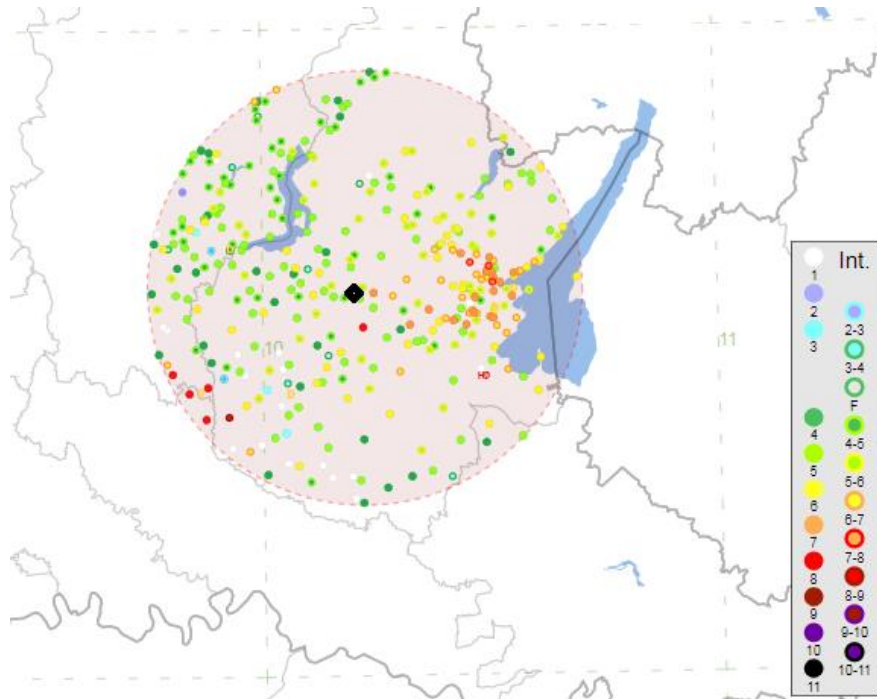


Figura 5.7: Intensità massima risentita dei terremoti in un raggio pari a 40 km da Sarezzo/Villa Carcina, estratti dal CPTI15 (◆ Sito)

Fonte: Sito INGV,2015

Relativamente agli effetti risentiti di 6 terremoti estratti da CPTI15 (Figura 5.8) la intensità massima (Imax) di risentimento per Sarezzo è pari a 4-5 come visibile dalla sequenza temporale delle massime intensità riportata nella lista sottostante e grafico sottostante (Figura 5.8).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1909	12	24	18	40		Garda occidentale	39	5	4.17
4-5	1993	12	09	18	16	5	Lago d'Iseo	175	5	4.11
4	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
NF	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
NF	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78
4-5	2004	11	24	22	59	3	Garda occidentale	176	7-8	4.99



Figura 5.8: Intensità massime dei terremoti risentiti a Sarezzo, estratte dal CPTI15 dal 1550

Fonte: Sito INGV,2015

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto, sulla base del DGR della Lombardia dell'11 luglio 2014 n. 2129, entrata in vigore il 10 aprile 2016, ricade in due comuni, quelli di Villa Carcina e Sarezzo, in cui possono verificarsi terremoti modesti. I due comuni sono classificati come **Zona 3** con a_g max rispettivamente pari a 0.146 (Villa Carcina) e 0.145 (Sarezzo).

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni:

Zona sismica	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (a_g)
1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	$a_g > 0.25$
2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	E' la zona meno pericolosa	$a_g \leq 0.05$

Dalla carta nazionale dell' INGV [11] che mostra graficamente per tutta l'Italia i valori di accelerazione (a_g) espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti al substrato rigido caratterizzato da $V_s > 800$ m/s (Figura 5.9) per l'area in esame risultano valori di a_g compresi tra $0.125 < a_g \leq 0.150$.

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

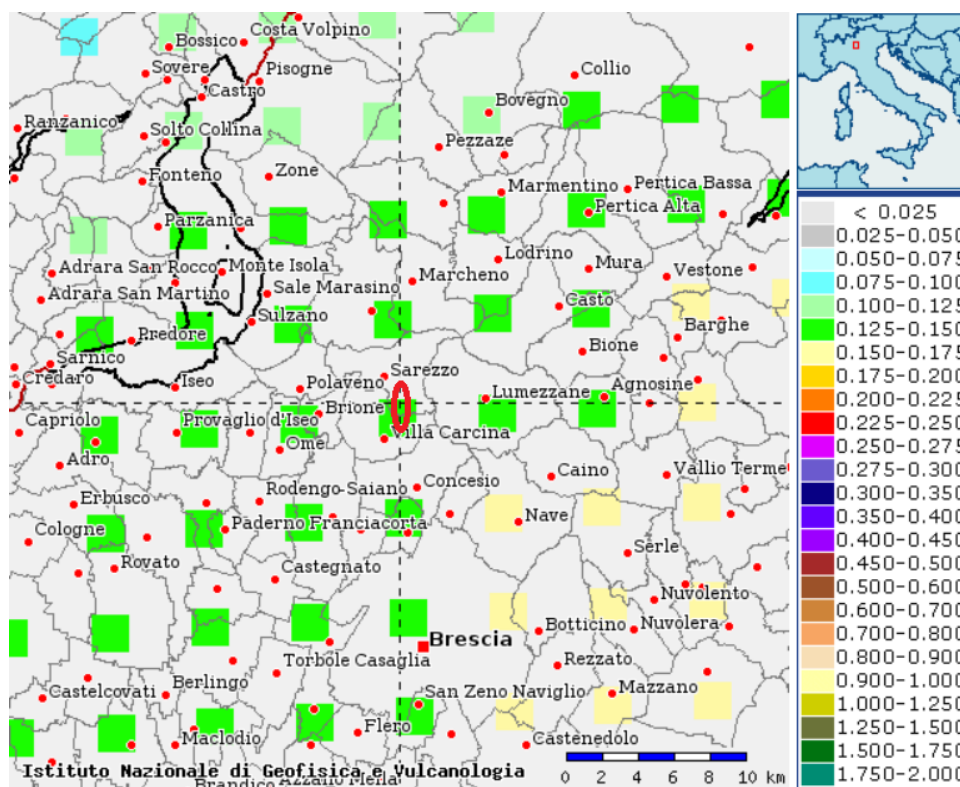


Figura 5.9: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (da INGV) nell'area del sito (0 Sito)

Fonte: Sito INGV,2008

5.4. ASSETTO STRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO AREA DI PROGETTO

L'inquadramento stratigrafico di progetto deriva dalla relazione geologica allegato al progetto esecutivo del 2004 [1] e dalle indagini integrative del 2019 [2][3]:

- la campagna di indagini del 2004 ha compreso diversi sondaggi (S7TrC, S8TrC, S9TrC, S10TrC e S14TrC, S3.08bisE/PZ, S3.10E/PZ e S3.13E/PZ) spinti fino alla profondità massima di 206m. I tre sondaggi S3.08bisE/PZ, S3.10E/PZ e S3.13E/PZ sono stati attrezzati a piezometro a tubo aperto;
- la campagna di indagini del 2019 ha compreso 3 sondaggi a carotaggio continuo di cui uno (S12PZ) a monte dell'imbocco di Codolazza spinto fino alla profondità di 120m, uno (S12bisPZ) anch'esso a monte dell'imbocco di Codolazza, adiacente il piezometro S3.10E/PZ del 2004, spinto fino alla profondità di 150m, ed uno (S3.13E/PZ), presso Case Vignone, a monte dell'imbocco di Sarezze, spinto fino alla profondità di 220m. Tutti i sondaggi sono stati attrezzati a piezometro di tipo Casagrande.

La seguente figura (Figura 5.9) mostra l'ubicazione dei sondaggi.

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

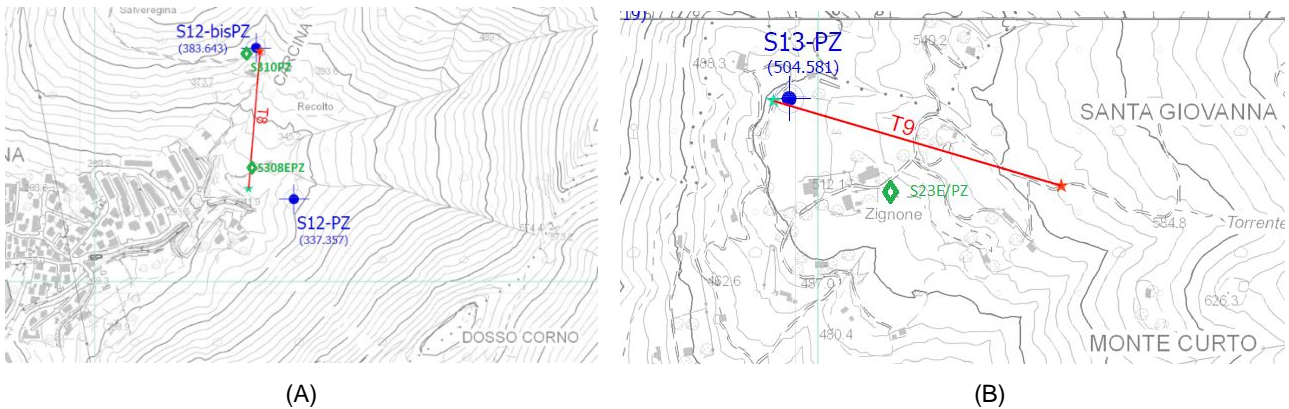


Figura 5.10: Planimetria delle campagne di indagini 2004 (sondaggi pin verdi) e 2019 (sondaggi pin blu e stese sismiche tracce rosse) presso (A) Codolazza-Villa Carcina e (B) Sarezzo

Le indagini geologico-geognostiche integrative al progetto esecutivo eseguite nel 2019 hanno compreso l'esecuzione di due stese di sismica a rifrazione: T8 di lunghezza 300m nella zona del primo tratto di galleria presso Villa Carcina e T9 di lunghezza 400m in località Zignone nella zona del tratto di galleria presso l'imbocco di Sarezzo (Figura 5.9).

La pseudosezione sismica tomografica del profilo sismico T8 mostra un versante substrato roccioso subaffiorante (calcarei del membro inferiore torbiditiche della Formazione di Concesio) caratterizzato da elevate velocità sismiche delle onde P (Figura 5.10).

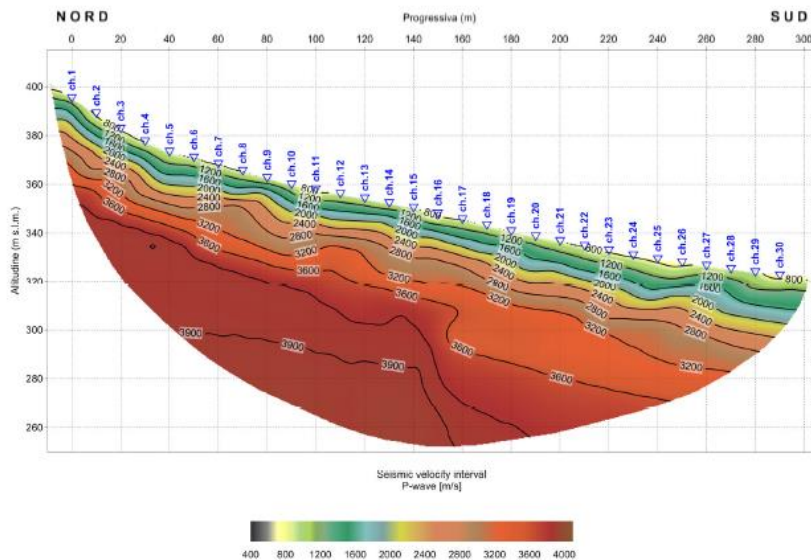


Figura 5.10: Pseudosezione sismica tomografica del profilo sismico T8

La pseudosezione sismica tomografica del profilo sismico T9 mostra velocità sismiche delle onde P minori di quelle rilevate nel precedente profilo T8 associabili ad accumuli di depositi gravitatici periglaciali formati da

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

materiale granulare, talora semicementato, come ghiaie e sabbie in matrice limosa con blocchi lapidei (Figura 5.11).

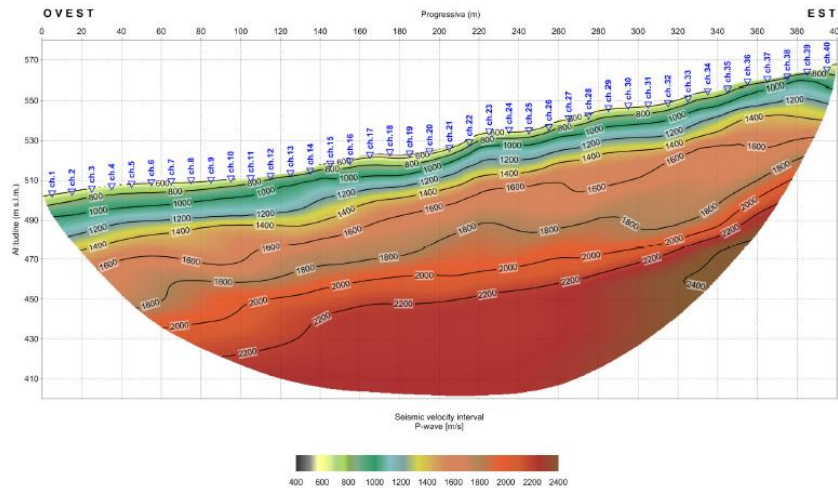


Figura 5.11: Pseudosezione sismica tomografica del profilo sismico T9

L'analisi sia dei dati delle diverse indagini geognostiche e geofisiche hanno confermato lo schema stratigrafico dell'area di progetto definito dal progetto esecutivo del 2004 [1] (Figura 5.10):

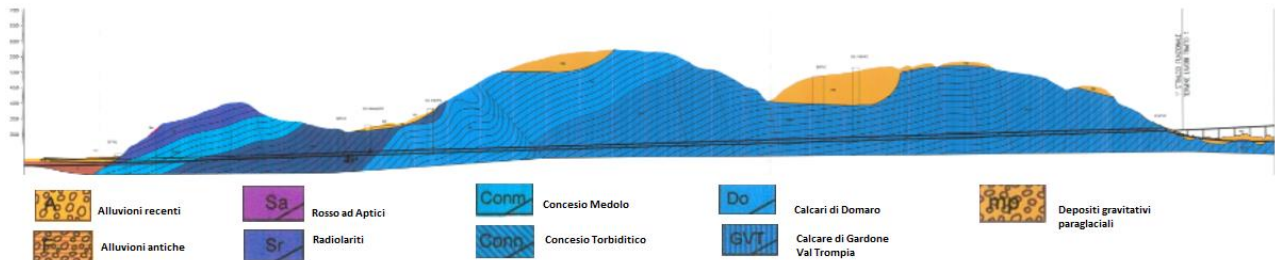


Figura 5.11: Sezione geologica schematica (progetto 2004)

La carta geologica e la sezione geologica della galleria naturale tra Codolazza, Sarezzo e Valgobbia sono presentate nelle tavole, rispettivamente, Doc. n. MICONV01148LL01PVT0000D_GEO003_00 e Doc. n. MICONV01148LL01PVT0000D_GEO005_00.

Partendo dall'imbocco di Codolazza, dopo lo strato alluvionale superficiale costituito da sabbie da fini a grossolane con poco materiale fine argilloso-limoso di colore marrone-grigiastro con presenza di ciottoli poligenici e locali piccoli trovanti, la galleria naturale inizia affrontando il versante montuoso:

- dalla progressiva km1+953 alla progressiva km2+020: all'interno della formazione rocciosa del "Rosso ad Aptici" (**RA**P), formata da calcari marnosi e marne calcaree, spesso silicei in strati sottili, di colore prevalentemente rosso, in banchi e strati, con selce rossastra o talora verdognola per lo più disposta in listarelle. La giacitura degli strati è orientata circa 70°N con un'inclinazione media intorno ai 55°. Le strutture che interessano il versante hanno direzione prevalente NW-SE e in subordine N-S, che creano ampie fasce di disturbo all'interno della formazione attraversata;
- dalla progressiva km2+020 alla progressiva km2+060: all'interno della formazione rocciosa delle "Radiolariti Selcifere" (**Sr**), formata da calcari selciosi di colore rosso, verde o bruno, con interstrati argillosi e marnosi e livelli marnoso-calcarei;

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

- dalla progressiva km2+060 alla progressiva km2+850: all'interno della "Formazione di Concesio", dapprima attraverso i calcari medoloidi (**Conn**) e successivamente, dalla progressiva km2+300, nei calcari del membro inferiore torbiditico (**Conn**);
- dalla progressiva km2+850 ai due sbocchi di Sarezzo e della ValGobbia/Lumezzane (progressiva km5+400): all'interno della 'Formazione del Medolo', dapprima attraverso i calcari e calcari marnosi del 'Calcarea di Domaro' (**Do**) e successivamente, dalla progressiva km3+340, nei calcari, calcari marnosi e strati di selce del membro 'Calcarea di Gardone Val Trompia' (**GVT**).

Dalle informazioni a disposizione, la falda risulta molto profonda, alla base del massiccio carbonatico attraversato dalla galleria all'interno degli strati calcarei e calcareo-marnosi delle formazioni giurassiche della Sinclinale di Costorio. Ciò è da correlare all'elevata permeabilità per diffusa stratificazione e intensa fratturazione degli strati del massiccio calcareo che favorisce una rapida infiltrazione delle acque provenienti dall'alto.

Tuttavia, nella zona di attraversamento della galleria del versante a monte di Villa Carcina, tra la progressiva 2km+650 e 2km+800, un interstrato argillitico marnoso, caratterizzato a direzione NE-SW (direzione immersione 170° Nord) e inclinazione 50°, circa 100m prima del passaggio tra la formazione di Concesio e la formazione del Medolo, ha generato una falda sospesa all'interno dell'ammasso roccioso della formazione di Concesio, che, raccogliendo le acque di infiltrazione degli elevati rilievi circostanti il dosso Corno (610m), alimenta tre sorgenti posti a diverse quote tra 350m e 430m s.l.m. utilizzate per scopi irrigui locali (Figure 5.11 e 5.12).



Figura 5.12: Interstrato argillitico marnoso

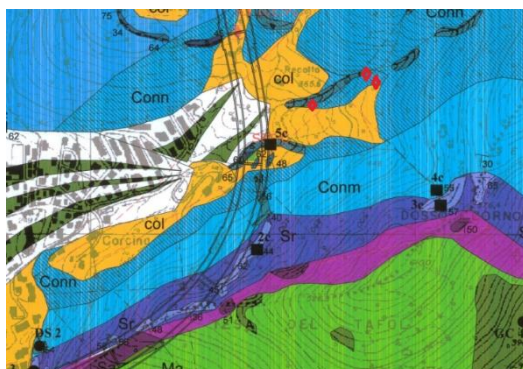


Figura 5.13: Ubicazione delle tre sorgenti e foto una delle tre sorgenti del versante di Villa Carcina

Sia i piezometri profondi esistenti che quelli installati nel 2019, risultati secchi alle rilevazioni, dimostrano difatti che i livelli della falda alla base del massiccio calcareo si attestano alle superfici di raccordo tra le quote del Fiume Faidana tra Lumezzana e Sarezzo, che alimenta la falda, e le quote del Fiume Mella tra Villa Carcina e Concesio che costituisce l'asta drenante di valle.

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

Dalle prove di permeabilità effettuate nel sondaggio attrezzato a piezometro S6, la permeabilità dell'acquifero alluvionale risulta essere su valori di $5-6 \times 10^{-4}$ cm/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

6. IMBOCCO E BRETELLA DI LUMEZZANE

6.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

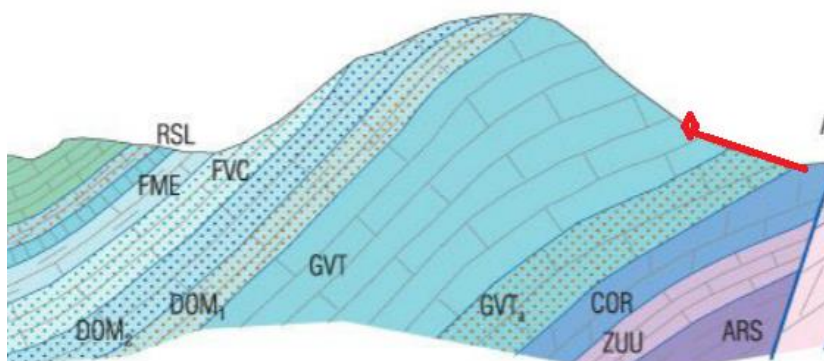
Questa sezione fornisce un inquadramento degli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area interessata dal progetto di imbocco galleria di Valgobbia e bretella verso Lumezzane.

6.1.1. Inquadramento geologico

Il substrato roccioso dei versanti del Monte Palosso a sud del fondovalle del F. Fiadana tra Sarezzo e Lumezzane è rappresentato da formazioni calcaree e silicee appartenenti alla successione giurassica del fianco settentrionale della vasta sinclinale che interessa strutturalmente questa parte di territorio: la sinclinale di Costorio. Questa sinclinale terziaria ad asse a direzione orobica Est Ovest caratterizza la vasta area circostante il Monte Palosso con la tipica forma a «catino» con unità litostratigrafiche più recenti al centro («Maiolica» - Titoniano sup.) e più antiche ai bordi («Corna»- Sinemuriano). Il simbolo rosso delle figure seguenti (Figura 6.1A e 6.1B) mostrano, su una sezione ed una pianta, il percorso dallo sbocco della galleria naturale sul fianco settentrionale della sinclinale.




(A)



(B)

Legenda

	SUPERSINTEMA DEL FIUME MELLA Ghiaie poligeniche a supporto clastico (depositi fluviali). Ghiaie monogeniche a supporto clastico, grossolanamente stratificate; cementazione variabile, pervasiva (depositi di versante e falde detritiche). Superficie limite superiore polifasica, con morfologie ben conservate; copertura loessica assente; profilo di alterazione pluridecimetrico dove non eroso dall'attività antropica, colore della matrice 10 ÷ 7,5 YR. <i>PLEISTOCENE SUPERIORE</i>
---	---

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

MAIOLICA



MAI

Calcarei pelagici (calcilutiti) biancastri e grigio-chiari, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, a frattura concoide, con stiloliti. Noduli e liste di selce, bionda alla base e grigio-nera verso l'alto. Nella porzione superiore sono presenti interstrati di argilliti nere, livelli intraformazionali risedimentati e *slumping*. Verso la base sono presenti calcari marnosi rosati e verdognoli in strati da centimetrici a decimetrici ("calcarei variegati"), che segnano la transizione al Rosso ad Aptici. Il contenuto fossilifero è costituito da calpionelle, aptici, foraminiferi, radiolari, e frequenti associazioni a nannofossili calcarei. Spessore: 200-250 m. **TITONIANO SUPERIORE - APTIANO INFERIORE**

GRUPPO DEL 'SELCIFERO LOMBARDO' SM

ROSSO AD APTICI



RAP

Calcarei marnosi, marne calcaree e marne, spesso silicee, di colore prevalentemente rosso, in banchi e strati, con selce rossastra o talora verdognola per lo più disposta in listarelle. Il passaggio con la soprastante Maiolica è di norma caratterizzato dalla presenza di "calcarei variegati", rosati e verdognoli, e localmente da facies brecciate (riferibili presso Polaveno al Valanginiano inferiore). Sono presenti aptici, belemniti e, nelle microfacies, anche radiolari, rare spicole di spugna, ostracodi e lamellibranchi pelagici. Calcitorbiditi a *Saccocoma* sono presenti nei livelli di età Kimmeridgiano superiore. Spessore: 35-85 m. **KIMMERIDGIANO SUPERIORE - TITONIANO INFERIORE**

RADIOLARITI DEL SELCIFERO LOMBARDO



RSL

Selci policrome in strati centimetrici, di colore prevalentemente verdastro nella parte inferiore e rosso nella parte superiore. Localmente si osservano intercalazioni di marne e argilliti. Spessore: 35-65 m. **BATHONIANO INFERIORE (?) - KIMMERIDGIANO INFERIORE**

GRUPPO DI CONCESIO CC

FORMAZIONE DEI CALCARI MEDOLOIDI



FME

(corrispondente al membro dei "Calcarei medoloidi" della formazione di Concesio Auct.) Calcarei (calcilutiti) e calcari marnosi grigi, bioturbati con listarelle centimetriche di selce, in banchi e strati separati da marne. Si alternano anche strati calcarenitici gradati e corpi ruditici. Alla sommità si riconosce una litozona caratterizzata da strati sottili rossastrati di calcare marnoso siliceo, ricca di lamellibranchi pelagici orientati. Sono presenti ammoniti riferibili alla *Z. Opalinum* dell'Aaleniano (*Tmetoceras* sp., *Leioceras* sp.) e associazioni a nannofossili calcarei. Spessore: 70-130 m. **AALENIANO - BATHONIANO INFERIORE (?)**

FORMAZIONE DI VILLA CARCINA



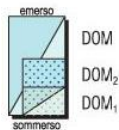
FVC

(corrispondente al membro dei "Calcarei nocciola" della formazione di Concesio Auct.) Calciruditi fini e calcareniti di colore bruno-nocciola, riccamente selciose, in banchi e strati gradati e laminati di natura torbiditica, contenenti frammenti litici e biogeni (abbondanti resti di crinoidi, echinidi e brachiopodi), intercalate a peliti e calcari marnosi. La base della formazione è caratterizzata da una litozona marnosa basale cui fa seguito un potente corpo ruditico ("*slump* del Caricatore"), esteso tra il Lago d'Iseo e la Val Trompia. Si rinvennero ammoniti e nannofossili calcarei. Spessore: 230-270 m. **TOARCIANO INFERIORE - AALENIANO p.p. ?**

GRUPPO DEL 'MEDOLO' MD

CALCARE DI DOMARO

Membro superiore



DOM

DOM₂

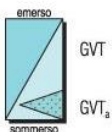
DOM₁

(a Est del Lago d'Iseo) Calcarei (calcilutiti) e calcari marnosi di colore nocciola, biancastri all'alterazione, con noduli ferruginosi e con rare liste di selce bionda, in banchi metrici generati dal rinsaldamento di più strati, alternati ad orizzonti marnosi di spessore decimetrico. Si rinvennero numerose ammoniti, tra cui *Paltarpites* sp., *Fontanelliceras fontanellense*, *Dactyloceras* sp., *Paltarpites* cf. *juvundus*, *Lioceratoides* cf. *grecoi*, *Canavaria* cf. *naxensis*, *Emaciatoceras* gr. *archimedis*, *Arietoceras* gr. *algovianum*, *Arietoceras* gr. *bertrandi*. Spessore: 150-180 m. **DOMERIANO INFERIORE p.p. - TOARCIANO BASALE**

Membro inferiore

(a Est del Lago d'Iseo) Banchi di calcare marnoso grigio-plumbeo, più chiaro e talora giallognolo all'alterazione, intensamente bioturbato, con noduli ferruginosi e listarelle discontinue di selce, in alternanza con marne scure, frequentemente fossilifere. Le ammoniti presenti sono rappresentate da *Rynesoceras ragazzonii*, *Arietoceras* aff. *apertum sensu* MEISTER, *Protogrammoceras* aff. *marianii*, *Fucinoceras lavinianum*. Spessore: 100-150 m. **CARIXIANO SOMMITALE - DOMERIANO INFERIORE p.p.**

CALCARE DI GARDONE VAL TROMPIA



GVT

GVT₃

Calcarei (calcilutiti) grigio-nocciola in strati decimetrici, talora bioturbati, alternati a calcareniti fini e calcilutiti spongolitiche laminate, torbiditiche, ricche di liste e noduli di selce da marroncina a grigio-bluastro. Si riconoscono tra le ammoniti: *Reynesocoeloceras* aff. *simulans subplanulata*, *Protogrammoceras* gr. *mellahense-praecurioni*, *Metaderoceras* cf. *gemmellari*, *Uptonia* cf. *jamesoni*, *Amioceras* sp. Alle base dell'unità breccie e megabreccie per lo più di "Corna", localmente dolomitizzate ("Breccie Basali" GVT₃). Spessore: fino ad oltre 400 m. **HETTANGIANO p.p. (?) - CARIXIANO SUPERIORE**

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

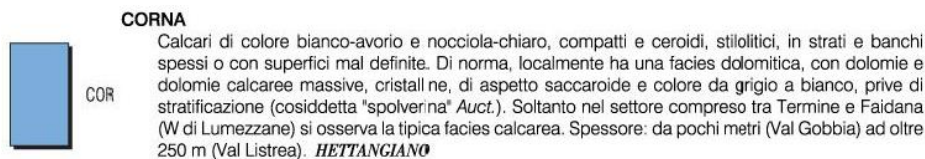


Figura 6.1: Carta geologica (A) e sezione geologica (B) dell'area in esame (Ispra, 2011)

Fonte: Sito Ispra 2011

Come visibile nella figura 6.1 (A) la successione del Giurassico del fianco settentrionale della sinclinale nell'area in esame inizia dal basso con la Formazione di Corno (COR) (Lias) composta di calcari quasi puri, talora dolomitizzati, compatti, bianchi, in potenti bancate a stratificazione non sempre evidente. La formazione può essere interessata da diffusi fenomeni di dissoluzione chimica e frequenti strutture carsiche evolute.

Questa formazione è seguita dal Gruppo del Medolo, formato dal Calcare di Gardone Val Trompia e Calcare di Domaro (Lias):

- la formazione del Calcare di Gardone Val Trompia (GVT) (Hettangiano-Carixiano Superiore) è formata da calcari grigio-nocciola in strati decimetrici, frequentemente selciosi, con interstrati marnoso-argillosi;
- la formazione di Calcare di Domaro (DOM) (Carixiano sommitale-Toarciano basale), sovrapposta alla formazione del Calcare di Gardone Val Trompia, è costituita da banchi di calcare marnoso grigio plumbeo, talora giallognolo all'alterazione, intensamente bioturbato ed attraversato da sottili listarelle discontinue di selce, in alternanza con pacchi di marna scura, frequentemente fossilifera.

La successione prosegue poi con la Formazione di Concesio (Lias-Dogger), suddivisa in:

- Membro Superiore 'Calcarei Medoloidi' (FME) (Aaleniano-Bathoniano Inferiore), caratterizzato da calcari marnosi grigi, bioturbati e attraversati da sottili listarelle centimetriche di selce, in banche e strati separati da marne;
- Membro Inferiore 'Torbiditico' (Formazione di Villa Carcina) (FVC) (Toarciano Inferiore-Aaleniano), costituito da calciruditi fini e calcareniti di colore bruno-nocciola, riccamente selciose, in banchi e/o strati gradati e laminati di natura torbiditica, contenenti frammenti sia litici che biogeni, intercalati a peliti e calcari marnosi.

Per quanto riguarda le coperture del substrato roccioso, i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici del fondovalle (VC) sono prevalentemente costituite da ghiaie e sabbie, con grossi ciottoli, trovanti a matrice variabile essenzialmente sabbiosa o sabbioso-limosa.

Completano il quadro geologico i depositi alluvionali, morenici e gravitativi paraglaciaci alle quote medio basse dei versanti: questi depositi sono costituiti da elementi ciottolosi e ghiaiosi di varia pezzatura a spigoli vivi o parzialmente arrotondati immersi in una matrice limoso-argillosa di origine colluviale o eluviale.

La carta geologica e la sezione geologica della bretella di Lumezzane sono presentate nella tavola Doc. n. MICONV01148LL01PVT0000D_GEO008_00.

6.1.2. Inquadramento geomorfologico

Dal punto di vista geomorfologico l'area dell'imbocco della galleria è rappresentata dai versanti boscati abbastanza acclivi che dalla sponda sinistra del fiume Faidana risalgono al Monte Palosso (1158m), la vetta più elevata della corona prealpina della bassa Val Trompia.

Nel progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia) [6], risultano censite e cartografate nell'intorno dell'imbocco della galleria naturale alcune aree soggette a fenomeni franosi di crollo e scivolamento, che però non interessano l'imbocco di progetto. Lungo la bretella, in prossimità di Lumezzane, è segnalata solo un'area soggetta a frana superficiale sia nel progetto IFFI che nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

(Foglio 99 Il Gardone Val Trompia [5] (Figure 6.2 e 6.3). Tuttavia, durante la survey dell'area circostante il tratto di strada in progetto tra l'imbocco della galleria di Valgobbia e lo svincolo presso Lumezzane non sono state rilevate evidenze di instabilità di versante in atto.

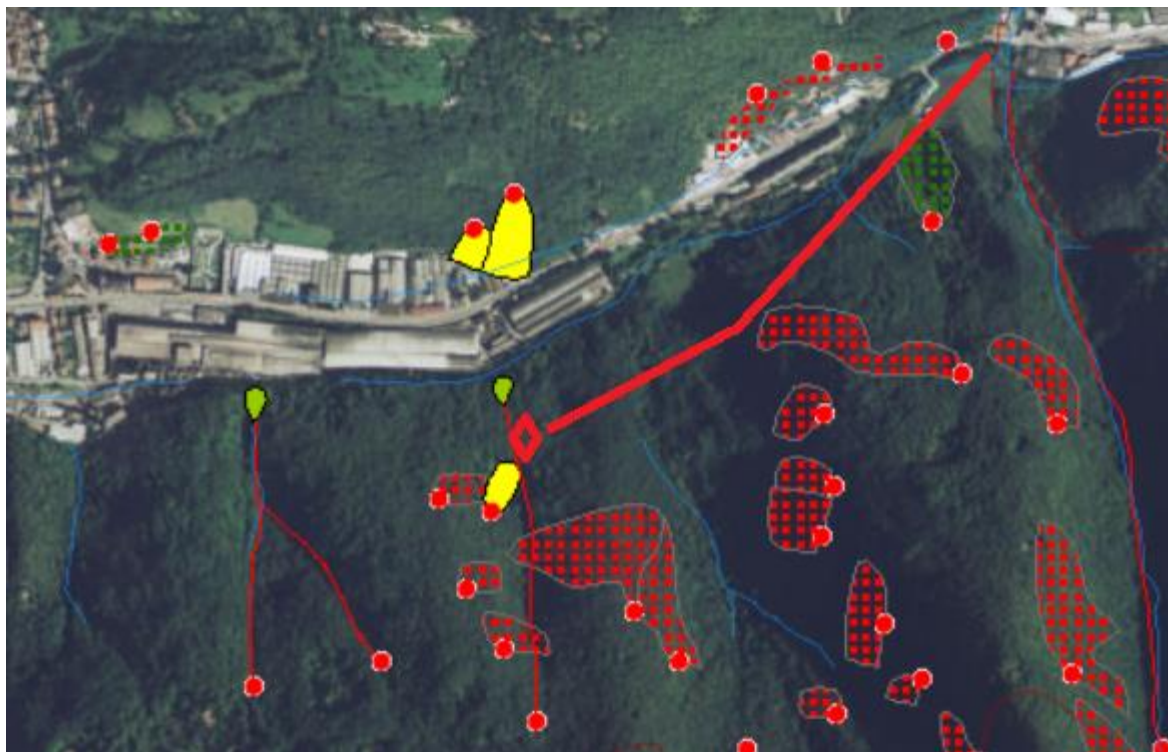
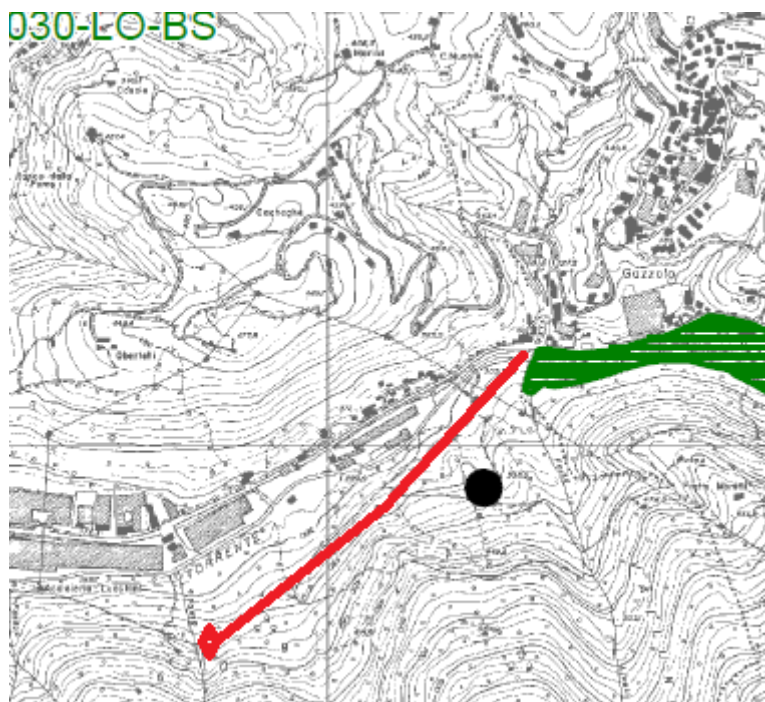


Figura 6.2: Carta dei Dissesti del Progetto IFFI presso (♦ imbocco galleria, [red checkered] aree soggette a crollo; [green checkered] area soggetta a frana superficiale; [yellow] scivolamento)

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE



- Frana attiva non perimetrata
- Area a rischio idrogeologico molto elevato

Figura 6.3: Carta dei Dissesti del Assetto Idrogeologico del PAI Progetto IFFI presso (◆ imbocco galleria, / bretella)

6.1.3. Inquadramento idrogeologico

Per quanto riguarda gli aspetti idrografici, l'area in esame si estende lungo le quote basse del versante sovrastante il fiume Fiadana, che rappresenta il principale corso idrico della zona.

La falda freatica è contenuta in profondità all'interno del versante montuoso costituito da rocce carbonatiche stratificate e fratturate. Data l'elevata permeabilità della compagine rocciosa dell'acquifero, il livello di falda idrica tra l'imbocco di galleria e lo svincolo di Lumezzano si attesta alle quote del letto del F. Fiadana. Le discontinuità della roccia per stratificazione e fratturazione e l'incipiente carsismo favoriscono di fatto la rapida infiltrazione in profondità delle acque di ricarica provenienti dall'alto.

L'intera area non è sottoposta a Vincolo Idrogeologico (RD 3267 del 30 dicembre 1923).

6.2. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO

La sezione presenta gli aspetti rilevanti dell'assetto tettonico (strutture sismogenetiche e faglie capaci) e della sismicità dell'area.

6.2.1. Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci

Dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.2.0; <http://diss.rm.ingv.it/diss/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) [7], l'area 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

studio non ricade all'interno di strutture sismogenetiche singole (ISS) o composite (CSS) ¹³. Tuttavia In base alla mappa di inquadramento sotto riportata (Figura 6.4) si evidenzia che l'area di studio è prossima, circa 6 chilometri, alla CSS classificata come ITCS010 "Western S-Alps Internal Thrusts", stimata per magnitudo massima M_w pari a 5.5.

Questa struttura si estende a cavallo della regione ad ovest del Lago di Garda tra le città di Brescia (ad est) e Bergamo (ad ovest) e fa parte di un fronte interno di spinta del sistema di spinta delle Giudicarie Alpine meridionali. La struttura si presenta come un arco interno alpino Sud vergente, costituito dal sistema di faglie compressionali più meridionali delle Alpi.

Cataloghi storici e strumentali mostrano solo una distribuzione sparsa di sismicità intermedia lungo il colpo del fronte di spinta. In particolare i cataloghi storici elencano eventi di magnitudo nell'intervallo tra M_w 4,6 e 5,0, che potrebbero essere stati generati da sorgenti sismogenetiche appartenenti a questa sorgente composita.

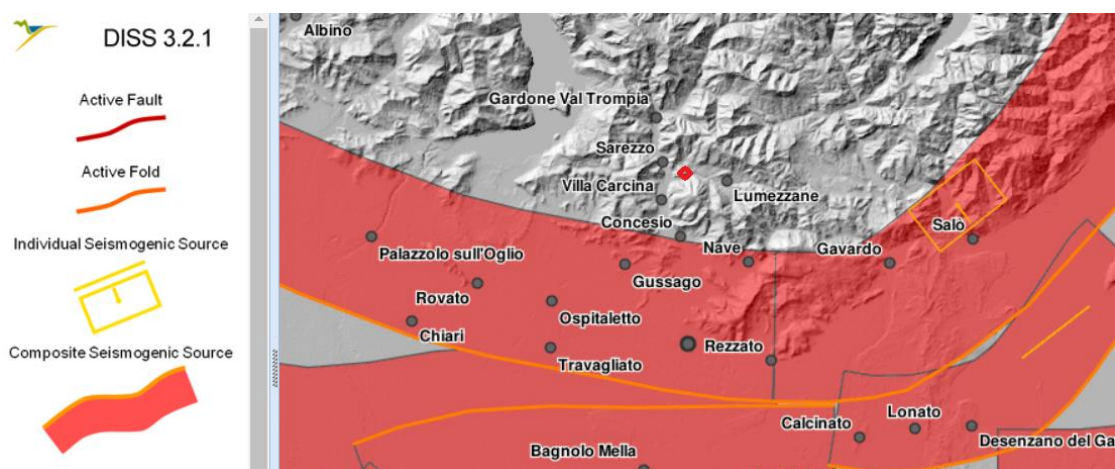


Figura 6.4: Mappa delle sorgenti sismogenetiche nell'area circostante Sarezzo/Lumezzane (♦ sito)

L'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo del Progetto Ithaca¹⁴ in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) [8] non riporta faglie capaci in corrispondenza dell'area di studio (Figura 6.4). Come 'faglia capace' si indica il caso di faglia in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata. La faglia attiva e capace più vicina è la faglia inversa 'Nave Gussago' con andamento est ovest localizzata a circa 4 km a sud del sito, identificata per morfologia e spostamento dei depositi del Pleistocene medio-tardo (Figura 6.5).

¹³ ISS = Individual Seismogenic Source; CSS = Composite Seismogenic Source.

¹⁴ ITHACA = ITaly HAZard from CApable faults.

**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 6.5: Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante Sarezzo
(SGI - ISPRA, 2018) (♦ Sito)

6.3. SISMICITA'

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV 'Iside'¹⁵ ("Italian Seismic Instrumental and parametric Data-base") [9] (Figura 6.6) non evidenzia una particolare sismicità nell'area di Sarezzo/Lumezzane. I terremoti registrati di magnitudo Mw maggiore di 4 più prossimi all'area di progetto risultano il sisma del 23 Novembre 1919 localizzato nel bresciano nord ovest di Lumezzane di Magnitudo Mw 4.79 distante 3km dal sito, e il sima del 30 Ottobre 1901 centrato a circa 23km in sponda ovest del Lago di Garda di Magnitudo 5.44. I cataloghi riportano altri terremoti storici intensi nell'area circostante la zona in studio, come, in particolare, il terremoto di magnitudo Mw 6 denominato di 'basso Bresciano' avvenuto il 25-12-1222 con epicentro tra Brescia e Verona, ma presumibilmente localizzato in corrispondenza del Lago di Garda.

¹⁵ ISIDe working group (2016) version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

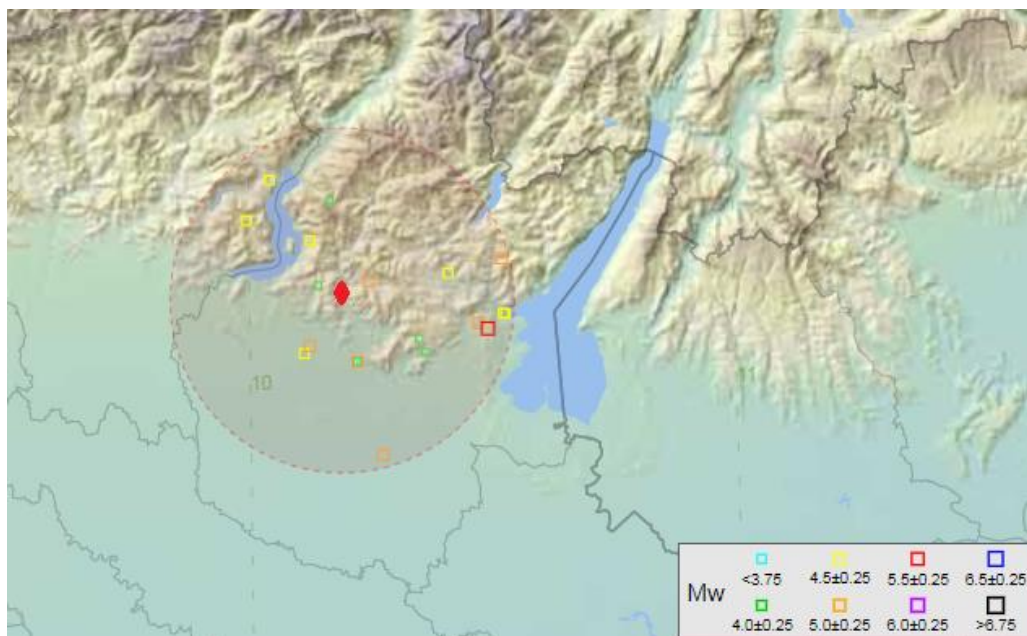
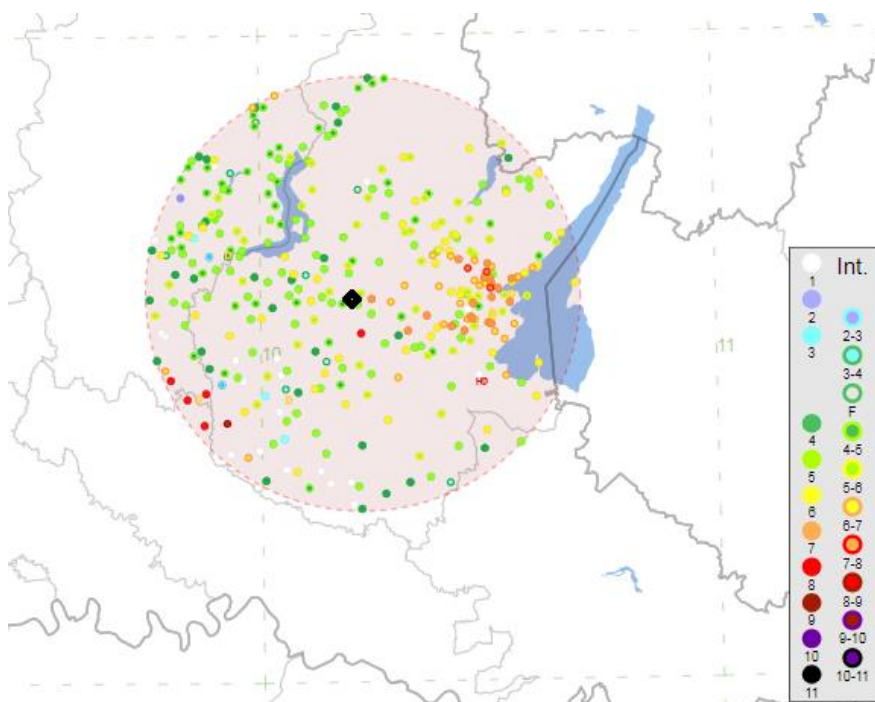


Figura 6.6: Magnitudo dei terremoti in un raggio pari a 25 km da Lumezzane, estratti dal database Iside (INGV)
(♦ Sito)

Fonte: Sito INGV

La figura seguente (Figura 6.7) riporta la sismicità in un cerchio di 40 km di raggio da Sarezzo/Lumezzane dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPT15) in termini di intensità massima risentita (<https://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15/>) [10]. Il CPT15 fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita (I_{max}) ≥ 5 o magnitudo momento (M_w) ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.



**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 6.7: Intensità massima risentita dei terremoti in un raggio pari a 40 km da Lumezzane, estratti dal CPTI15 (♦ Sito)

Fonte: Sito INGV

Relativamente agli effetti risentiti di 8 terremoti estratti da CPTI15 (Figura 6.7) la intensità massima (Imax) di risentimento per il confine Sarezzo/Lumezzane è pari a 5 come visibile dalla sequenza temporale delle massime intensità riportata nella lista sottostante e grafico sottostante (Figura 6.8).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1898	11	16				Garda occidentale	43	6	4.63
3-4	1919	11	23	01	50		Bresciano	9	4	4.79
4	1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
4-5	1993	12	09	18	16	5	Lago d'Iseo	175	5	4.11
3	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
NF	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
2	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78
5	2004	11	24	22	59	3	Garda occidentale	176	7-8	4.99



Figura 6.8: Intensità massime dei terremoti risentiti a Lumezzane, estratte dal CPTI15 dal 1500

Fonte: Sito INGV

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto, sulla base del DGR della Lombardia dell'11 luglio 2014 n. 2129, entrata in vigore il 10 aprile 2016, ricade in un comune, quello di Lumezzane, in cui possono verificarsi terremoti modesti. Il comune è classificato come **Zona 3** con Ag max pari 0.150.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni:

Zona sismica	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (a_g)
1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	$a_g > 0.25$
2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	E' la zona meno pericolosa	$a_g \leq 0.05$

Dalla carta nazionale dell' INGV [11] che mostra graficamente per tutta l'Italia i valori di accelerazione (a_g) espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti al substrato rigido caratterizzato da $V_s > 800\text{m/s}$ (Figura 6.9) per l'area in esame risultano valori di a_g compresi tra $0.125 < a_g \leq 0.150$.

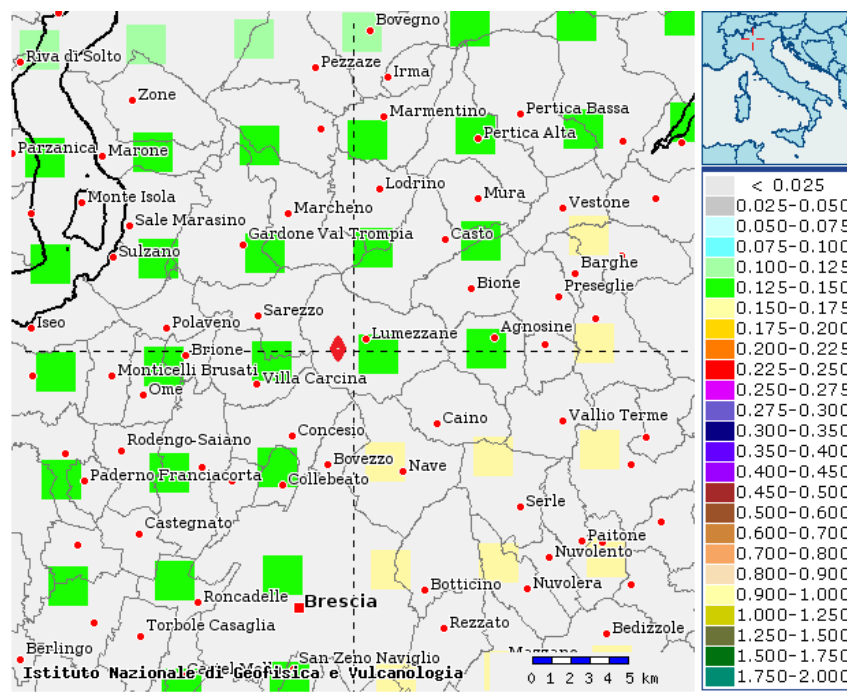
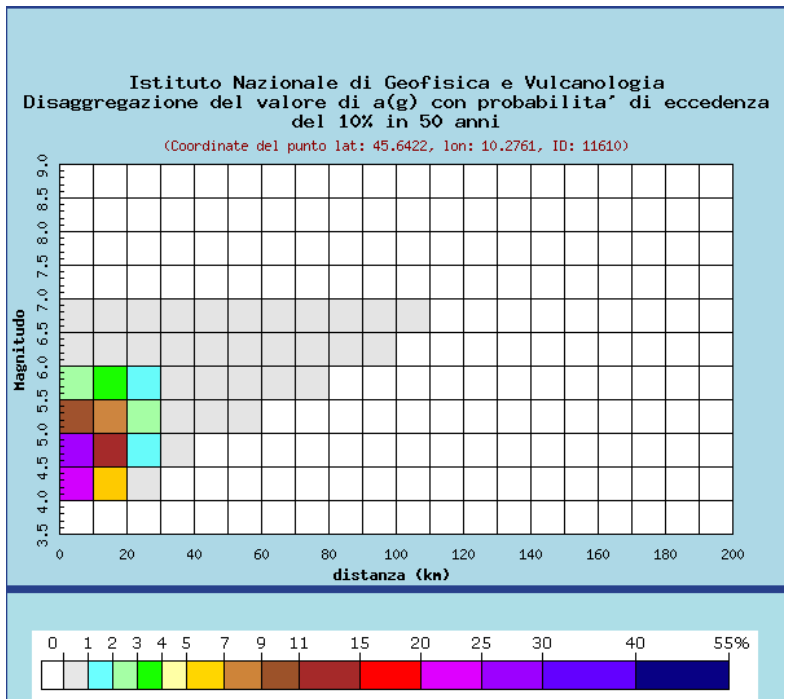


Figura 6.9: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (da INGV) nell'area del sito (0 Sito)

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

Fonte: Sito INGV

L'analisi di disaggregazione derivata dall' INGV [11] ha permesso di identificare come terremoto dominante lo scenario di pericolosità sismica dell'area un sisma di Magnitudo 4,8 ad una distanza di 9,9 km (Figura 6.10).



**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 10% 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	22.000	28.200	9.190	2.160	0.037	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	6.130	12.100	7.190	3.120	0.781	0.093	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.423	1.860	2.040	1.440	0.700	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.127	0.534	0.592	0.417	0.069	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.068	0.172	0.161	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.002	0.041	0.068	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.028	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	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

Figura 6.10: Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area

6.4. ASSETTO STRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO AREA DI PROGETTO

L'inquadramento stratigrafico di progetto è stato derivato principalmente dai dati contenuti nella relazione delle indagini geologico-geognostiche al progetto esecutivo eseguite nel 2004 e dalle indagini integrative del 2019:

- la campagna di indagini del 2004 ha compreso 7 sondaggi a carotaggio continuo (S3.22E profondo 30m, S3.23E profondo 30m, S3.26E/PZ profondo 30m, S3.28E profondo 25m, S3.29E profondo 30m, S3.30E/PZ profondo 30m, e S3.31E profondo 30m) con prove S.P.T. spinti fino alla profondità di 30m. I sondaggi S3.26E/PZ e S3.30E/PZ sono stati attrezzati a piezometro;
- la campagna di indagini del 2019 ha compreso 6 sondaggi a carotaggio continuo, di cui 5 verticali (S16 profondo 40m, S17 profondo 15m, S17bis-PZ profondo 30m e attrezzato a piezometro, S17terr profondo 20m e S18 profondo 20m) ed un sondaggio inclinato 21° (S15 incl) avanzato fino a 80m, e 7 profili di sismica a rifrazione (T1-T7) di lunghezza variabile tra 115 e 175m.

Le stratigrafie dei sondaggi delle due campagne geognostiche sono inserite in Appendice della presente relazione.

Le seguenti figure mostrano la ubicazione delle indagini del 2004 (Figura 6.11) e del 2019 (Figura 6.12).

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

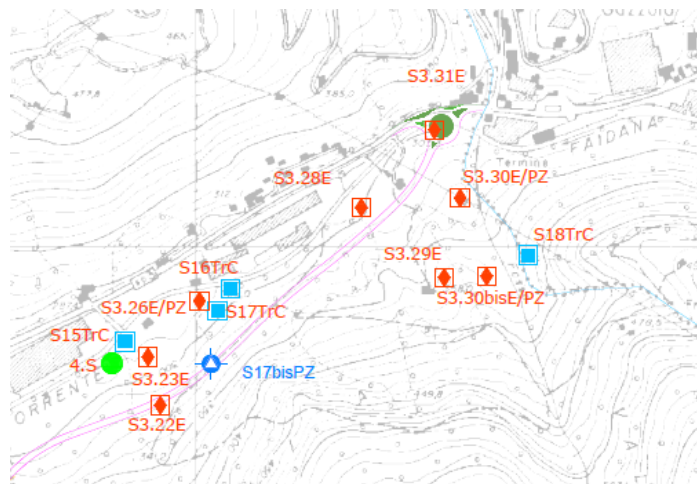
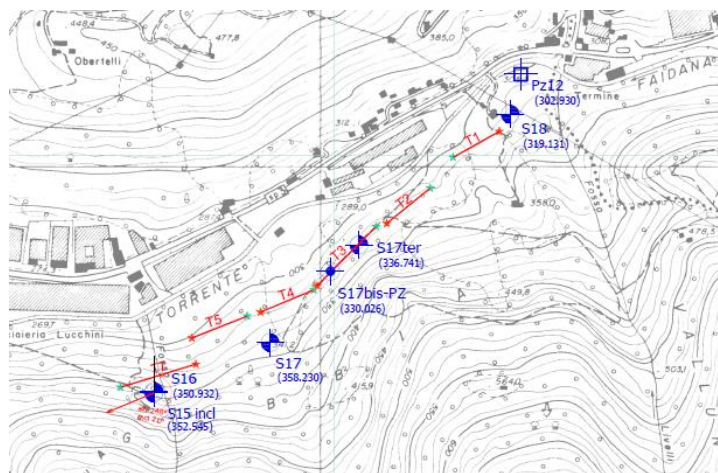


Figura 6.11: ubicazione dei sondaggi (in rosso ◻) delle indagini del 2004



(B)

Figura 6.12: ubicazione dei sondaggi (◻) e delle stese sismiche del 2019

La carta geologica e la sezione geologica della bretella di Lumezzane sono presentate nella Figura 4 allegata fuori testo.

L'analisi dei dati stratigrafici e sezioni sismiche ha potuto definire il seguente schema stratigrafico dell'area in esame, da ovest ad est:

- uno schema A dell'area in corrispondenza dell'imbocco della galleria naturale (schema stratigrafico in corrispondenza dei sondaggi S15 inclinato e S16 e del profilo sismico T7);
- uno schema B dell'area rappresentante il percorso medio del tragitto della bretella stradale di Lumezzane (schema stratigrafico area tra i sondaggi S17, S3.22E, S3.23E, S3.26E/PZ, S17bis-PZ, S17Ter, e dei profili sismici T5, T4, e T3);
- uno schema C dell'area rappresentante il percorso finale della bretella prossimo allo svincolo stradale di Lumezzane (schema stratigrafico area in corrispondenza dei sondaggi S3.28E, S3.29E, S3.30E/PZ, S3.31E, S18 e del profilo sismico T1).

Lo schema stratigrafico dell' area A tra i sondaggi S15 incl e S16 comprende i seguenti 3 strati sovrapposti, a partire dalla superficie:

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

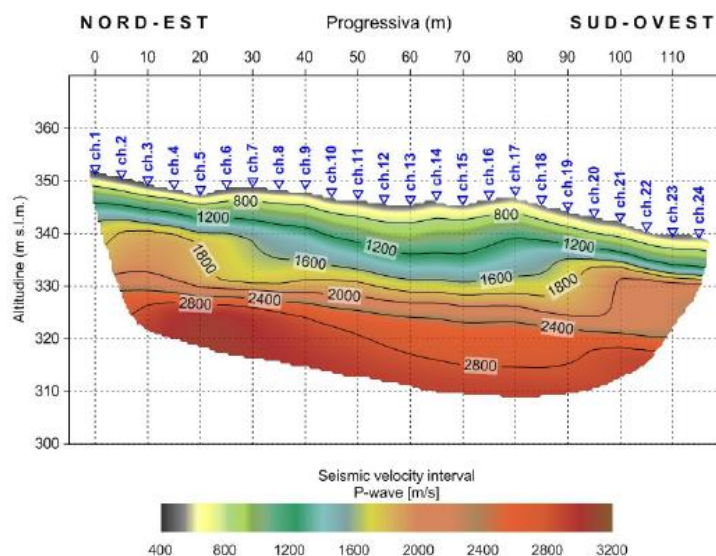
- da circa 0m fino a circa 1m: depositi colluviali di superficie costituiti da limi argillosi e sabbiosi con velocità sismiche delle onde P da profilo sismico T7 fino a 1000 m/s;
- da circa 1m fino a circa 4-5m: copertura detritica di conoide alluvionale di derivazione glagiale, costituita generalmente da ghiaia limosa eterometrica calcarea da angolare a sub-angolare con sabbia limosa, colore da ocra, grigio a nocciola, con ciottoli e trovanti. Da profilo sismico T7, le velocità sismiche delle onde P nello strato variano tra 1000 m/s e 2000 m/s;
- a profondità maggiori di 1-4m: substrato roccioso costituito da strati di calcare micritico grigio da fratturato a molto fratturato e alterato appartenente alla formazione del Calcarea di Gardone Val Trompia (GVT) (Hettangiano-Carixiano Superiore), con velocità sismiche delle onde P da profilo sismico T7 superiori a 2000 m/s .

In questa zona il sondaggio S16 ha incontrato uno strato tra 18,5m e 23,7m costituito da clasti di calcarea assimilabili a ghiaia eterometrica in matrice limosa probabilmente associabile a materiale di frizione di superficie di faglia o ad accumulo di paleofrana di età giurassica.

Lo schema stratigrafico area B tra i sondaggi S17 e S3.22E ad Ovest e S17ter ad Est comprende i seguenti 3 strati sovrapposti, a partire dalla superficie:

- da circa 0m fino a circa 1,5m: depositi colluviali di superficie costituiti da limi argillosi e sabbiosi, con velocità sismiche delle onde P derivate dal profilo sismico T4 fino a 1000 m/s;
- strato di spessore variabile tra circa 3m e 11m (S17): strato di copertura detritica alluvionale di derivazione glagiale, costituita generalmente da ghiaia limosa eterometrica calcarea da angolare a sub-angolare con sabbia limosa, colore da ocra, grigio a nocciola. Presenza di ciottoli e trovanti calcarei. Dal profilo sismico T4, le velocità sismiche delle onde P variano tra 1000 m/s e 1600-1800 m/s.
- a profondità maggiori di 3-11m: substrato roccioso costituito da calcarea micritico da poco fratturata a fratturata con evidenti patine di ossidazione appartenente alla formazione del Calcarea di Gardone Val Trompia (GVT) (Hettangiano-Carixiano Superiore), con velocità sismiche delle onde P da profilo sismico T4 superiori a 1600-1800 m/s.

La successione stratigrafica di questo schema 'B' è ben rappresentata dalla sezione sismica T4 (Figura 6.13).



**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 6.13: Stesa sismica T4

Anche in questa zona il sondaggio S17TER ha incontrato un'anomalia stratigrafica tra 11,8 e 16,2m rappresentando da un probabile vuoto carsico o da uno strato di matrice fine di frizione di superficie di faglia dilavato in fase di perforazione.

Lo schema stratigrafico area C in corrispondenza dello svincolo di Lumezzane (sondaggi S3.28E, S3.30EPZ, S18 e S31E, e profilo sismico T1) comprende i seguenti 4 strati sovrapposti, a partire dalla superficie:

- da circa 0m fino a circa 2m: depositi colluviali di superficie costituiti da limi argillosi e sabbiosi;
- strato di spessore variabile tra circa 3m e 10m: strato di copertura alluvionale, costituita generalmente da argilla limosa con ghiaia, colore da ocra a marrone. Presenza di lente sabbiosa con ghiaia, con velocità sismiche delle onde P dal profilo sismico T1 fino a 1800-2000 m/s;
- a profondità comprese tra 3m e 9m e 14m: substrato roccioso costituito da calcare biancastro con con liste di selce poco fratturato con evidenti patine di ossidazione, associabile alla formazione di Corna (Hettangiano);
- a profondità maggiori di 14m: substrato roccioso costituito da calcare micritico, grigio più o meno chiaro con liste, lenti e noduli di selce da poco fratturata a fratturata con evidenti patine di ossidazione, appartenente alla formazione del Calcare di Gardone Val Trompia (GVT) (Hettangiano-Carixiano Superiore). Dal profilo sismico T1 le velocità sismiche delle onde P sono superiori a 1600-1800 m/s.

Il sondaggio S18 ha incontrato uno strato metrico tra 13,4m e 14,3m costituito da clasti di calcare assimilabili a ghiaia eterometrica e trovanti in matrice limosa probabilmente associabile a materiale di riempimento di una frattura o condotta carsica nella formazione di Corna.

Dai dati a disposizione non risulta presente alcuna falda idrica superficiale. In particolare il piezometro installato sondaggio S17bis PZ è risultato asciutto.

Nel sondaggio S18 la prova di permeabilità effettuata alla profondità di circa 6m ha indicato un coefficiente di permeabilità dei terreni di copertura superficiale pari a $2,1 \times 10^{-5}$.

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

PERIZIA DI VARIANTE TECNICA LUMEZZANE

7. CONCLUSIONI

Durante i sopralluoghi effettuati nelle aree di progetto, non sono state rilevate forme o evidenze di potenziali dissesti o instabilità geomorfologiche.

Sulla base della caratterizzazione geologica, geomorfologica e idrogeologica delle aree di progetto, la realizzazione delle strutture progettate per la galleria naturale tra Codolazza, Sarezzo e Valgobbia e per la galleria artificiale di S. Vigilio in generale non arreca alcun impatto o modifica all'assetto geomorfologico e idrogeologico. Tuttavia nelle tre aree rispettivamente dell'imbocco di galleria di Sarezzo, nel tratto di galleria naturale a monte di Villa Carcina e nel versante a monte dell'imbocco della galleria di Val Gobbia sono da tener conto le seguenti raccomandazioni:

- imbocco galleria di Sarezzo: sulla base dell'indicazione sia nella cartografia del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del F. Mella [5], che nel progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia), di condizioni di franosità in atto nel ripido versante in roccia a monte dell'area di progetto dell'imbocco di Sarezzo della galleria naturale, tenuto conto che il piede di versante potenzialmente franoso dista circa 30m dall'imbocco della galleria, si raccomanda in fase costruttiva della galleria artificiale di considerare e predisporre, se necessario, le misure di protezione nei confronti di eventuali franamenti o crolli di materiale roccioso dal versante;
- tratto a monte di Villa Carcina: data l'intercettazione della galleria naturale in progetto tra le progressive tra la progressiva 2km+100 e 2km+850, a monte di Villa Carcina, con l'interstrato argillitico marnoso alla base della falda acquifera sospesa che alimenta le tre sorgenti del gruppo denominato '22L' ad uso irriguo poste alle quote tra 350m e 430m s.l.m. si raccomanda l'adozione di soluzioni progettuali sia per la protezione dell'integrità del manufatto in progetto sia per garantire la continuità dello strato impermeabile alla base della falda acquifera sospesa che alimenta le sorgenti;
- imbocco galleria di Valgobbia: è segnalata l'indicazione da parte della cartografia del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del F. Mella [5], che nel progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia) [6], di condizioni di franosità di scivolamento in atto nel versante a monte dell'area di progetto della galleria a circa 50m dall'imbocco della galleria. Si raccomanda in fase costruttiva della galleria di effettuare le verifiche delle condizioni geologiche e geomorfologiche del versante sovrastante l'area di lavoro e del dissesto cartografato a monte, e di considerare e predisporre, se necessario, le misure di protezione nei confronti di eventuali franamenti di materiale dal versante instabile di monte.

TERRACOMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.22E da m 0.00 a m 5.00



S3.22E da m 5.00 a m 10.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.22E da m 10.00 a m 15.00



S3.22E da m 15.00 a m 20.00

TERRACOMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.22E da m 20.00 a m 25.00



S3.22E da m 25.00 a m 30.00

TERRACOMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.23E/DH da m 0.00 a m 5.00



S3.23E/DH da m 5.00 a m 10.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.23E/DH da m 10.00 a m 15.00



S3.23E/DH da m 15.00 a m 20.00

TERRACOMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.23E/DH da m 20.00 a m 25.00



S3.23E/DH da m 25.00 a m 30.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.26E/PZ da m 0.00 a m 5.00



S3.26E/PZ da m 5.00 a m 10.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.26E/PZ da m 10.00 a m 15.00



S3.26E/PZ da m 15.00 a m 20.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.26E/PZ da m 20.00 a m 25.00



S3.26E/PZ da m 25.00 a m 30.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.28E da m 0.00 a m 5.00



S3.28E da m 5.00 a m 10.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.28E da m 10.00 a m 15.00



S3.28E da m 15.00 a m 20.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.28E da m 20.00 a m 25.00

TERRACOMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.29E da m 0.00 a m 5.00



S3.29E dm 5.00 a m 10.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.29E da m 10.00 a m 15.00



S3.29E da m 15.00 a m 20.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.29E da m 20.00 a m 25.00



S3.29E da m 25.00 a m 30.00

TERRACOMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.30E/PZ da m 0.00 a m 5.00

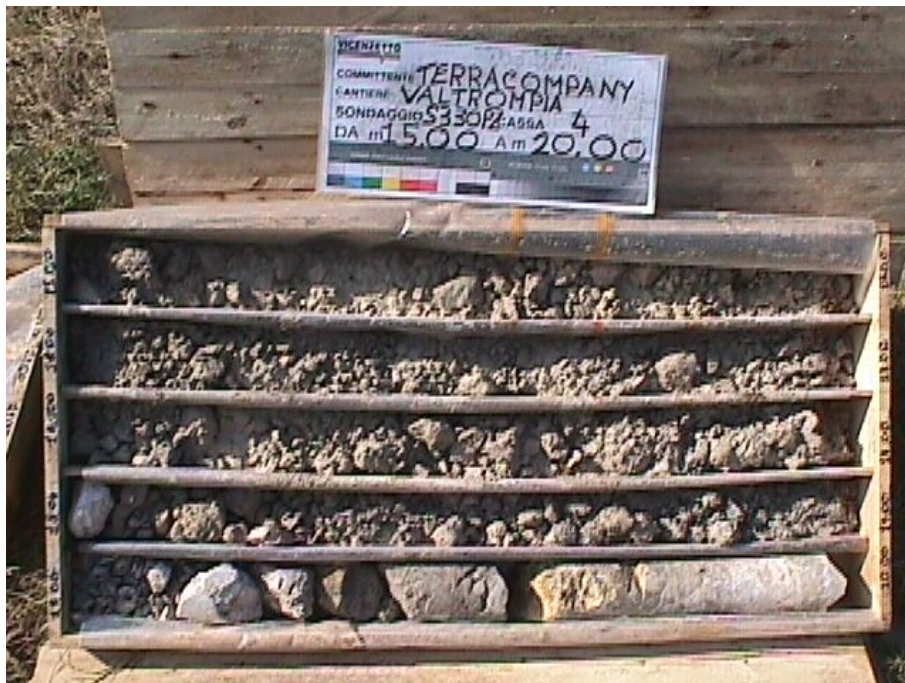


S3.30E/PZ da m 5.00 a m 10.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.30E/PZ da m 10.00 a m 15.00



S3.30E/PZ da m 15.00 a m 20.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.30E/PZ da m 20.00 a m 25.00



S3.30E/PZ da m 25.00 a m 30.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.30bisE/PZ da m 0.00 a m 5.00



S3.30bisE/PZ da m 5.00 a m 10.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.30bisE/PZ da m 10.00 a m 15.00



S3.30bisE/PZ da m 15.00 a m 20.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.30bisE/PZ da m 20.00 a m 25.00



S3.30bisE/PZ da m 25.00 a m 30.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.31E da m 0.00 a m 5.00



S3.31E da m 5.00 a m 10.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA



S3.31E da m 10.00 a m 15.00



S3.31E da m 15.00 a m 20.00

TERRA COMPANY SRL
RACCORDO AUTOSTRADALE A4 – VAL TROMPIA
TRATTA 3 SETTORE 2 VALGOBBIA

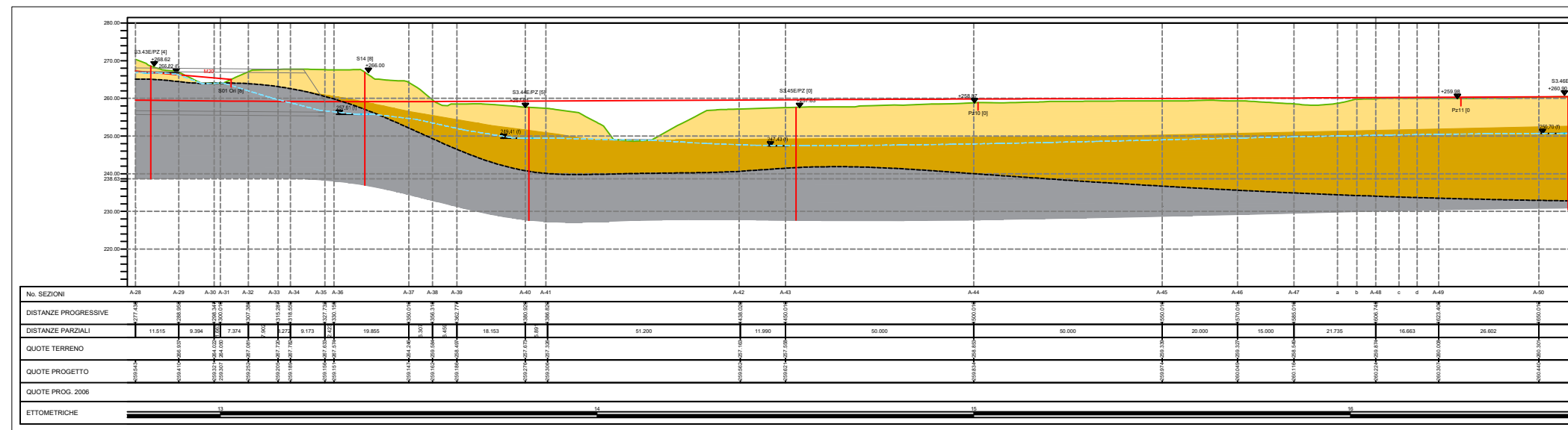


S3.31E da m 20.00 a m 25.00

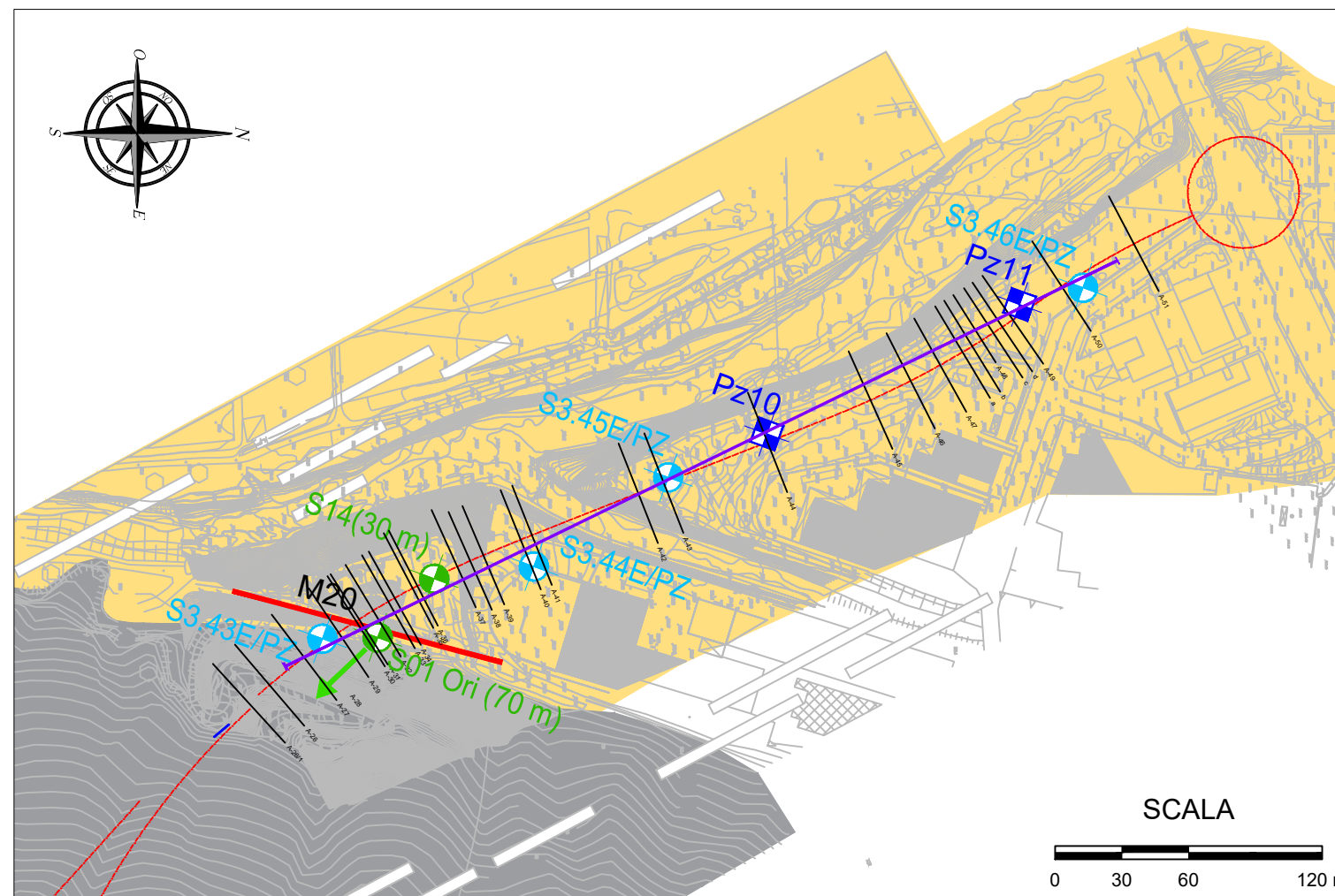


S3.31E da m 25.00 a m 30.00

SEZIONE GEOLOGICA



CARTA GEOLOGICA



LEGENDA

- MATERIALE DI RIPORTO
- DEPOSITI ALLUVIONALI GROSSOLANI: SABBIA LIMOSA E GHIAIA
- FORMAZIONE DEL CALCARE DI GARDONE VAL TROMPIA: CALCARI MICRITICI GRIGI IN STRATI DI POTENZA DECIMETRICA DA POCO FRATTURATI A FRATTURATI CON LISTE E NODULI DI SELCE ED EVIDENTI PATINE DI OSSIDAZIONE (GIURASSICO INFERIORE)
- FALDA DESUNTA DURANTE LA CAMPAGNA GEONOSTICA 2019
- PIANO CAMPAGNA
- PROGETTO
- SONDAGGI GEONOSTICI PROGETTO ESECUTIVO (2004)
- SONDAGGI GEONOSTICI ATTREZZATI CON PIEZOMETRO PROGETTO ESECUTIVO (2004)
- SONDAGGI CAMPAGNA GEONOSTICA INTEGRATIVA 2019
- POZZETTI CAMPAGNA GEONOSTICA INTEGRATIVA 2019
- [8] NUMERO DISTANZA FUORIASSE
- INDAGINE SISMICA MASW CAMPAGNA GEONOSTICA INTEGRATIVA 2019
- TRACCIA SEZIONE

FIGURA 2

CARTA E SEZIONE GEOLOGICA
 INBOCCO SAREZZO

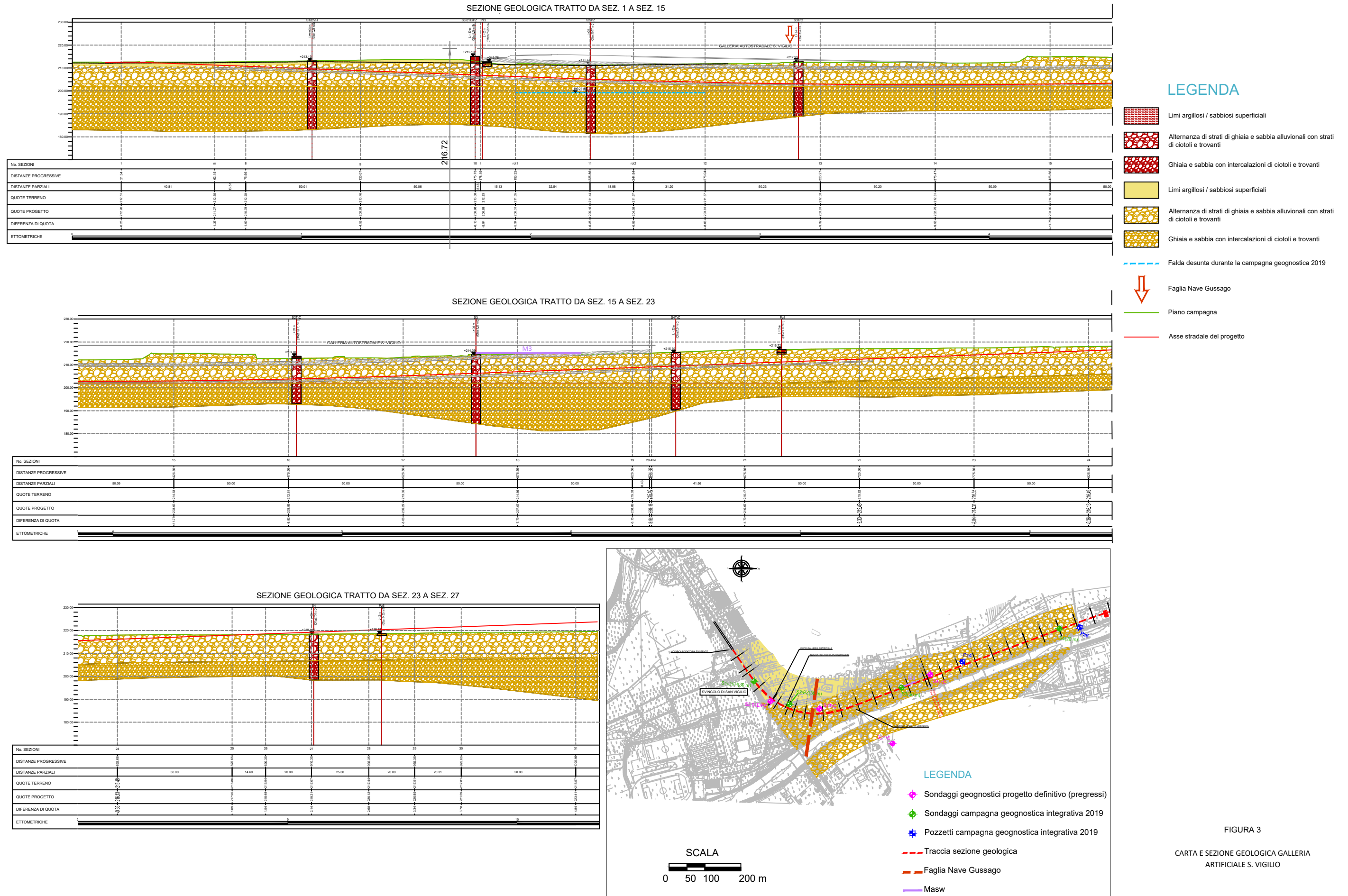


FIGURA 3
 CARTA E SEZIONE GEOLOGICA GALLERIA
 ARTIFICIALE S. VIGILIO