PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

REGIONE DEL VENETO

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 dalla legge 24 giugno 2009, n.7

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Veneto

Comune di Sandrigo

Regione	Soggetto realizzatore	Data
		20 Aprile 2015

1. INTRODUZIONE

La Microzonazione sismica (MS) livello 1 è la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo.

La MS individua e caratterizza:

- Le zone stabili;
- Le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico;
- Le zone suscettibili di instabilità;
- Le forme di superficie e sepolte.

La microzonazione sismica (MS) ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o sub comunale) le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

Lo studio di MS fornisce una base conoscitiva della pericolosità sismica locale del territorio suddividendolo in diverse zone e consente di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico, a varie scale.

- Il livello 1 di MS è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle fenomenologie sopra descritte;
- Il livello 2 introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando allo scopo ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce la Carta di microzonazione sismica;
- Il livello 3 restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolarmente critiche evidenziate dallo studio di 2° livello.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE

Lo studio e le indagini geofisiche sono state condotte secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento normativo e tecnico:

- OPCM n. 4007/12 del 29.02.2012 pubblicata in G.U. del 07.03.2012 che disciplina i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico e fa riferimento alla precedente:
- OPCM n. 3907 del 13.11.2010 pubblicata in G.U. del 01.12.2010 (modificata con OPCM n. 3925 del 23.02.11), previsti dall'Art. 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n.39, convertito, con modificazioni, dalla Legge n. 77 del 24/06/2009;
- Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 – sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "*Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*" del Ministero delle Infrastrutture, di concerto con il Ministro dell'Interno e con il Capo Dipartimento della Protezione Civile;
- OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- L. 9 novembre 2001, n. 401 Conversione in legge con modificazione operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile;
- DPR n. 380 del 6 giugno 2001 Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112 Conferimento di funzione e compiti amministrativi dello stato alle Regioni ed agli Enti Locali, in attuazione del capo I della Legge 15 marzo 1997, n. 59;
- L. 15 marzo 1997, n. 59 Delega al Governo per il conferimento di funzioni e compiti alle Regioni ed Enti Locali, per la riforma della Pubblica Amministrazione e per la semplificazione amministrativa.

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con cui è stato condotto lo studio di MS di livello 1, sono le seguenti:

- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome;
- Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Commissione Tecnica per il monitoraggio degli Studi di Microzonazione Sismica (art. 5, comma 7 OPCM 3907/2010).

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

1.2 PREMESSA

Il Comune di SANDRIGO (VI), a seguito di Deliberazione della Giunta Regionale N° 1792 del 03/10/2013, è risultato assegnatario di contributo regionale per la redazione dello studio di Microzonazione Sismica e di Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'intero territorio comunale.

Il Comune medesimo, C.F. 95026510248 – P. I.V.A. 00516260247, nella persona del Responsabile del Settore Edilizia Privata, Arch. Michele BOSCARDIN, ha approvato la Convenzione (Disciplinare) mediante Determina N° 741 del 09/12/2013, con la quale ha affidato l'incarico professionale per lo Studio della Microzonazione Sismica dell'Intero Territorio Comunale e dell'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) allo scrivente Dr. Geol. Roberto RECH, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Veneto al N° 308.

Viene esplicitamente dichiarato che l'incarico deve essere redatto secondo:

- Le modalità previste dall'O.P.C.M. 52/2013;
- Gli standard di rappresentazione e di archiviazione informatica degli studi di microzonazione sismica (Vers. 3.0) (*www.protezionecivile.gov.it/resources/jcms/.../StandardMS_3.0_open.pdf*) e dell'analisi CLE (Vers. 2.0) (*www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_analisi_cle.wp*).

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di predisporre gli studi di microzonazione sismica sul territorio comunale, in attuazione di quanto disposto dalla *Delibera della G.R.V. N° 1572 del 03/09/2013* che definisce una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Sono state anche considerate le Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica di cui alla D.G.R.V. 71/2008, DGR 2877/2008 e D.Lgs. 163/2006.

L'elaborato tecnico di riferimento per l'esecuzione degli studi è stato rappresentato dagli studi già citati. Per la redazione degli elaborati cartografici e l'organizzazione delle informazioni, i documenti di riferimento sono stati gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica", elaborati dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di microzonazione sismica e rappresentati dai documenti sopra elencati.

In generale nella pianificazione per l'emergenza è possibile individuare due modalità di utilizzo delle informazioni che derivano dagli studi di MS: speditiva ed analitica.

- La modalità speditiva fa uso delle informazioni qualitative derivanti dagli studi di MS di livello 1.
- La modalità analitica fa uso delle informazioni quantitative derivanti dagli studi di MS di livello 2 e 3.

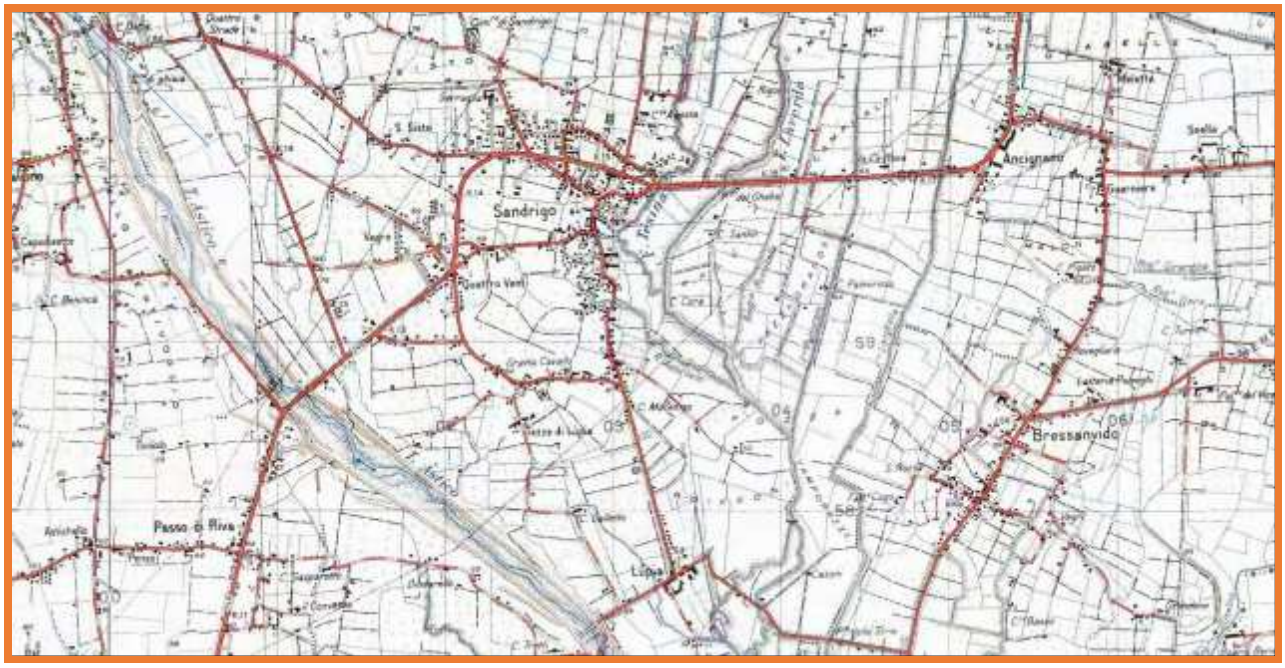
In generale le modalità descritte nel seguito valgono sia in sede di redazione di un piano di emergenza ex-novo, che di revisione di piano di emergenza esistente, per entrambi i livelli di pianificazione comunale e provinciale.

Modalità speditiva (utilizzo del livello MS1 in protezione civile)

La modalità speditiva si applica sovrapponendo, alla carta delle risorse strategiche di protezione civile (ubicazione degli edifici strategici e rilevanti e delle aree e strutture di emergenza) e alla cartografia della rete viaria, la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (perimetrazione delle zone suscettibili di instabilità, delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e delle zone stabili) in modo da individuare sia le situazioni idonee, che quelle critiche.

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

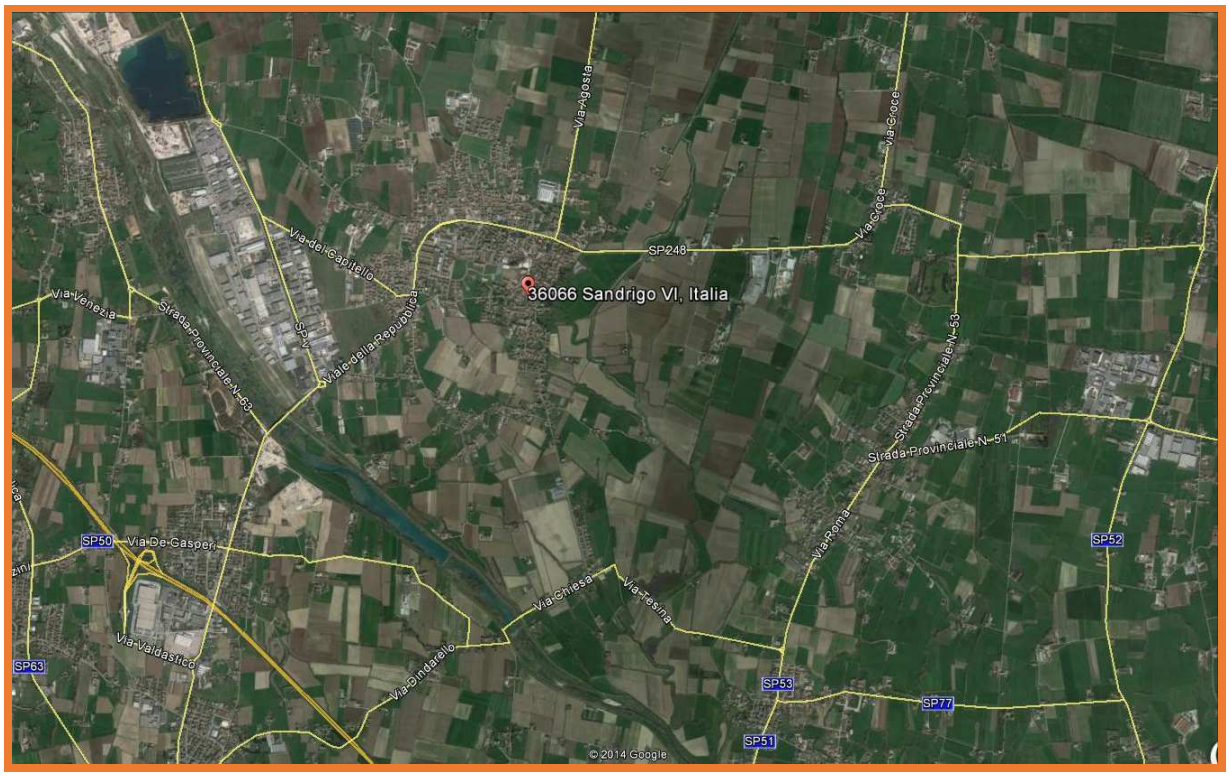
I.G.M. 1968 – Scala 1:25'000



La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1) si utilizza per:

- L'identificazione e la valutazione di conformità delle aree di emergenza;
- Una prima verifica di eventuali tratti critici nel sistema di infrastrutture viarie a supporto della gestione dell'emergenza sismica ed in quello di servizio;
- L'individuazione delle strutture strategiche e di emergenza (edifici strategici per la protezione civile e strutture di accoglienza) sulle quali effettuare eventualmente approfondimenti specifici con la valutazione della sicurezza sismica.

Foro Aerea – (Volo 14/03/2014)



STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

1.3 Inquadramento Geografico dell'area

La presente relazione illustrativa è stata redatta per il territorio Comunale di Sandrigo, Provincia di Vicenza - Regione Veneto.

Il territorio comunale di Sandrigo è ubicato nella zona centrale del Veneto e si estende su un'area di 27,9 km^2, confinando con i comuni di Breganze e Schiavon a Nord, Pozzo Leone e Bressanvido ad Est, Bolzano Vic.no e Monticello Conte Otto a Sud, Dueville e Montecchio Precalcino ad Ovest.

Nella cartografia ufficiale in scala 1:25'000 edita dall'I.G.M., ricade nelle tavolette "Thiene" F° 37 III S.O, "Marostica" F° 37 III SE, "Dueville" F° 50 IV N.O e "Sandrigo" F° 50 IV N.E. e nei Fogli 1:10'000 della Carta Tecnica Regionale "Montecchio Precalcino" Sezione N° 103110, "Sandrigo" Sezione N° 103120 e "Bressanvido" Sezione N° 103160.

Amministrativamente è caratterizzato dal centro abitato di Sandrigo, ove risiede la maggior parte della popolazione ed è sede Municipale e dalle frazioni di Ancignano, Casoni, Guarniere, Lupia, Lupiola, Masona, Melette, Soella, Tezze Lupia, Tretti e Tugurio. Gli abitanti censiti sono circa 8.336 (anno 2012).

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Sismicità storica

L'attività sismica del Veneto è in parte legata all'attività dei distretti sismici del Friuli centrale e in minor misura dell'Alpago e del Garda.

Una sensibile influenza sulla sismicità nel territorio della Pianura Veneta è connessa all'attività sismogenetica lungo la fascia prealpina che unisce l'Alpago al monte Baldo.

In quest'area negli ultimi decenni (1997-2006), dal monitoraggio strumentale (OSG – Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste), si sono registrati in Veneto quasi 1200 eventi sismici con magnitudine compresa tra 2,0 e 3,0.

La profondità epicentrica più frequente è compresa tra 7 e 15 km di profondità e solo l'11% degli eventi si colloca a profondità maggiore (fino a 22 km).

Per la ricostruzione della sismicità storica del Comune di Sandrigo, si fa riferimento al Database Macrosismico Italiano, versione 2011 (*DBMI 2011 – http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/*) dell'INGV e il portale d'Abruzzo (*http://portaleabruzzo.com/nav/limitrofi_T4POP.asp)* per un raggio di 50 km (il catalogo per ogni località selezionata, individua gli eventi di maggiore rilevanza verificatesi in tempi storici.

Il Database Macrosismico di INGV è utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani CPTI11 (*A.Rovida, R. Camassi, P.Gasperini, e M. Stucchi, 2011, CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI. DOI: 10.6092/INGV.IT-CTPI11*).

Da questo catalogo sono stati evidenziati alcuni terremoti avvenuti a partire dall'anno 1000 d.C con magnitudine superiore a 5 e che hanno interessato zone limitrofe al territorio di Sandrigo:

- 3 gennaio 1117: evento con epicentro a Oppeano a distanza di 48,33 km, con Mw di 6.69 ±0.20 e intensità massima di grado 9 sulla scala Mercalli;
- 12 marzo 1376: evento con epicentro a Vicenza a distanza di 10 km, con Mw di 4.93 ±0.34 e intensità massima di grado 6-7 sulla scala Mercalli;
- 17 gennaio 1401: evento con epicentro a Conco a distanza di 15,48 km, con Mw di 4.83;
- 12 giugno 1836: evento con epicentro a Bassano del Grappa a distanza di 15 km, con Mw di 5.50 ±0.32 e intensità massima di grado 5-6 sulla scala Mercalli;
- 25 aprile 1907: evento con epicentro nel veronese, con Mw di 4.91 ±0.15 e intensità massima di grado 6 sulla scala Mercalli;

In sintesi, gli eventi sismici documentati per il comune di Sandrigo e quelli contermini (Montecchio Precalcino, Breganze, Mason Vicentino) dalla consultazione della DBMI11 sono riassunti in Tabella 1:

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

Storia sismica di Sandrigo
[45.660, 11.603]

Numero di eventi: 3

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
4	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7	4.88 ±0.09
3-4	1998 04 12 10:55	Slovenia	227		5.66 ±0.09
NF	2001 07 17 15:06	Merano	663	6	4.84 ±0.09

Storia sismica di Montecchio Precalcino
[45.665, 11.564]

Numero di eventi: 3

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
5	1891 06 07 01:06	Valle d'Illasi	403	8-9	5.86 ±0.06
4	1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
4	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7	4.88 ±0.09

Storia sismica di Breganze
[45.707, 11.565]

Numero di eventi: 6

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
5	1891 06 07 01:06	Valle d'Illasi	403	8-9	5.86 ±0.06
F	1892 08 09 07:58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91 ±0.11
NF	1894 02 09 12:48	Valle d'Illasi	116	6	4.77 ±0.15
4	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7	4.88 ±0.09
3-4	1998 04 12 10:55	Slovenia	227		5.66 ±0.09
3	2001 07 17 15:06	Merano	663	6	4.84 ±0.09

Storia sismica di Mason Vicentino
[45.718, 11.608]

Numero di eventi: 5

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
F	1891 06 07 01:06	Valle d'Illasi	403	8-9	5.86 ±0.06
NF	1897 06 11 12:45	Cornuda	47	5-6	4.54 ±0.33
3	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
4	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
4-5	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7	4.88 ±0.09

Tabella 1: Eventi sismici registrati dalla banca dati DBMI11 dell'INGV (*http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/*).

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

I sismi documentati per l'area di Vicenza e del Vicentino dalla consultazione della CPTI11 sono riassunti invece in Tabella 2:

N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Ax	RtM	Np	Imx	LatM	LonM	TLM	Io	MwM	DMwM	TMwM
2185	1956	02	20	01	29	26.00	Vicentino										
38	1242	10	24				Vicenza	Guidoboni et al., 2007	1	5-6	45,549	11,549	Bx	5-6	4,51	0,34	Bx
109	1373	01					Vicenza	Guidoboni et al., 2007	1	5-6	45,549	11,549	Bx	5-6	4,51	0,34	Bx
110	1373	04					Vicenza	Guidoboni et al., 2007	1	5-6	45,549	11,549	Bx	5-6	4,51	0,34	Bx
111	1376	03	12	01	15		Vicenza	Guidoboni et al., 2007	1	6-7	45,549	11,549	Bx	6-7	4,93	0,34	Bx
112	1376	03	15				Vicenza	Guidoboni et al., 2007	1	5-6	45,549	11,549	Bx	5-6	4,51	0,34	Bx

Tabella 2: Eventi sismici registrati dalla banca dati CPTI11 dell'INGV nelle aree citate che si localizzano in prossimità del Comune di Sandrigo (*http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/*).

La lettura delle tabelle di Tabella 1 e 2 consente di risalire alla data di accadimento degli eventi.

2.2 Pericolosità sismica di base

Allo stato attuale la normativa di riferimento in materia sismica risulta essere il D.M. 14 gennaio 2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni – NTC2008", entrata in vigore a partire dal 1 luglio 2009.

La classificazione sismica dei Comuni della Regione Veneta introdotta ai sensi del punto 3 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003, prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in quattro zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione (ag).

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone "all'Allegato 1.A" sono individuate quattro zone sismiche orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico.
Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo a_g, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30}$ > 800 m/s secondo lo schema seguente. I valori di accelerazione delle quattro zone sismiche sono maggiormente specificati rispetto all' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 secondo la schema di seguito proposto (tabella 3):

Tabella 3: Valori di accelerazione al suolo a_g

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g) - OPCM 3519	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g) - OPCM 3274
1	$0.25 < a_g \leq 0.35\ g$	$0.35\ g$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25\ g$	$0.25\ g$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15\ g$	$0.15\ g$
4	$\leq 0.05\ g$	$0.05\ g$

Di seguito si riportano le classificazioni della sismicità del Comune di Sandrigo interessato dagli interventi in base alla nuova e vigente classificazione proposta dall'OPCM 3274/2003 e s.m.i (tabella 4) e della Delibera del Consiglio Regionale Veneto n° 67 del 3 dicembre 2003 Allegato 1 "Elenco dei Comuni classificati in zona sismica".

Tabella 4: Classificazione della sismicità del comune e valore dell'accelerazione al suolo a_g

Comune	Vecchia classificazione sismica (14/05/1982)	Classificazione sismica (OPCM 3274)	a_g
Sandrigo	N.C.	3	0.15g

I parametri di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, a_g, relativi all'area di pertinenza del settore di territorio in esame, in base alla griglia dell'NTC 14/01/2008, sono congruenti con quelli delle classificazioni sopra esposte.

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgenti di ZS9 a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da INGV, attribuisce il territorio in oggetto alla zona sismogenetica **906** dell'Arco Alpino *("Zonazione sismogenetica ZS9 - App2 al Rapporto Conclusivo" Meletti e Valensise, 2004, http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf*).

In base alla zonazione ZS9 ed alla relativa cartografia esplicativa il territorio di Sandrigo 906 fa parte delle zone legate all'interazione Adria-Europa. Il settore in cui si è osservata la massima convergenza tra le placche adriatica ed europea (904, 905 e, subordinatamente, 906) è caratterizzato dalle strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate (Zanferrari et al., 1982…). La zona 906, che comprende anche il territorio del Comune di Sandrigo, interessa l'area che va da Bassano del Grappa fino a Verona. La sorgente sismogenetica n. 103 "Mantova" del database DISS 2.0, la cui presenza era stata ipotizzata già negli anni '70 sulla base di una forte anomalia nel corso del fiume Mincio, è attualmente oggetto di una revisione critica basata anche su dati di sottosuolo (precedentemente non disponibili) che ne mette in discussione l'esistenza stessa.

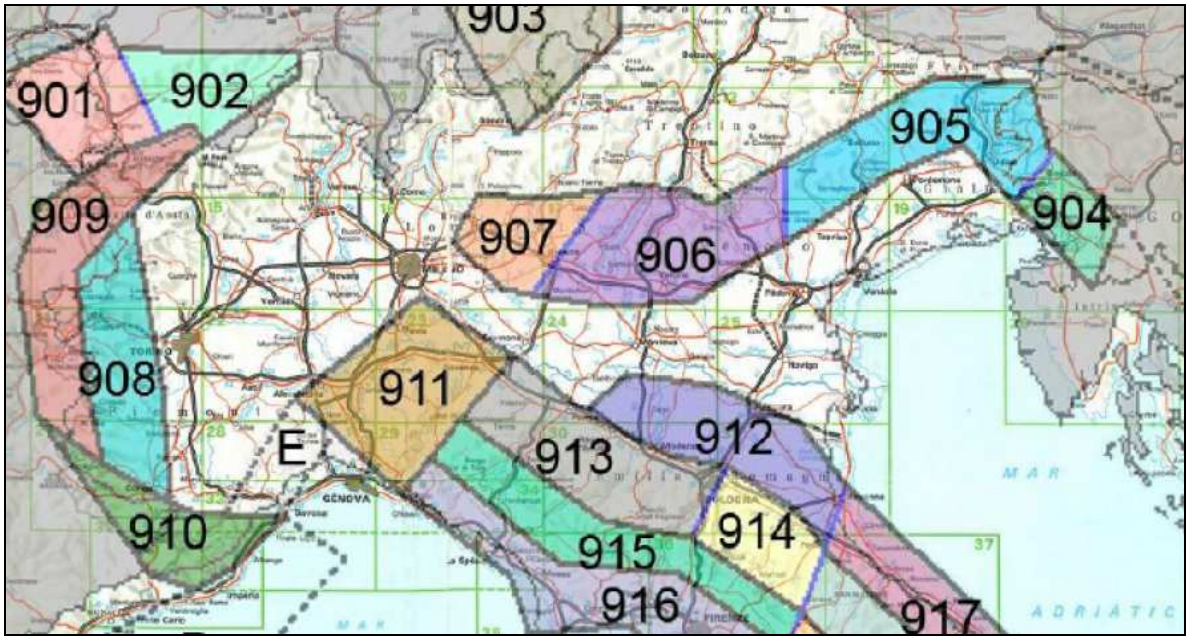


Fig. 1: App.2 al Rapporto Conclusivo - Zonazione sismogenetica Z59 (*INGV, 2004*)

Secondo l'App2 la **profondità efficace** è la profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona. Lo strato sismogenetico è stato definito come l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, ovvero quell'intervallo in cui presumibilmente avverranno i prossimi eventi sismici. Questa affermazione è basata sulle seguenti assunzioni:

- L'accadimento di eventi sismici indica che il materiale crostale da essi interessato è di natura fragile e sottoposto a un carico tettonico;
- Il comportamento sismico del materiale determina la distribuzione d eventi in profondità e viceversa.

I dati utilizzati sono stati desunti dal catalogo della sismicità strumentale (1983-2002) dell'INGV. Tali dati strumentali sono stati selezionati secondo i seguenti criteri:

- Per ogni zona sono stati selezionati tre gruppi di eventi sismici aventi magnitudo durata (Md rispettivamente superiore a 3.0, 2.5 e 2.0, in ordine decrescente di significatività;
- Per ogni gruppo sono stati tenuti in considerazione solo gli eventi con profondità < 50 km ed errore di localizzazione ipocentrale < 30 km;
- Tutti gli eventi con profondità ipocentrale fissata sono stati considerati come accaduti nello strato sismogenetico.

La profondità efficace è suddivisa in 4 classi di profondità:

1 – 5 km; 5 – 8 km; 8 – 12 km; 12 – 20 km.

Ogni zona è stata associata a una classe di profondità in base al valore che assume il valore efficace.

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	**8-12**	**8**
902	34	25	2	3.8	**8-12**	**10**
903	23	19	2	4.5	**8-12**	**9**
904	13	9	1	3.4	**5-8**	**7 ***
905	181	110	32	4.8	**5-8**	**8 ***
906	41	34	13	4.7	**5-8**	**8 ***
907	33	19	7	4.2	**5-8**	**8 ***
908	495	128	25	3.7	**8-12**	**10**
909	263	94	9	4.1	**8-12**	**10**
910	80	24	2	3.4	**8-12**	**10**

Tabella 5: Simboli *: Calore fissato (zona di vulcanesimo recente). "Giudizio Esperto" (*estratto dall'App2 al Rapporto Conclusivo 2004, "Meletti e Valensise"*) Sandrigo in zona 906

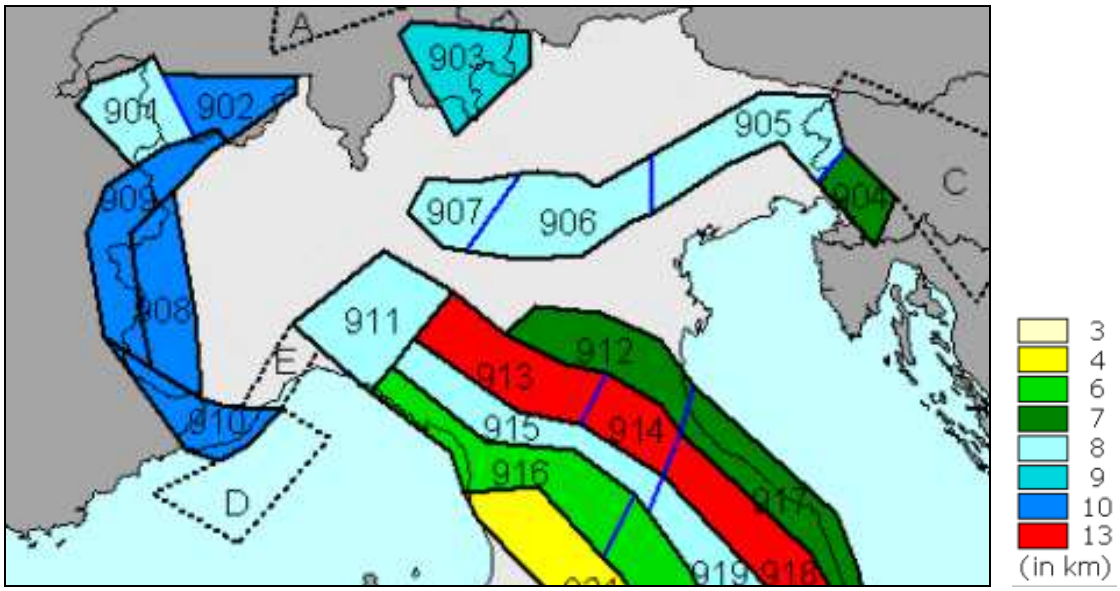


Fig. 2: Valori delle profondità efficaci delle ZS9: **Sandrigo ricade in zona 906 "8 km"**
(*estratto dall'App2 al Rapporto Conclusivo 2004, "Meletti e Valensise"*)

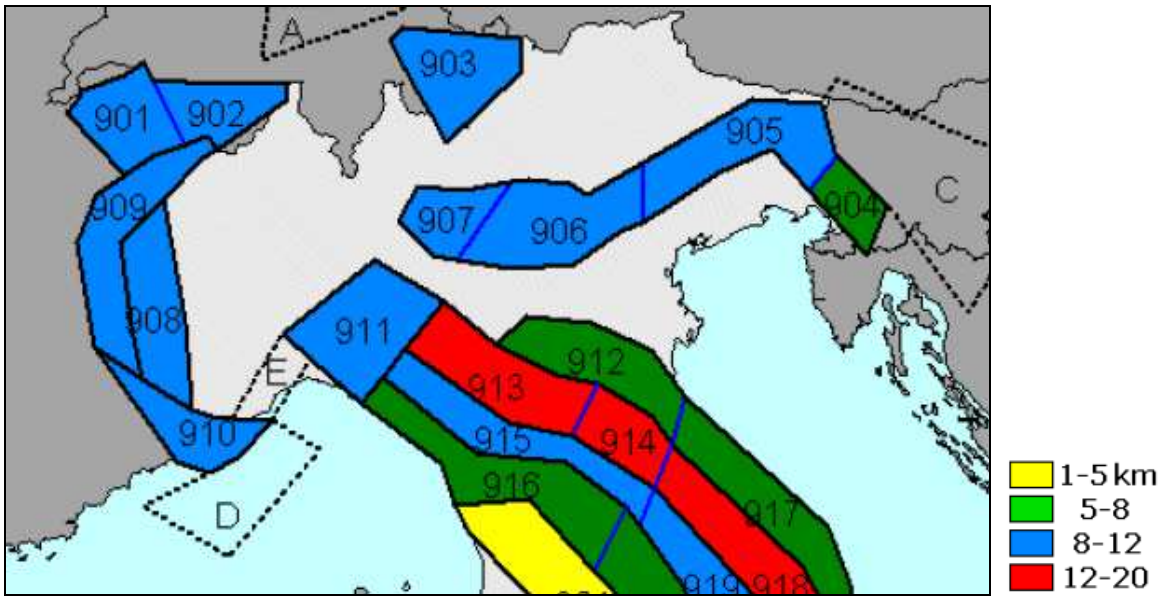


Fig. 3: Classi di profondità efficace assegnate alle diverse zone sismogenetiche di ZS9: Sandrigo ricade in zona 906 "8-12 km"
(*estratto dall'App2 al Rapporto Conclusivo 2004, "Meletti e Valensise"*)

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

Con il termine "*Meccanismo di fagliazione prevalente*" si intende quel fenomeno che ha la massima probabilità di caratterizzare i futuri terremoti significativi. Tale meccanismo è espresso in tre tipologie: "Diretto", "Inverso", "Trascorrente" (destro e sinistro", a cui va aggiunto la tipologia "Indeterminato" per i casi dove i dati non sono risultati sufficienti per una determinazione univoca. Secondo l'App2 il territorio di Sandrigo, che ricade nella zona 906, fa parte nel meccanismo di fagliazione prevalente "Inversa".

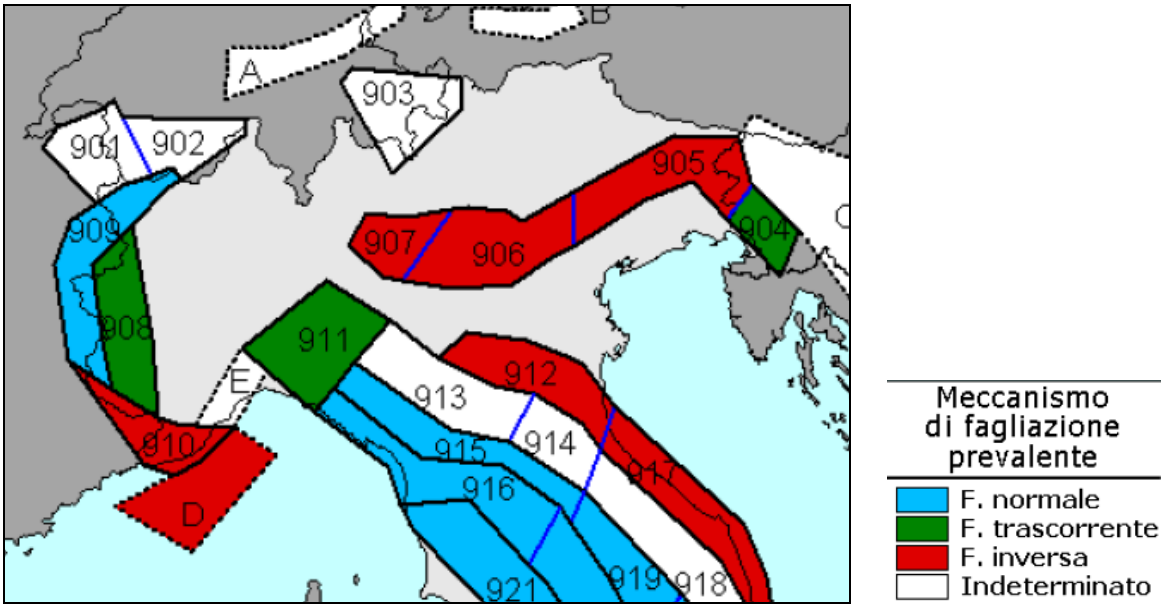


Fig 4: Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le inverse zone ZS9: Sandrigo in zona 906 – "F. inversa".
(*estratto dall'App2 al Rapporto Conclusivo 2004, "Meletti e Valensi"*)
L'assegnazione è basata su una combinazione dei meccanismi focali osservati con dati geotecnici a varie scale

Una stima della pericolosità sismica dell'area è data dalla mappa redatta dall'INGV nel 2006 (*OPCM3519/2006),* disponibile nel sito *(web http://zonesismiche.mi.ingv.it)* Fig. 5 riportato sotto.

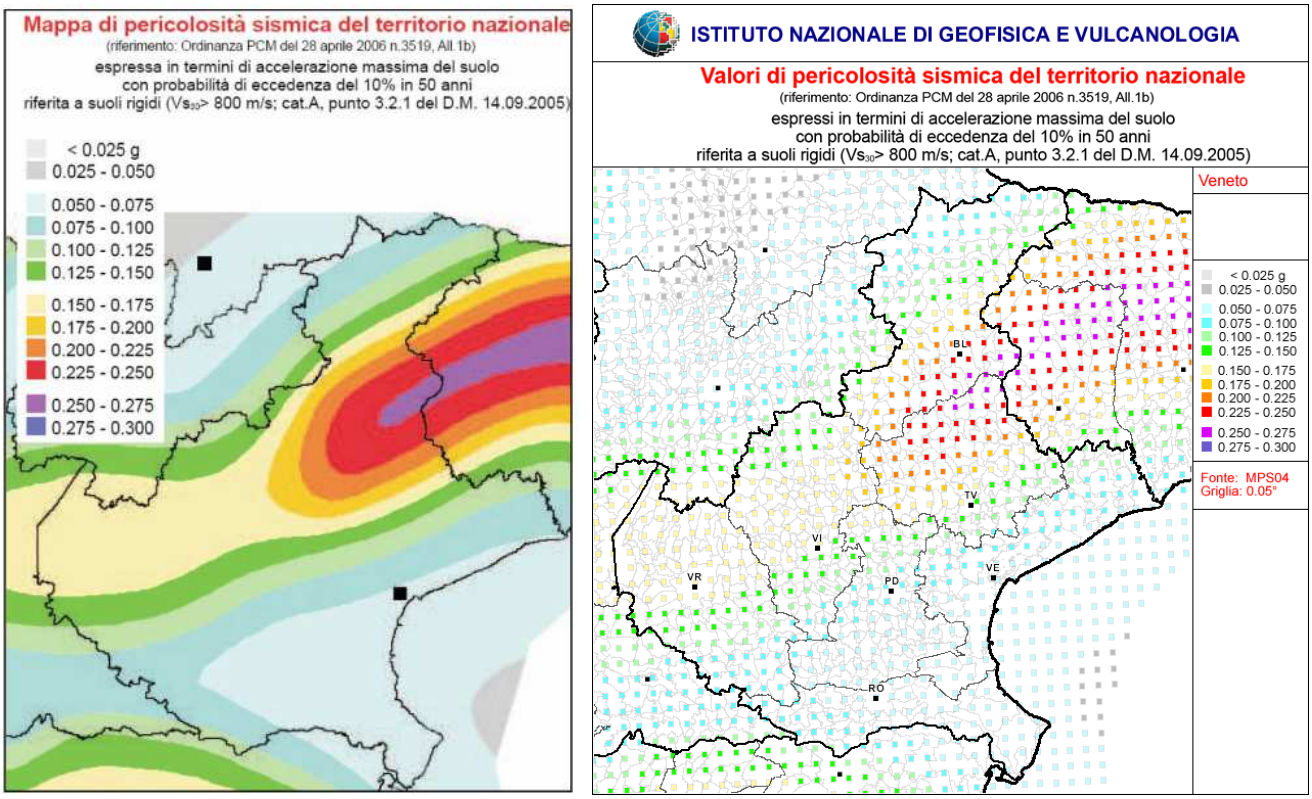


Fig 5: Mappa di pericolosità sismica del territorio della Regione Veneto

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

I valori di a_g, attribuiscono, alle fasce territoriali a cui appartiene il territorio di Sandrigo, valori dell'accelerazione di picco a_g, attesa su suolo di riferimento (categoria di suolo A delle NTC 2008) per un periodo di ritorno di 475 anni (parametro ritenuto indicativo e di riferimento per la pericolosità sismica a scala nazionale), compresi tra:

a_g= 0,150 ÷ 0,175 g

per un'eccedenza dell'evento del 10 % in 50 anni.

La pericolosità sismica è definita come la probabilità di superare un fissato scuotimento del terreno in un periodo di tempo definito; questa grandezza viene rappresentata dal valore di picco orizzontale di accelerazione che si prevede non venga superato al 90 % di probabilità in 50 anni

2.3 Tettonica della microplacca Adria

Il territorio del Comune di Sandrigo si colloca all'interno di un sistema tettonico complesso, conseguenza di stress che coinvolgono a più ampia scala la placca Adria, geograficamente collocata lungo il mar Adriatico, e la pianura Padano-Veneta (Fig. 6).

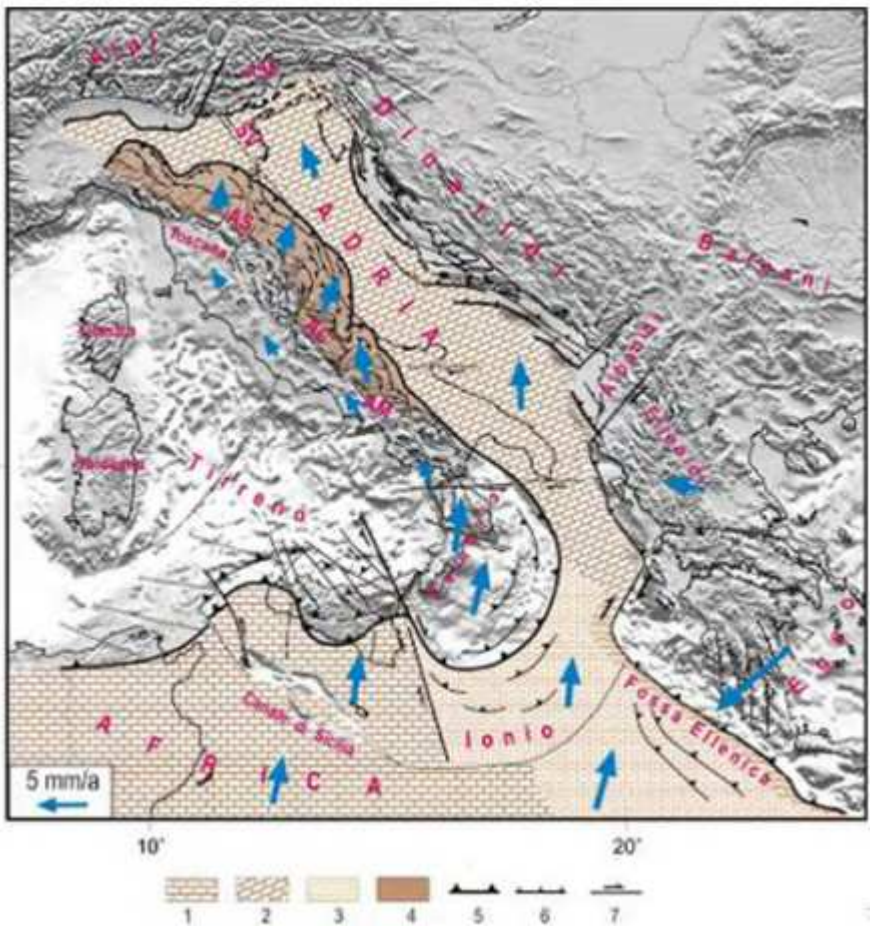


Fig. 6: Schema tettonico estratto da Balocchi (2012).
Legenda*: 1-Placca Africana; 2-Microplacca Adria; 3-Area di transizione; 4-Catena Appenninica; 5-Fronte catena Appenninica; 6-Faglie normali; 7-Faglie trascorrenti (Sv Schio Vicenza)*

Secondo Channell (*1996*), la placca Adria rappresenta un promontorio della placca Africana che, a seguito della collisione continentale a Nord tra la placca Europea e Adria, ha determinato la formazione della catena Alpina, con subduzione a Sud della placca Europea ed il sovrascorrimento della placca Adria (*Bally et al., 1985*).
La faglia di Schio-Vicenza, una trascorrente sinistra Plio-Quaternaria svolge un ruolo di svincolo cinematico della placca Adria settentrionale, mettendo a contatto le Alpi meridionali orientali a quelle centro occidentali.

Secondo Balocchi (*2012*), Castellarin et al. (*1992*), Vignanò et al. (*2008*), Pieri et al. (*1981*) l'area di interesse si colloca all'interno del Sudalpino separato dal resto delle Alpi dalla Linea Insubrica o Periadriatica. Il suo limite sud rimane invece ricoperto dai sedimenti Plio-Quaternari della Pianura Padana in discordanza con il fronte sepolto dell'Appennino settentrionale.

Il Sudalpino è formato da tre blocchi principali che, da occidente ad oriente, si distinguono nel blocco Lombardo, Trentino-Lessineo e Veneto-Friuliano (Fig. 7).

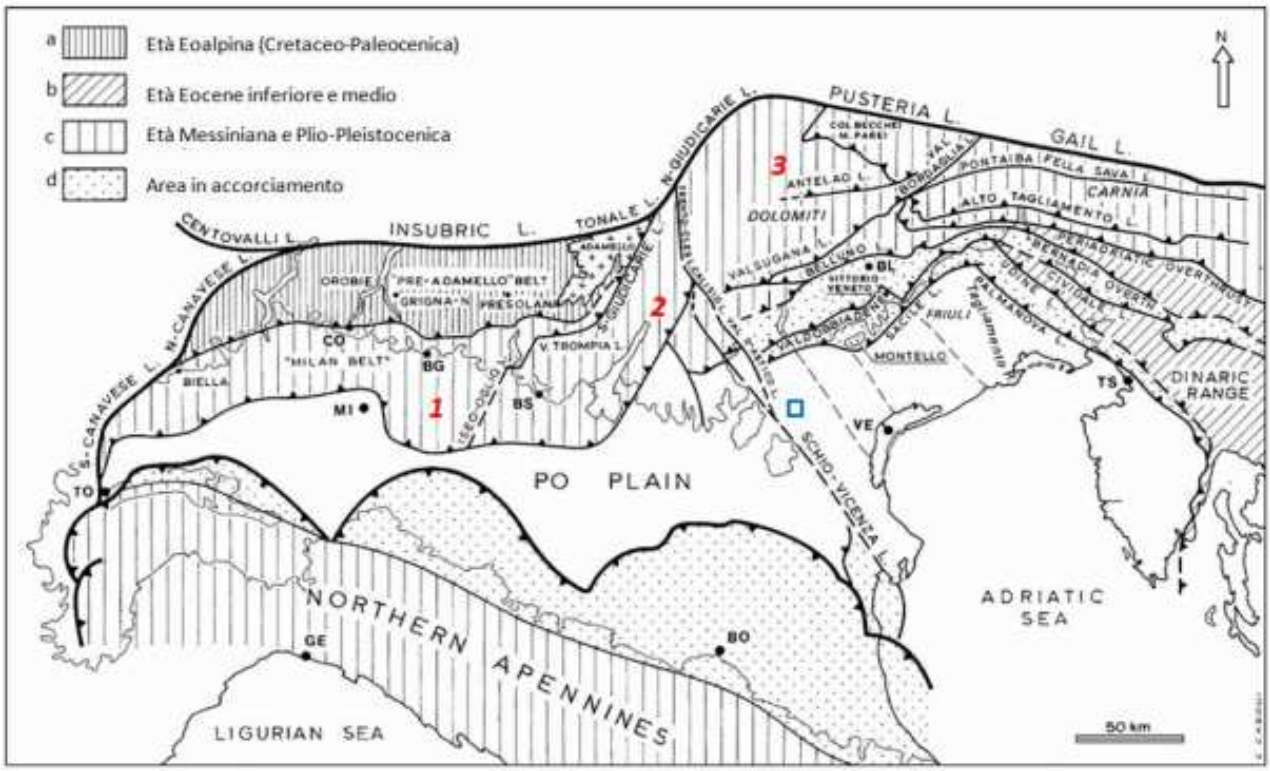


Fig. 7: Schema strutturale della microplacca Adria e aree adiacenti (Castellarin et al., 2006 e Balocchi, 2012)
1) Blocco Lombardo; 2) Blocco Trentino-Lessineo; 3) Blocco Veneto-Friulano; con il quadrato blu è indicato Sandrigo

Secondo quanto riportato da Balocchi (*2012*) e autori da esso citati, nel blocco Lombardo, delimitato ad est dalla linea delle Giudicarie, affiorano rocce appartenenti al mantello superiore e del basamento cristallino profondo. Fasi distensive Permo-triassiche e rifting Giurassici hanno smembrato e traslato lateralmente l'antica crosta lungo linee a basso angolo. La fase di convergenza alpina ha poi determinato la sua esumazione e assetto stratigrafico attuale.

Procedendo verso est, si ha il passaggio ad un settore meno deformato (*Bigi et al. 1990; Castellari et al., 2006; Fantoni e Franciosi, 2009*): il blocco Trentino-Lessineo, caratterizzato da strutture orientate in direzione W-E e raccorciamenti modesti e limitato ad ovest dalle Giudicarie e ad est dalla faglia di Schio-Vicenza. Tale settore, che include i Monti Lessini, Berici e i Colli Euganei, è caratteristico quindi dell'autoctona Placca Adria (*Marton et al. 2011*).

Maggiori deformazioni caratterizzano poi il blocco Veneto-Friulano con strutture tettoniche che da direzione preferenziale NE-SW nella porzione più occidentale, assumono invece direzione W-E e NW-SE procedendo ad est (*Castellarin et al., 1992 e Pontron et al., 2000*).

2.4 Faglia Sandrigo-Villafranca Padovana

In relazione alla presenza di faglie attive e capaci in corrispondenza del territorio di Sandrigo, è stata presa visione dal progetto ITHACA (*Italy Hazard from Capable faults*), sviluppato dall'ISPRA – Servizio Geologico Italiano: ITHACA è un data base creato per la raccolta e la consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo alle strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare i rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle *faglie capaci*, definite come faglie che *potenzialmente possono creare deformazione in superficie*.

Nel Comune di Sandrigo una faglia certa lambisce a Nord-Est il territorio comunale, tra il Capoluogo e la frazione di Ancignano. Si tratta di un "contatto tettonico generico certo" che è costituito da una frattura della crosta terreste con SPOSTAMENTO reciproco delle porzioni interessate (Faglia), senza dubbio un evento di natura TETTONICA (Fig. 8)

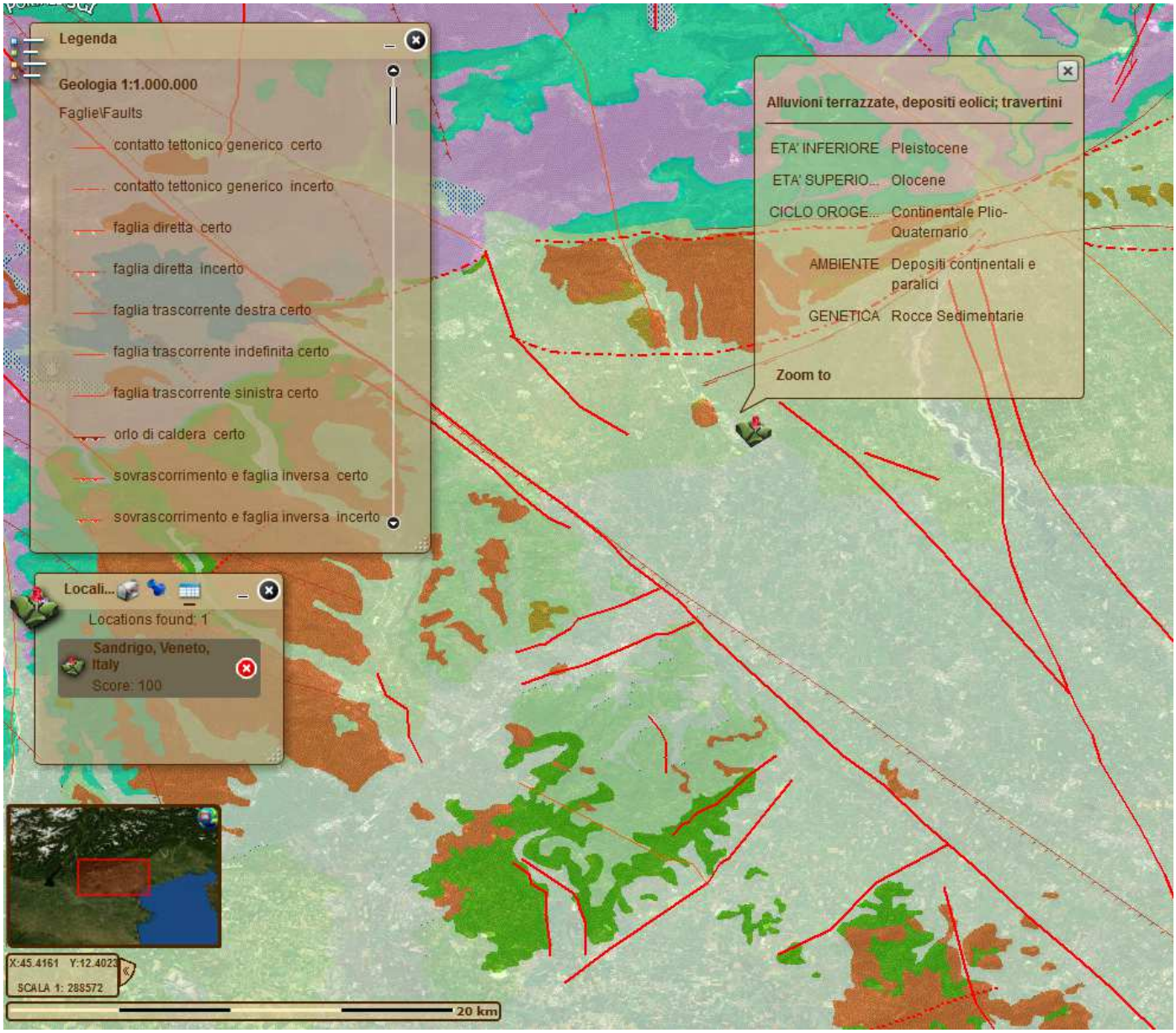


Fig. 8: Estratto di GeoMapViewer – Servizio Geologico d'Italia (*http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html*)

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Quanto riportato in questo capitolo è risultato di un'attenta analisi e revisione degli elaborati tecnici acquisiti dall'Amministrazione Comunale e della consultazione e sintesi di quanto disponibile nella bibliografia specializzata.

Particolare attenzione è stata rivolta all'esame delle caratteristiche morfologiche, altimetriche, litologiche e geomorfologiche, elementi di estrema rilevanza per la definizione delle Carte.

Le analisi eseguite sono riportate nei seguenti sotto paragrafi di seguito elencati:

3.1 Inquadramento geologico
3.2 Inquadramento geomorfologica e altimetrico;
3.3 Idrografia;
3.4 Analisi idrogeologica;
3.5 Liquefazione.

3.1 Inquadramento geologico

L'assetto geologico, stratigrafico e strutturale del territorio comunale di Sandrigo rientra nel più complessivo ambito della fascia della Pianura Veneta caratterizzato in prevalenza da materiali alluvionali del periodo Quaternario. Il territorio ricade all'interno del Foglio CARG 103 "SCHIO", del quale non sono disponibili né la carta geologica, né le note illustrative del Foglio.
Dal sito ISPRA (*Servizio Geologico Italiano - http://www.isprambiente.gov.it/it/cartografia)* è stato possibile però consultare la Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 del foglio 50 "PADOVA" e del foglio 37 "BASANO DEL GRAPPA" all'interno dei quali è compreso il territorio del Comune di Sandrigo .

Di seguito si riportano gli estratti della Carta Geologica d'Italia in scala 100.000 dell'Istituto Geografico Militare, rilevata a cura della Sezione Geologica dell'Ufficio Idrografico diretta dal prof. Giorgio dal Piaz.

Fig. 9: Estratto F° 50 "PADOVA" (*http://193.206.192.231/carta_geologica_italia/tavoletta.php?foglio=50)*

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

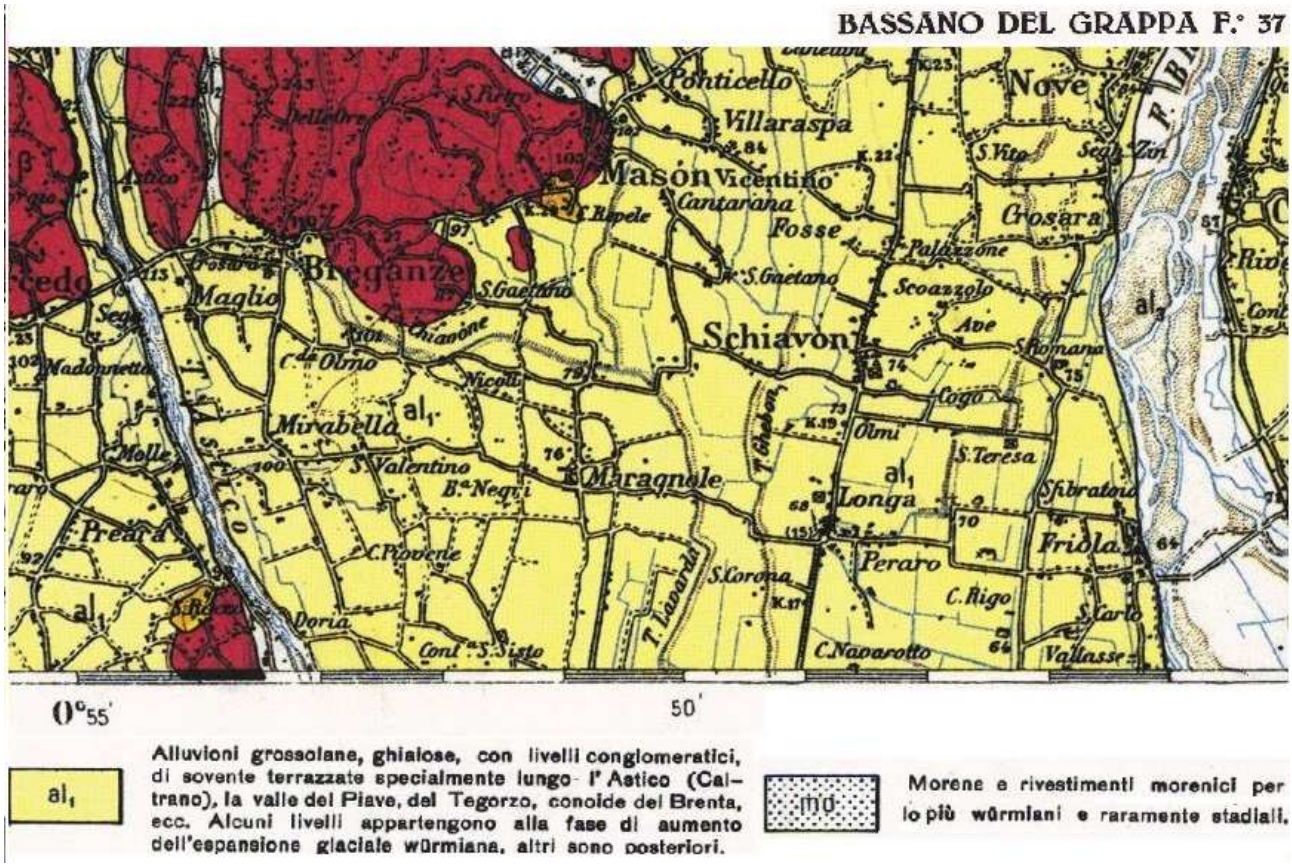


Fig. 10: Estratto F° 37 "BASSANO DEL GRAPPA" *(http://193.206.192.231/carta_geologica_italia/tavoletta.php?foglio=37)*

Negli Estratti si osserva che l'area in esame risulta caratterizzata da una potente serie di depositi alluvionali del Quaternario, costituiti per lo più dalla conoide del Fiume Astico poggianti sopra un basamento roccioso terziario. I sedimenti si sono prevalentemente deposti ad opera prima delle glaciazioni alpine e successivamente delle correnti fluvioglaciali.

La legenda della cartografia ISPRA definisce le formazioni affioranti, descritti in ordine stratigrafico, come segue:

- Depositi Alluvionali (Quaternario):
  Alluvioni grossolane, ghiaiose, con livelli conglomeratici, di sovente terrazzate specialmente lungo l'Astico (Caltrano), la valle del Piave, del Tegorzo, conoide del Brenta, ecc. Alcuni livelli appartengono alla fase di aumento dell'espansione glaciale Wurmiana, altri sono posteriori.

In sintesi le unità litostratigrafiche che costituiscono la ascia della Pianura Veneta, al quale appartiene il territorio comunale, sono attribuite, dall'alto in basso in senso stratigrafico, a:

- Età Inferiore: PLEISTOCENE
- Età Superiore: OLOCENE
- Ciclo Genetico: CONTINENTALE PLIO-QUATERNARIO
- Ambiente: DEPOSITI CONTINENTALI E PARALICI
- Genetica: ROCCE SEDIMENTARIE

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geologico e stratigrafico i terreni di copertura è stato necessario reperire tutte le informazioni di carattere geologico in possesso all'Amministrazione Comunale e nel mio archivio.

Sulla base del materiale fornito dall'Amministrazione, è stata effettuata una selezione dei documenti tenendo conto dell'attendibilità del dato.

Sono state considerate pertanto indagini geoelettriche, penetrometriche e pozzi idropotabili e irrigui meglio se direttamente correlabili a sondaggi realizzati in prossimità.

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

In sintesi tra le indagini esistenti sono state selezionate complessivamente:

- n° 21 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (PPD-DPSH);
- n° 1 prova penetrometrica dinamiche media (PPD-DPM)
- n° 7 prove penetrometriche statiche (PPS-CPT);
- n° 1 indagine geoelettrica.

Oltre alle indagini puntuali esistenti selezionate, sono stati eseguiti, ad integrazione, venti nuovi punti di indagine, dove sono stati fatti dei nuovi profili sismici ed adattando la metodica di acquisizione (ReMI-ESAC-MASW) in base alle caratteristiche del sito.

Questi sono state posizionati cercando di mantenere una certa equidistanza l'una dall'altra ed ubicate in modo da coprire nel migliore modo tutto il territorio comunale, ed adattando l'ubicazione, al momento dell'acquisizione, in base alle caratteristiche del sito (lontananza da sorgenti di rumore ambientale ed antropico).

Sono state eseguite pertanto le seguenti prove geofisiche:

- 3 prospezioni simiche attive con metodo MASW ed analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh;
- 3 prospezioni simiche passive con metodo ESAC-SPAC ed analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh
- 20 prospezioni simiche con tecnica passiva con metodo ReMi (array sismico con geofoni verticali) ed analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh;
- 20 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo di Nakamura o Horizzontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR).

In alcuni punti, i profili sismici sono stati acquisiti utilizzando due tecniche (ReMI-MASW) ed in fase di elaborazione si è scelto quello che ha evidenziato il miglior risultato.

Le prove geognostiche-geofisiche, di cui sopra sono servite, per caratterizzare, dal punto di vista meccanico e geofisico, lo spessore delle coltri dei terreni di copertura all'interno del territorio comunale

Nel dettaglio la successione stratigrafica è costituita dalle seguenti formazioni (Carta MOPS livello 1):

- Terreni contenenti resti di attività antropica, quali materiali alluvionali eterogenei di riporto per la formazione e/o tombamenti di fosse di cava e altri materiali antropici di discarica (rifiuti solidi urbani e/o inerti edili).
- Depositi attuali e recenti (Quaternario, Pleistocene e Olocene), differenziati a partire dai sedimenti più grossolani come segue:
  a. ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia, Pleistocenici nel settore nord-orientale, Olocenici nel settore centrale e occidentale;
  b. ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo del periodo Olocenico;
  c. sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla del periodo Olocenico

3.2 Inquadramento Geomorfologico e Altimetrico

Il Comune di Sandrigo si trova nella pianura alluvionale ghiaiosa costituita da una serie di conoidi orientate e sovrapposte. Il territorio comunale presenta un'acclività di circa 0.5-0.7% tipica della medio-alta pianura vicentina; nella Carta Geologico Tecnica (CGT_MS) è rappresentato dalla grafia denominata "ca: conoide alluvionale", con fenomeni di terrazzamento, di pedogenesi e di sovrapposizione di sedimenti di varia origine. La pianura alluvionale di Sandrigo presenta una quota media di 70 metri sul livello medio del mare, con valori massimi di 80-90 metri nella zona prevalentemente ghiaiosa settentrionale, fino a raggiungere terreni limosi argillosi misti a sabbie, con quote minime di 46 metri, nella fascia centro-meridionale del comune; questo settore della pianura, al di sotto del limite nord delle risorgive, è morfologicamente rappresentato con la grafia "pa: palustre".

Sono state individuate forme conseguenti a fenomeni di deposito ed erosione fluviale e alluvionale e testate di erosione in cui le risorgenze d'acqua determinano la formazione di piccole depressioni morfologiche.

Le previsioni degli effetti sismici sono correlate anche agli effetti di sito legati alle forme e discontinuità geomorfologiche.

Particolare importanza rivestono gli orli di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo, i quali sono suddivisi, a seconda della loro altezza, in orli di scarpata superiori ed inferiori a cinque metri. La maggior

parte di tali forme sono evidenziate nella Carta Geologico Tecnica (CGT_MS), in fregio all'alveo dell'Astico con la sigla "es" (argini inferiori a 5 m, ubicati al confine tra il "letto di magra" il "letto di piena ordinario"). Altre forme morfologiche artificiali individuate sono la discarica comunale (Via Galvani) ed il terrapieno in Via Masona. Quest'ultimo, ex-discarica di rifiuti speciali, chiusa in seguito all'ordinanza della Provincia, prevede una continua raccolta di percolato e stoccaggio.

In Via delle Buse si riscontra la presenza di un'area morfologicamente depressa in seguito ad attività estrattiva di ghiaia. L'area, utilizzata per la decantazione, è riempita con limi sabbiosi e argillosi provenienti dal lavaggio delle ghiaie.

Tali forme antropiche sono evidenziate nella Carta Geologico Tecnica (CGT_MS), con il simbolo **RI**:

Nel territorio di Sandrigo esiste una cava attiva "Astico-Mirabela" in Via Astico. Questa possiede dimensioni spaziali consistenti, approfondendosi nei depositi alluvionali, in falda, per decine di metri. Tale forma è evidenziata nella Carta Geologico Tecnica (CGT_MS) con la specifica grafia denominata "orlo di scarpata morfologica 10-20 m".

3.3 Idrografia

La rete idrografica superficiale del territorio comunale di Sandrigo è varia e complessa a causa di numerosi corsi d'acqua artificiali e naturali. I principali sono il Torrente Astico, il Torrente Laverda, il Fiume Tesina, i Fossi Palmirona e il Ghebo - Longhella. Il corpo idrico principale è l'Astico. che ha essenzialmente un comportamento torrentizio condizionato dal regime delle precipitazioni. Inoltre, tende localmente a variare i suoi caratteri idrogeologici specifici in seguito soprattutto alla costante produzione di materiali fini, fluitati dalle acque di lavaggio dei materiali litoidi coltivati nelle cave disposte lungo l'alveo; esse hanno parzialmente impermeabilizzato l'alveo a sud del ponte di passo di Riva.

A differenza dell'Astico, il Fiume Tesina si forma in una bassura di risorgenza nella zona orientale di Sandrigo, ed confluisce nel Torrente Laverda. Quest'ultimo si origina nella regione montana situata a nord delle colline di Mason Vicentino e possiede carattere torrentizio.

I fossi Palmirona e il Longhella, provenienti da Longa di Schiavon, vengono perennemente alimentati da risorgenza idrica (risorgive in zona Campi Alti e Megolon).

Il T. Laverda, il F. Tesina e il T. Astico sono corsi d'acqua di 1° categoria (gestiti dal Genio Civile), gli altri scoli e torrenti principali sono sempre di proprietà demaniale, ma gestiti dai Consorzi di Bonifica Alta Pianura Veneta ex Medio Astico, Bacchiglione e Brenta ex Pedemontano Brenta, i quali hanno autorità di controllo e gestione anche su numerosi scoli privati e su canalette irrigue.

3.4 Analisi Idrogeologica

Le acque scorrenti o ospitate nel suolo possono essere divise in due categorie: acque superficiali e acque profonde. Alle prime appartengono innanzitutto il Torrente Astico, il Torrente Laverda, il Torrente Astichello ed il Fiume Tesina.

Il Torrente Astico, e il Fiume Brenta hanno influenzato profondamente la morfologia e la litologia dell'Alto Vicentino e del comune di Sandrigo: il primo nel corso del tempo ha sviluppato numerose e complesse divagazioni, costruendo la sua più recente e vastissima conoide, entro la quale il torrente ha inciso il proprio alveo attuale con le mutate condizioni climatiche che hanno ridotto considerevolmente le portate e quindi il trasporto solido. In passato, in seguito ad un fenomeno di sovralluvionamento, l'Astico fu costretto a spostare il proprio alveo verso oriente, abbandonando così il primitivo percorso in direzione di Thiene. Ciò ha comportato una sovrapposizione delle conoidi più recenti del T. Astico con i depositi abbandonati del F. Brenta. Anche quest'ultimo, in seguito ad un approfondimento della depressione tettonica connessa con la faglia Schio-Vicenza, ha subito in passato una traslazione orientale di circa quindici chilometri.

La morfologia della superficie freatica nell'Alto Vicentino è strettamente legata alla presenza nel materasso Quaternario di conoidi alluvionali ghiaiose. Infatti, i corsi d'acqua montani hanno depositato bruscamente le loro alluvioni nella zona pedemontana per la diminuzione delle forze di trasporto, in seguito alla diminuzione di pendenza. Inoltre, la mancanza di un alveo stabile e definito, consentiva loro di divagare e di distribuire il materiale trasportato su aree molto vaste. Lungo il tratto pedemontano della pianura le successive conoidi di un fiume si sono sovrapposte e compenetrate lateralmente con quelle generate da corsi d'acqua adiacenti, formando un materasso alluvionale nel complesso omogeneo. La larghezza di questa fascia, definita anche alta pianura, varia da 5 a 20 km a partire dal piede dei rilievi montuosi.

L'alimentazione delle falde è garantita soprattutto dalla dispersione in alveo dei corsi d'acqua nel tratto di alta pianura.

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

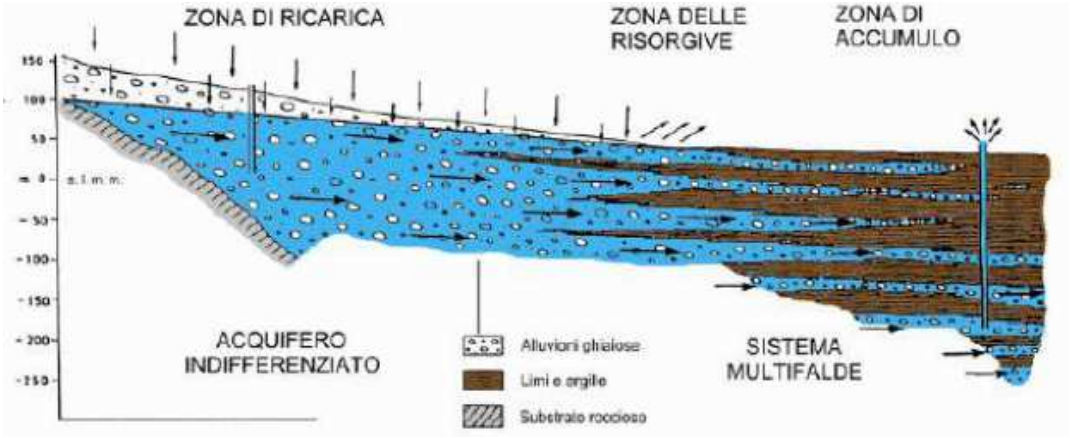


Fig. 11: Schema idrogeologico dell'Alta e Media pianura veneta (*Rinaldo et al., 2008*)

La pianura veneta, per quanto concerne i primi 300 metri dal piano campagna, è caratterizzata da conoidi alluvionali ghiaiose che, nel corso del tempo, si sono sovrapposte e compenetrate lateralmente, determinando un potente spessore di sedimenti. Seguendo la direttrice NO-SE, lo spessore dei depositi ghiaiosi si assottiglia in modo progressivo andando ad esaurirsi all'interno di livelli sabbiosi-limosi e argillosi fino a separare un acquifero libero superficiale da uno più profondo in pressione Fig. 11 (*Rinaldo et al., 2008*).

Nella zona di transizione tra i due acquiferi, dove la superficie della falda freatica si interseca con il piano di campagna dando origine alla fascia delle risorgive, esiste una zona di transizione tra l'omogeneità del mezzo poroso tipico dell'alta pianura ed il progressivo passaggio a livelli impermeabili.

3.5 Liquefazione - Considerazioni sulla suscettibilità alla liquefazione

La Liquefazione è un processo in seguito al quale un sedimento che si trova al di sotto del livello della falda perde temporaneamente resistenza e si comporta come un liquido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace.

La liquefazione ha luogo quando la pressione dei pori aumenta fino a eguagliare la pressione Inter granulare.

L'incremento della pressione neutra è indotto dalla tendenza di un materiale sabbioso a compattarsi quando è soggetto ad azioni cicliche di un sisma, con conseguente aumento del potenziale di liquefazione del terreno.

Il fenomeno di liquefazione può essere ottenuto dalla combinazione di:

- Fattori predisponenti
  a. Terreno saturo, non compattato, non consolidato, sabbioso limoso o con poca argilla;
  b. Distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in sito.
- Fattori scatenanti
  a. La sismicità: magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione in superficie.

Generalmente la liquefazione si verifica in depositi recenti di sabbia e sabbia siltosa, depositi che spesso si trovano negli alvei fluviali o aree di costa.

I terreni suscettibili al fenomeno di liquefazione sono:

- Suoli non coesivi e saturi (sabbie e limi, occasionalmente ghiaie) con contenuti di fini plastici relativamente basso;
- Suoli costituiti da particelle relativamente uniformi;
- Depositi sabbiosi recenti (Olocenici).

Si premette che nel Comune di Sandrigo le stratigrafie, i sondaggi con granulometrie, le prove penetrometriche dinamiche/statiche hanno in linea di massima escluso la presenza di strati sabbiosi in falda predisponenti al rischio di fenomeni di liquefazione, anche nell'area classificata "SC – Sabbie argillose, miscela di sabbia di argilla" nella Carta Geologico Tecnica e nella Zona 3 della Carta delle MOPS.

Tali valutazioni evidenziano, nella totalità dei casi studiati, la presenza di depositi costituiti da materiali ben classati, con percentuali elevate di materiali fini (< 0.002 mm), e con presenza non trascurabile di ghiaie, perciò i terreni analizzati sono privi di suscettibilità alla liquefazione.

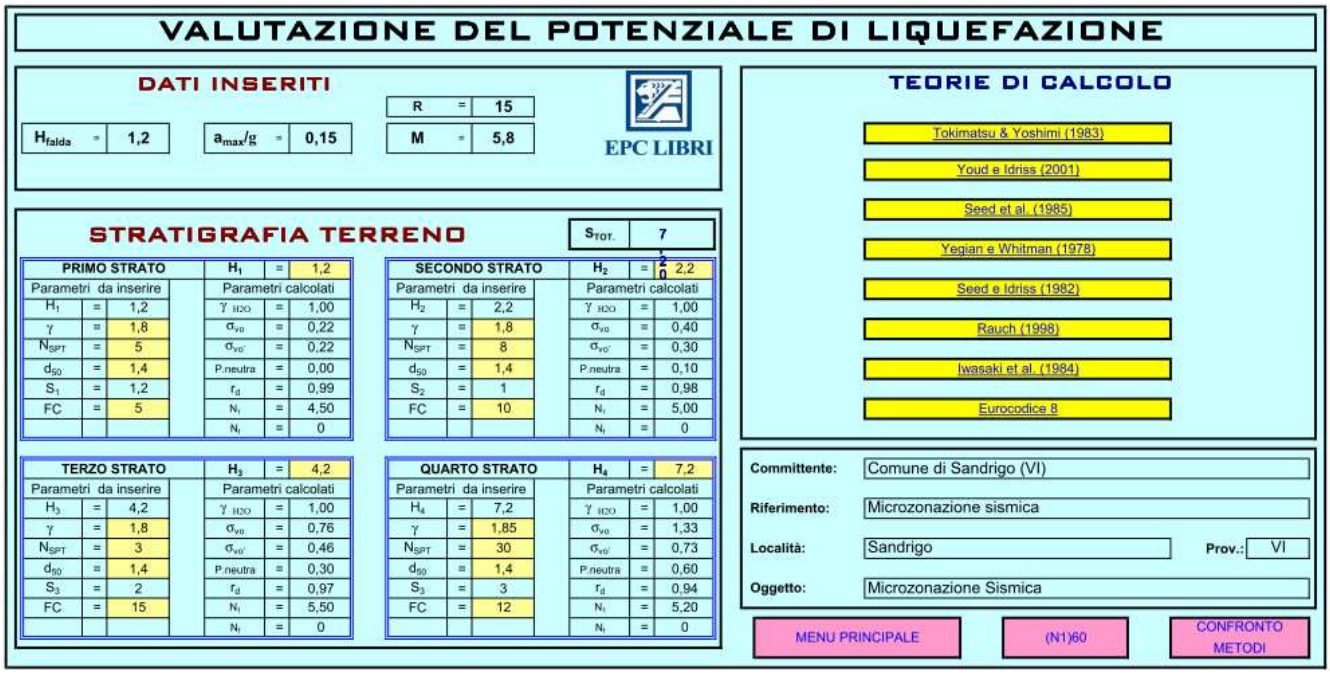
STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

In ogni caso per valutare il potenziale di liquefazione, sulla base dei dati disponibili, è stata utilizzata l'analisi quantitativa mediante valutazioni numeriche secondo svariate teorie di Autori come di seguito riportato.

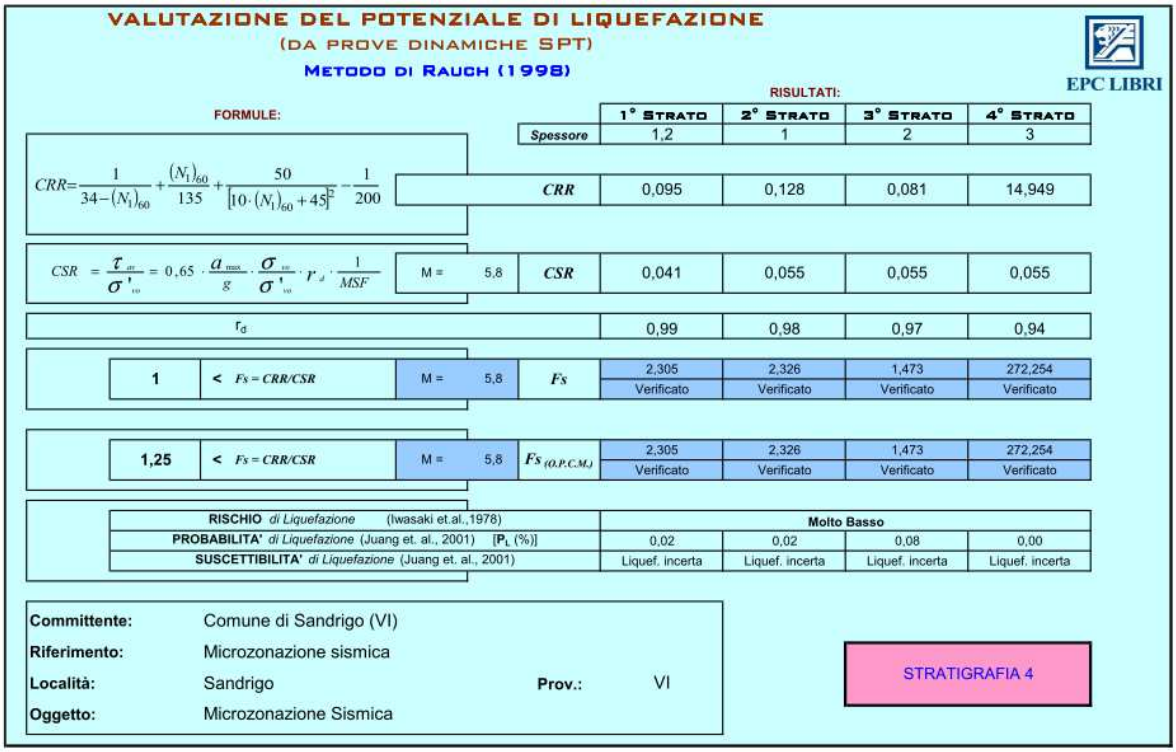
Seguono alcuni dei report tra le numerose verifiche effettuate da Prove Penetrometriche Dinamiche (PPD - SPT), mediante il software "Liquefazione dei terreni in condizioni sismiche" vers. 1.0 dell'EPC Libri con autore Dott. Geol. Sebastiano Giovanni Monaco. Tutte le calcolazioni hanno escluso il fenomeno di potenziale liquefazione.

Lo scrivente, quindi, dichiara che nel territorio comunale di Sandrigo non si possono verificare fenomeni di liquefazione.

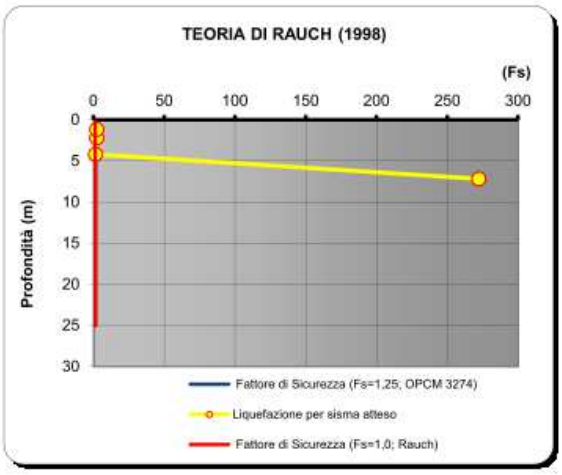
- Zona 1 della Carta delle MOPS: con la falda a profondità 1,20 m dal p.c.

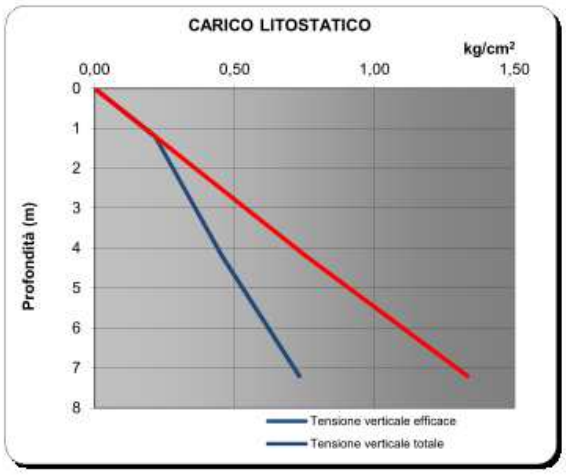


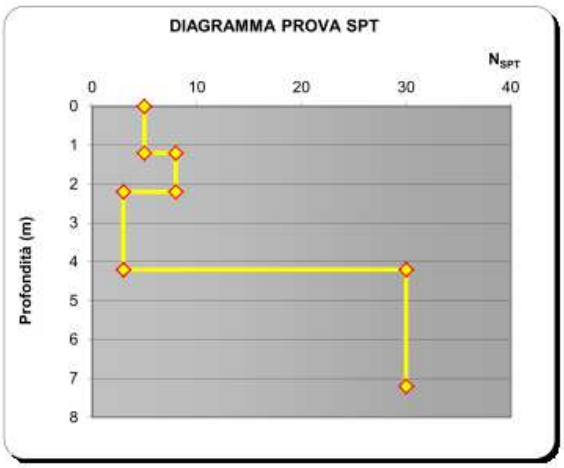
- Metodo di Rauch (1998) nell'area oggetto di studio non si è riscontrato la liquefacibilità del terreno.

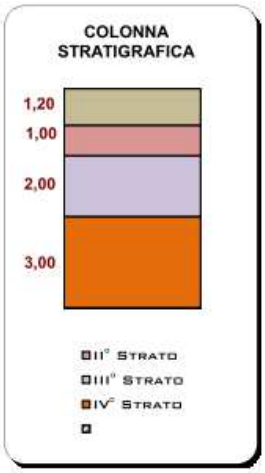


Grafico









- Metodo di Tokimatsu e Yoshimi (1993) nell'area oggetto di studio non si è riscontrato la liquefacibilità del terreno.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
(DA PROVE DINAMICHE SPT)
METODO DI TOKIMATSU E YOSHIMI (1983)

EPC LIBRI

FORMULE:

$$Na = N_{SPT} \cdot \left(\frac{1,7}{\sigma'_{vo} + 0,7}\right) + N_f$$

$$CRR = a \cdot C_r \cdot \left[\frac{16 \cdot \sqrt{Na}}{100} + \frac{16 \cdot \sqrt{Na}}{C''_S}\right]$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

RISULTATI:

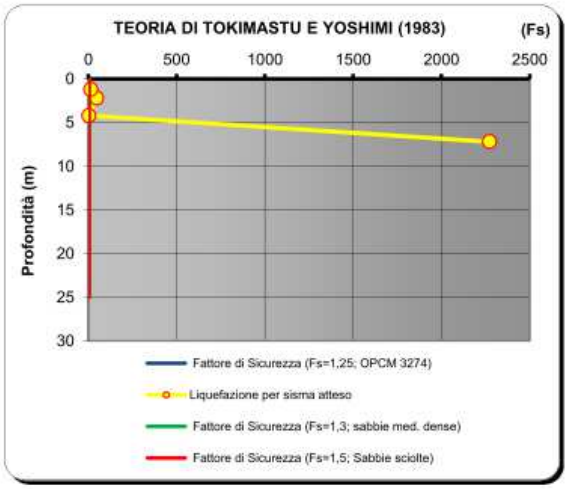
			1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO
		Spessore	1,2	1	2	3
		Na	19,218	24,837	14,547	45,482
		CRR	0,571	2,562	0,212	163,103
	M = 5,8	CSR	0,041	0,055	0,067	0,072
		r_d	0,99	0,98	0,97	0,94
Sabbie sciolte	1,3 < Fs = CRR/CSR	M = 5,8	Fs	13,816 Verificato	46,660 Verificato	3,169 Verificato	2272,266 Verificato
Sabbie mediamente addensata	1,5 < Fs = CRR/CSR	M = 5,8	Fs	13,816 Verificato	46,660 Verificato	3,169 Verificato	2272,266 Verificato
	1,25 < Fs = CRR/CSR	M = 5,8	$Fs_{(O.P.C.M.)}$	13,816 Verificato	46,660 Verificato	3,169 Verificato	2272,266 Verificato
	RISCHIO *di Liquefazione* (Iwasaki et.al.,1978)			Molto Basso			
	PROBABILITA' *di Liquefazione* (Juang et. al., 2001) [P_L (%)]			0,00	0,00	0,01	0,00
	SUSCETTIBILITA' *di Liquefazione* (Juang et. al., 2001)			Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta

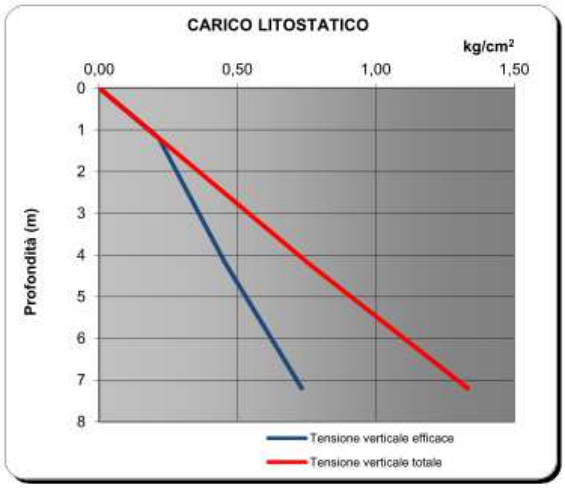
Committente:	Comune di Sandrigo (VI)
Riferimento:	Microzonazione sismica
Località:	Sandrigo
Prov.:	VI
Oggetto:	Microzonazione Sismica

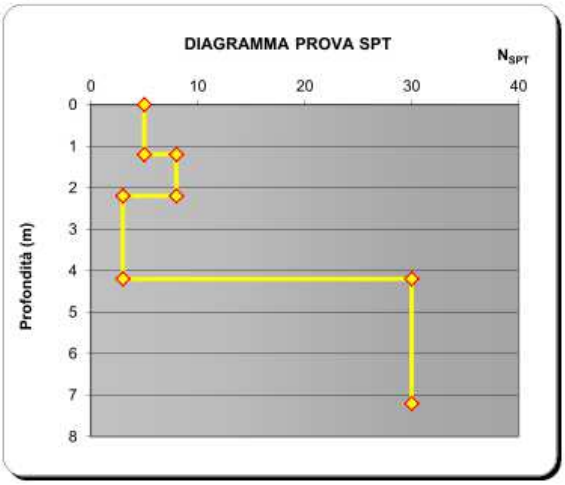
STRATIGRAFIA 4

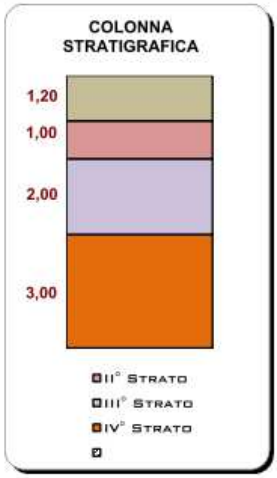
STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

Grafico

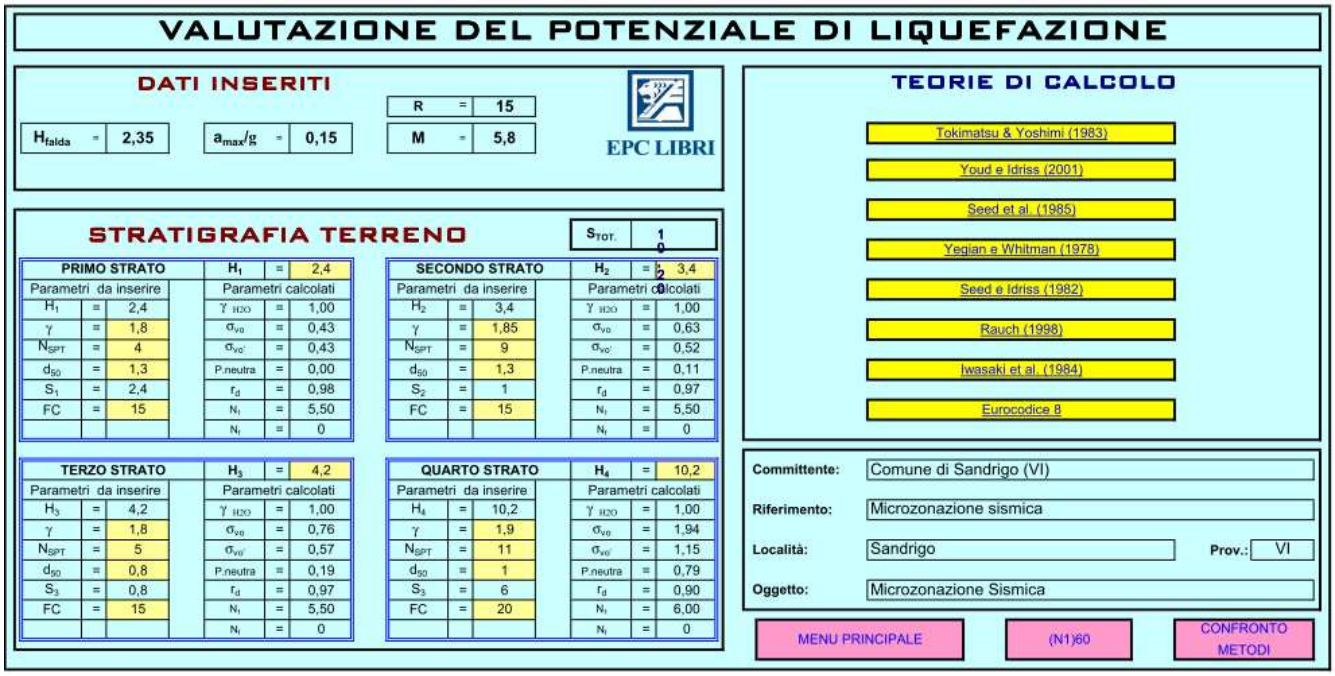








- Zona 3 della Carta delle MOPS: con la falda a profondità 2,35 m dal p.c.



- Metodo di Rauch (1998) nell'area oggetto di studio non si è riscontrato la liquefacibilità del terreno.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE DINAMICHE SPT)

METODO DI RAUCH (1998)

EPC LIBRI

FORMULE:

$$CRR = \frac{1}{34-(N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10\cdot(N_1)_{60}+45]^2} - \frac{1}{200}$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

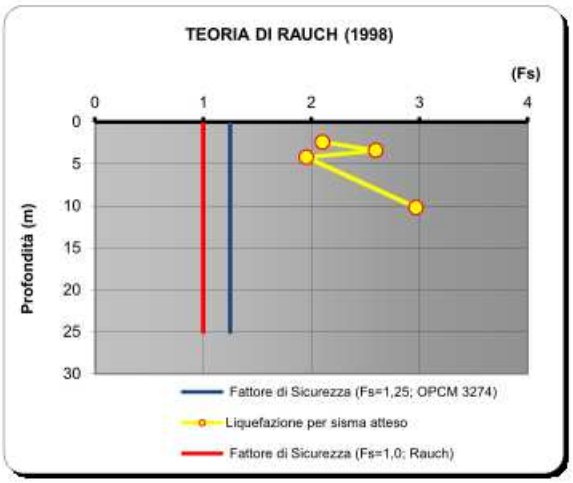
RISULTATI:

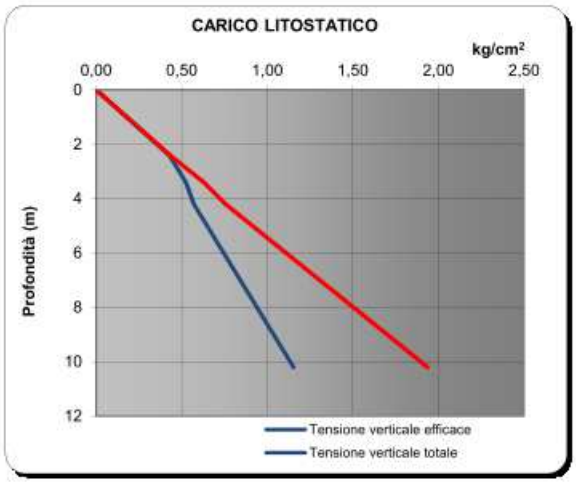
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO
Spessore		2,4	1	0,8	6
CRR		0,087	0,127	0,095	0,145
CSR	M = 5,8	0,041	0,049	0,049	0,049
r_d		0,98	0,97	0,97	0,90
Fs	1 < Fs = CRR/CSR, M = 5,8	2,103 Verificato	2,597 Verificato	1,955 Verificato	2,967 Verificato
$Fs_{(O.P.C.M.)}$	1,25 < Fs = CRR/CSR, M = 5,8	2,103 Verificato	2,597 Verificato	1,955 Verificato	2,967 Verificato
RISCHIO *di Liquefazione* (Iwasaki et.al.,1978)		Molto Basso			
PROBABILITA' *di Liquefazione* (Juang et. al., 2001) [P_L (%)]		0,03	0,01	0,03	0,01
SUSCETTIBILITA' *di Liquefazione* (Juang et. al., 2001)		Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta

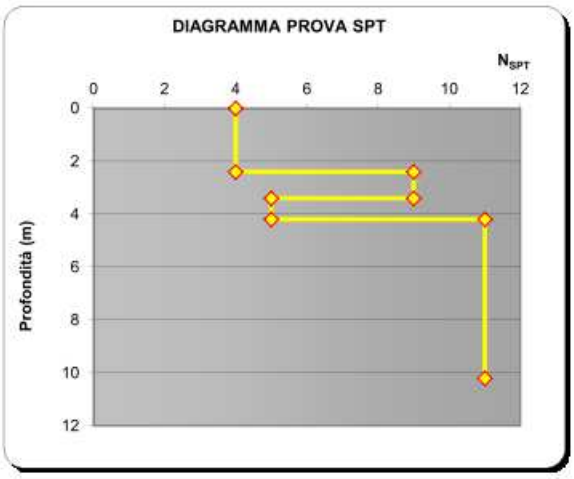
Committente: Comune di Sandrigo (VI)
Riferimento: Microzonazione sismica
Località: Sandrigo **Prov.:** VI
Oggetto: Microzonazione Sismica

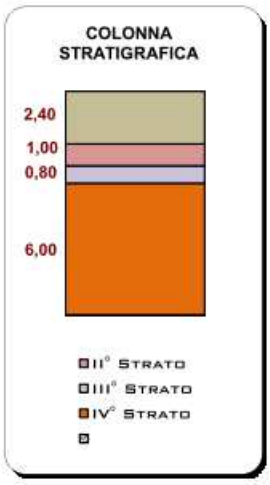
STRATIGRAFIA 4

Grafico









- Metodo di Tokimatsu e Yoshimi (1993) nell'area oggetto di studio non si è riscontrato la liquefacibilità del terreno.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE DINAMICHE SPT)

METODO DI TOKIMATSU E YOSHIMI (1983)

EPC LIBRI

FORMULE:

$$Na = N_{SPT} \cdot \left(\frac{1,7}{\sigma'_{vo} + 0,7}\right) + N_f$$

$$CRR = a \cdot C_r \cdot \left[\frac{16 \cdot \sqrt{Na}}{100} + \frac{16 \cdot \sqrt{Na}}{C''_S}\right]$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

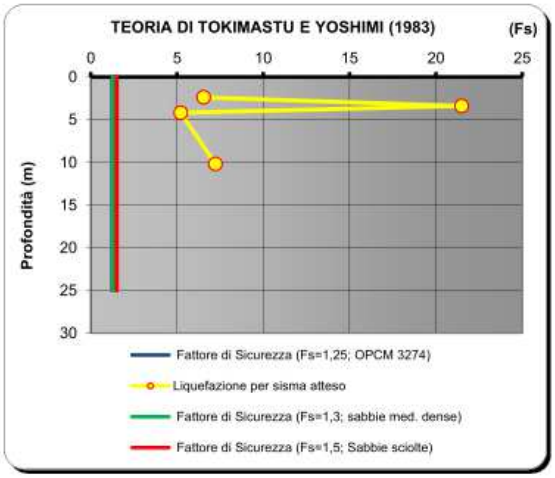
RISULTATI:

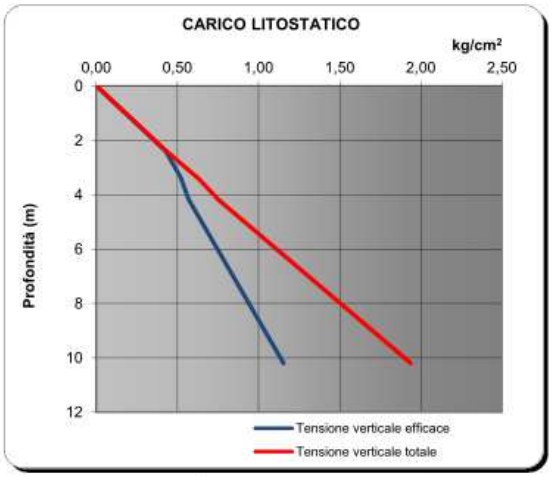
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO
Spessore		2,4	1	0,8	6
Na		15,968	21,500	16,120	18,339
CRR		0,271	1,049	0,279	0,458
CSR	M = 5,8	0,041	0,049	0,053	0,063
r_d		0,98	0,97	0,97	0,90
Sabbie sciolte: 1,3 < Fs = CRR/CSR	M = 5,8	6,538 Verificato	21,493 Verificato	5,218 Verificato	7,220 Verificato
Sabbie mediamente addensata: 1,5 < Fs = CRR/CSR	M = 5,8	6,538 Verificato	21,493 Verificato	5,218 Verificato	7,220 Verificato
1,25 < Fs = CRR/CSR	M = 5,8	6,538 Verificato	21,493 Verificato	5,218 Verificato	7,220 Verificato
RISCHIO *di Liquefazione* (Iwasaki et.al.,1978)		Molto Basso			
PROBABILITA' *di Liquefazione* (Juang et. al., 2001) [P_L (%)]		0,00	0,00	0,00	0,00
SUSCETTIBILITA' *di Liquefazione* (Juang et. al., 2001)		Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta

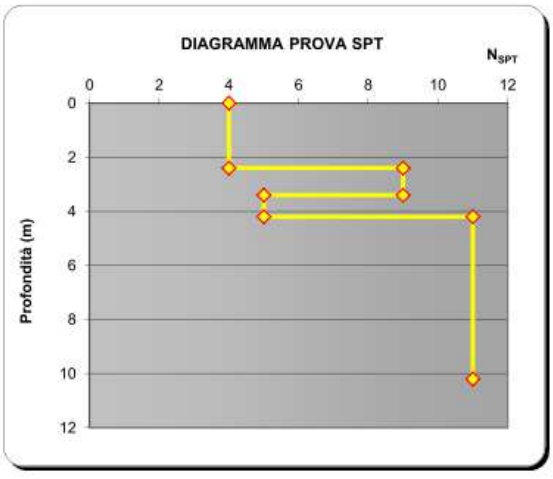
Committente: Comune di Sandrigo (VI)
Riferimento: Microzonazione sismica
Località: Sandrigo **Prov.:** VI
Oggetto: Microzonazione Sismica

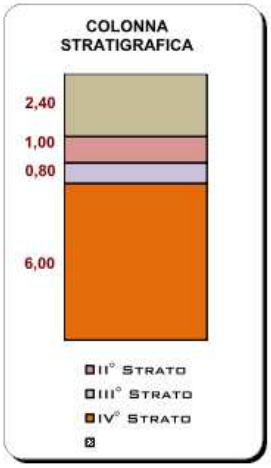
STRATIGRAFIA 4

Grafico









STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 Dati Geotecnici

Per una più compiuta definizione dell'assetto geologico del territorio del Comune di Sandrigo si è consultata la seguente cartografia:

- Carta Geologica del Veneto, anno 1990 (scala 1:250'000);
- Geologia della Provincia di Vicenza anno 2002 (scala 1:100'000);
- Tavola litologica del PAT di Sandrigo 2010 (scala 1:10'000).

Secondo la Carta Geologica del Veneto durante il Quaternario (gli ultimi due milioni di anni) il territorio Veneto raggiunse gradualmente la sua attuale configurazione. Il lento sollevamento Orogenetico dell'area montuosa fu parzialmente bilanciato dai processi erosivi e i detriti trasportati dai fiumi colmarono gradualmente il grande bacino subsidente che separava gli Appennini dalle Alpi Meridionali, formando la Pianura Padana e Veneta.

I depositi della Pianura Veneta, verificatesi nel Quaternario, sono costituiti da potenti sequenze di materiali alluvionali derivati soprattutto dall'erosione degli accumuli morenici durante le diverse glaciazioni quaternarie.

Alla fine del Cenozoico, dopo la regressione miocenica, inizia la formazione della Pianura Vicentina che si protrae durante il QUATERNARIO. L'attuale Pianura Vicentina era occupata da una laguna, dalla quale emergevano le montagne dei Lessini, nonché qualche isolotto di origine vulcanica o corallina.

Quanto fu trasportato dai monti e dai colli, così da ridurli alle dimensioni attuali, fu depositato sul fondo lagunare o marino. Prima fu riempito la laguna pedemontana e poi il braccio di mare, che occupava la fossa vicentina e padana… Il pozzo geotermico "Vicenza 1" ha mostrato che il "materasso alluvionale" della pianura quaternaria è attualmente di 221 m di spessore a Vicenza, secondo la Geologia della Provincia di Vicenza (River communication factory 2002)

Il territorio di Sandrigo fa parte nella zona Est della Pianura Vicentina. La pianura è costituita di depositi alluvionali. Anche il fondovalle del torrente Astico ha un sottosuolo di ghiaie e sabbie come quello dell'Alta Pianura.

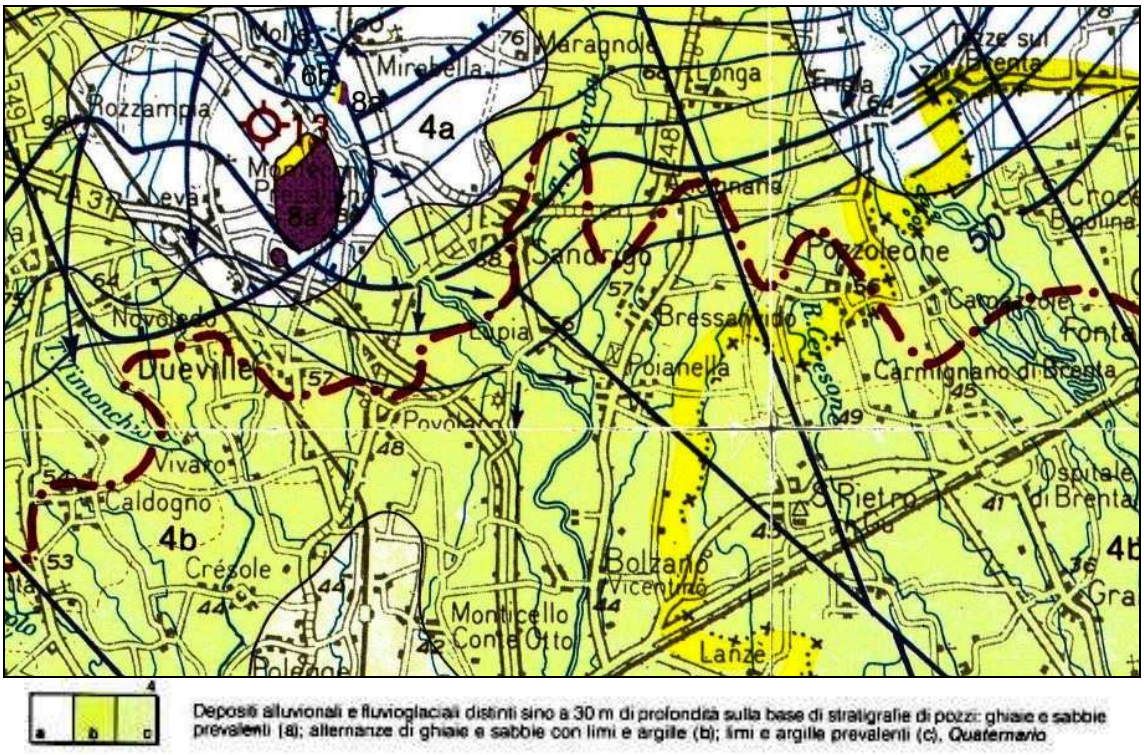


Fig. 12: Estratto della Carta Geologica della Provincia di Vicenza, *Arcaro e Cocco 2002*
(*Ingrandimento dalla Carta Geologica del Veneto 1:250'000*)

Il territorio di Sandrigo evidenzia due zone con depositi alluvionali e fluvioglaciali distinti fino a 30 m di profondità sulla base di stratigrafia di pozzi; *ghiaie e sabbie prevalente (**4a**) e alternanze di ghiaie e sabbie con limi e argille (**4b**).*

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

I terreni alluvionali di Sandrigo nella Carta Geologico Tecnica (CGT_MS) sono tipicamente suddivisibili in tre categorie con i relativi simboli:

- ghiaie pulite, con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GP);
- ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GM);
- sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla (SC).

Ai terreni naturali alluvionali e/o palustri si aggiunge la categoria:

- terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

4.2 Dati Geofisici

Prima di effettuare le prove geofisiche sul territorio del Comune di Sandrigo si è fatto lo studio di distribuzione uniforme creando una griglia.

Le prove geofisiche effettuate sono costituite da prove sismiche superficiali di tipo passivo ed attivo.

La maggior parte delle prove sismiche sono state prove di tipo passivo (ReMi e ESAC-SPAC) ed in alcuni punti si è preferito integrare le misure con delle prove aggiuntive di tipo attivo MASW.

Si è scelto di utilizzare la tecnica ESAC-SPAC nel caso di zone con probabile rumore polarizzato, come in vicinanza dell'autostrada, in zona industriale, ed urbana.

In piena campagna, lontano da evidenti sorgenti polarizzate, si è optato per profili ReMi con lunghi stendimenti in modo da poter scendere in profondità nel sottosuolo.

Al momento dell'analisi si è optato per quelle che mostravano i migliori risultati; alcune sono state elaborate in parallelo in modo da utilizzare i dati di dispersione ad alta frequenza ricavate dalle prove MASW ed i dati di bassa frequenza dalle prove REMI ESAC.

Questo ha permesso di ottimizzare la curva di dispersione e quindi ottenere un più accurato dettaglio dei primi metri di sottosuolo.

Le prove ReMi sono state effettuate con stendimenti lineari di almeno 92 – 115 m (spaziatura inter-geofonica 4-5 m) sulla base di 24 geofoni verticali Geospace con frequenza di risonanza di 4.5 Hz.

Le prove ESAC SPAC sono state effettuate con stendimenti ad **L** e sulla base di 21 Geofoni con spaziatura di 4 m.

Le prove MASW sulla base di 24 geofoni con spaziatura di 2-4 m.

Le prove a stazione singola HVSR per l'analisi delle risonanze del sottosuolo sono state acquisite con una terna di geofoni a 2 Hz e finestre di acquisizione di 10' ed in alcuni casi di 10'+10'.

Queste sono state acquisite in corrispondenza di ogni profilo sismico fatto in modo da poter analizzare congiuntamente le velocità di propagazione delle onde S e la frequenza di risonanza del terreno in ogni sito.

Per le prove si è usato un sismografo digitale OYO DAS-1 con 50 canali ed acquisizione a 24 bit del segnale, questo strumento a differenza di molti sismografi ha una banda passante estesa inferiormente fino a 0.3 Hz e quindi efficacemente utilizzabile per le acquisizioni HVSR.

Per queste prove (HVSR) ci si è tenuti lontano dall'area di influenza di strutture e/o pali/alberi che inducessero nel terreno vibrazioni parassite e non correlate con il sottosuolo.

In sintesi tra le indagini effettuate sono state selezionate complessivamente:

- 3 prospezioni simiche attive con metodo MASW ed analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh;
- 3 prospezioni simiche passive con metodo ESAC-SPAC ed analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh
- 20 prospezioni simiche con tecnica passiva con metodo ReMi (array sismico con geofoni verticali) ed analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh;
- 20 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo di Nakamura o Horizzontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR).

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale.

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La costruzione della "Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica" ha riportato tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche) derivate da informazioni esistenti desunte dalla banca dati Comune (Quadro Conoscitivo – PAT vigente), da ulteriori studi effettuati a livello del territorio comunale dallo scrivente studio.

Questi dati sono stati necessari alla definizione del modello di sottosuolo per l'intero territorio comunale e propedeutici per la definizione in chiave sismica degli effetti attesi al suolo.

La conformazione locale del territorio comunale è compresa su un unico macrodominio: Dominio Quaternario (con depositi alluvionali e fluvioglaciali distinti fino a 30 m di profondità, ricostruito sulla base delle stratigrafie dei pozzi; *ghiaie e sabbie prevalente e alternanze di ghiaie e sabbie con limi e argille)*, come peraltro descritto nel Cap.3 della medesima relazione.

Sulla base del modello del sottosuolo sopra descritto, si determina che la morfologia del territorio risulta caratterizzata da materiali alluvionali fluviali a tessitura prevalente granulare grossolana, in subordine fine, di età Pleistocenica-Olocenica. Su questa si rinvengono nella maggior parte del territorio comunale depositi detritici, a prevalente componente ghiaiosa pulita, con granulometria poco assortita, miscele di ghiaia e sabbia, ghiaie e sabbie limose e nella zona sud-ovest del territorio sabbie argillose, miscele di sabbie e argille.

Quanto sopra descritto, compresi i rispettivi rapporti stratigrafici, l'assetto tettonico delle unità e delle formazioni che costituiscono il sottosuolo del territorio comunale di Sandrigo, nei settori sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo, sono visualizzati anche nella sezione geologica realizzata e riportata nella cartografia.

6. INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

L'interpretazione dei dati provenienti dallo studio del centro abitato di Sandrigo e delle frazioni dislocate sull'intero territorio comunale ci permette di affermare, sia sulla base delle indagini pregresse che di quelle nuove realizzate ad hoc per lo studio in essere, che c'è una buona corrispondenza con la situazione stratigrafica finora localmente verificata.

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1 Premessa

Lo studio di microzonazione sismica di I° livello per il comune di Sandrigo è stato realizzato sull'intero territorio comunale ed ha prodotto l'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali e delle *microzone omogenee in prospettiva sismica* (*MOPS*).

La definizione di primo livello consente quindi di definire gli ambiti in cui successivamente si potrà ritenere necessario effettuare indagini e analisi specifiche di microzonazione sismica secondo quanto previsto dai livelli di approfondimento ritenuti necessari.

7.2 Metodi geofisici passivi

Per l'elaborazione si è utilizzato il software **Geopsy (ver. 2.5.0)** e **Seisimager (ver. 4.20).**

Metodi adottati: Refraction Microtremor (ReMi) ed ESAC (Extended Spatial Autocorrelation, Ohori et Al. 2002, Okada, 2003).

Le tecniche Refraction Microtremor (ReMi) (*Louie, 2001*) ed ESAC (Extended Spatial Autocorrelation) sono metodi di misura passiva non invasiva ampiamente utilizzate negli USA, dove sono nate, proprio per l'analisi sismica dei terreni ed in particolare nel N.E.H.R.P. (**N**ational **E**arthquacke **H**azard **R**eduction **P**rogram). Essi prevedono: l'acquisizione dei microtremori presenti nell'area di indagine, mediante un sismografo digitale ad alta dinamica, l'utilizzo di uno stendimento lineare (ReMi) o disposto ad L o a forma di triangolo (ESAC-SPAC) con più geofoni a bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati) ed un tempo di acquisizione di varie decine di secondi.

I microtremori dell'area sono costituiti per lo più dalle onde di superficie il cui contenuto in frequenza è compreso tra i 2 Hz ed i 35 Hz, variabile a seconda delle litologie presenti nel sottosuolo. Il contributo maggiore della perturbazione è data dalle onde di Rayleigh, che si propagano con una velocità che è strettamente correlata con le caratteristiche elastiche della porzione di suolo in cui si propagano le onde.

In un semispazio stratificato le onde di Rayleight sono dispersive, cioè le onde di differente lunghezza d'onda si propagano con velocità diverse di fase e di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980). Questo significa che la velocità di fase delle onde di Rayleight è fortemente legata alla loro frequenza. Il fenomeno della dispersione è collegato al fatto che durante la propagazione le onde con alta frequenza (corta lunghezza d'onda) viaggiano prevalentemente attraverso i terreni superficiali, mentre le onde di bassa frequenza (onda lunga) interessano strati più profondi (Fig.13).

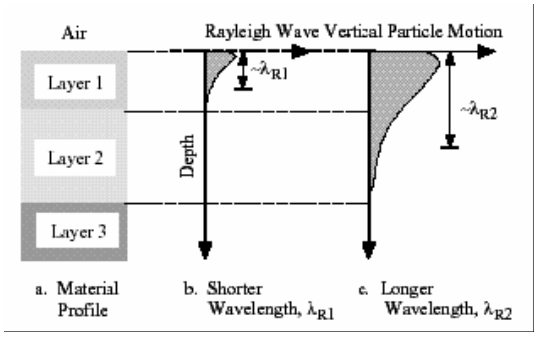


Fig.13: Profondità interessata dalla propagazione di onde di Raleight di differente lunghezza d'onda (*Stokoe II & Santamarina, 2000*)

L'elaborazione dei dati acquisiti sia con tecniche passive ReMi, ESAC che attive MASW consiste nell'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh mediante una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (*p-f*) che analizza l'energia di propagazione dello "spettro di rumore" o "dell'impulso sismico" lungo la linea sismica e la successiva rappresentazione su di un grafico *p-f* dello spettro di potenza.

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

I dati selezionati nell'immagine **p-f** vengono rappresentati graficamente in un diagramma velocità di fase - frequenza, da cui è possibile ottenere un primo modello monodimensionale, successivamente un processo di inversione ad elementi finiti calcola la distribuzione delle velocità Vs nel sottosuolo che più si avvicina nei termini R.S.M. ai dati acquisiti.

Nei profili passivi, l'acquisizione dei dati sismici, è bene che venga effettuata su più finestre temporali in modo da acquisire una immagine statisticamente significativa dello spettro di frequenze dei microtremori dell'area.

Il segnale dei "microtremori", infatti, è variabile nel tempo in quanto legato al rumore ambientale generato nel sottosuolo in parte da attività antropica ed in parte da cause naturali.

7.3 Risultati

I° LIVELLO DI MICROZONAZIONE.

Il I° livello di microzonazione è stato realizzato su tutto il territorio comunale.

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, nelle quali sono da effettuare approfondimenti di indagine ed analisi per la eventuale microzonazione sismica di livello superiore ed i livelli di approfondimento che competono alle condizioni di pericolosità di detti ambiti.

Dall'analisi dei dati emerge immediatamente che il macrodominio geologico che costituisce la totalità del territorio comunale (Dominio Alluvionale Quaternario) può essere schematizzato in un'unica grande famiglia a comportamento sismico contraddistinto da una velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m del sottosuolo compresa tra 240 m/s a 360 m/s, pertanto sono soggetti ad amplificazioni del moto sismico di base.

La zona con le Vs più basse è la porzione comunale sud-ovest, mentre una piccola parte nella zona nord-est ha velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio leggermente superiore a 360 m/s.

Nel complesso in ogni caso tutto il sottosuolo naturale del territorio Comunale è classificabile come categoria di sottosuolo "C" (..*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media rigidezza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (15 < N SPT < 50, 70<cu<250 kPa).*

TIPO DI TERRENO	DESCRIZIONE	PARAMETRI		
		V_{S30} m/s	N_{SPT}	c_u kPa
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	> 800		
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 800 > 360	> 50	> 50
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800m/s			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (PI > 40) e contenuto di acqua	< 100		< 20 > 10
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

Tabella 6: Tipi di terreno

Con riferimento a tale comportamento della copertura vanno esclusi tutti i fenomeni franosi che sono caratterizzati da comportamenti ben differenti e che richiedono il più alto livello di approfondimento di microzonazione sismica, in quanto possono essere soggetti a fenomeni di amplificazione; fanno eccezione le zone antropizzate, come le scarpate di cava, le quali potrebbero essere soggette a crolli entro la fossa della cava medesima.

La classificazione dei suoli avviene come previsto dalla normativa sulla base del parametro Vs_{30}, questo rappresenta la velocità media di propagazione delle onde di taglio S entro i 30 m di profondità per un "*volume significativo*"[1], ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \left(\frac{Hi}{Vi}\right)}$$

Dove Hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato iesimo, per N strati presenti nei 30 m superiori.

La elaborazione dei dati numerici provenienti dalle indagini riferite all'intero Territorio Comunale ha permesso di redigere la sottostante carta delle Velocità V_{s30}; tale elaborato viene ritenuto molto utile ai fini applicativi immediati nei confronti delle strutture edilizie in essere e per quelle future conseguenti ad eventuali espansioni .

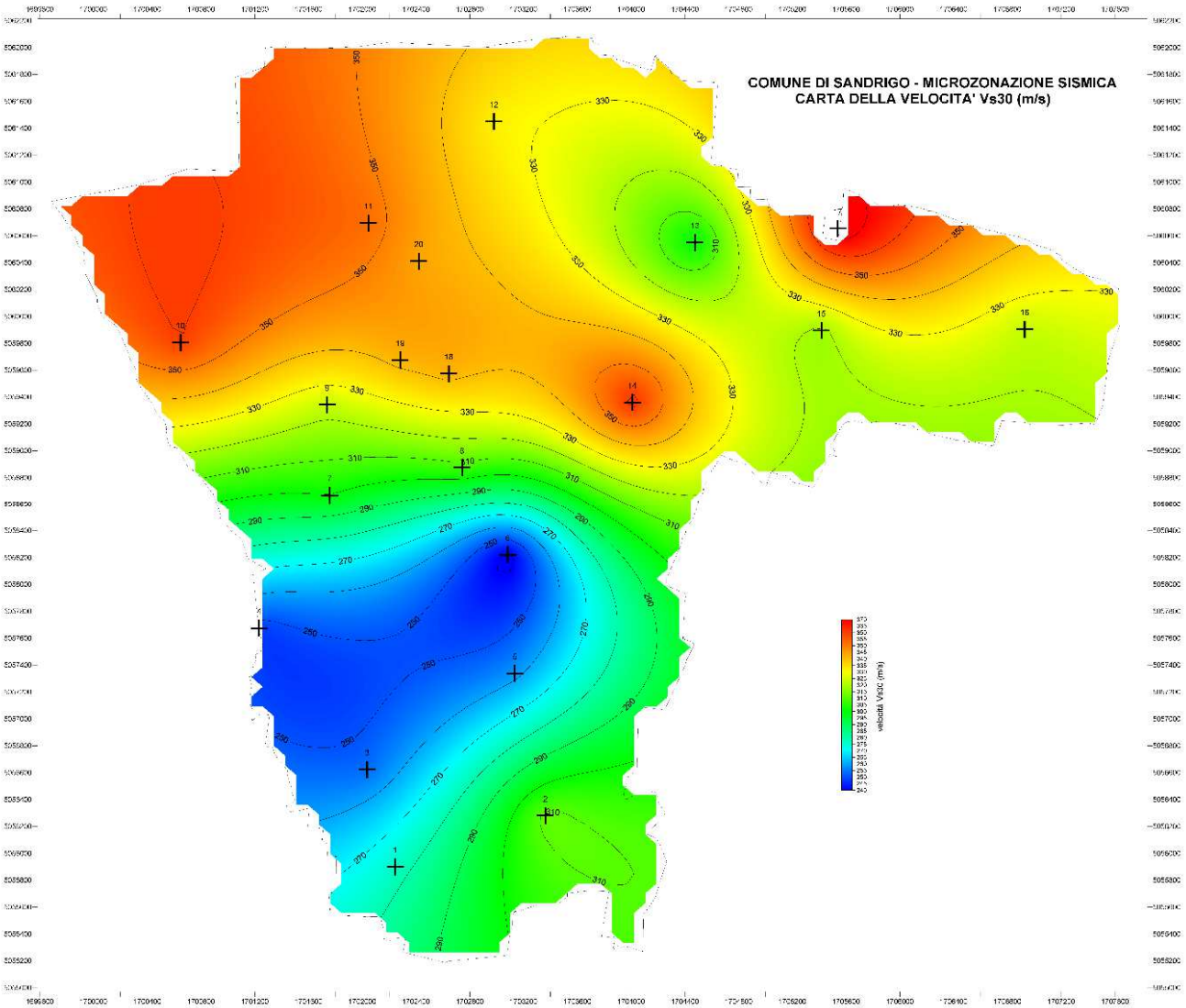


Fig. 14: CARTA delle VELOCITA' Vs30 del Territorio Comunale di Sandrigo

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

In modo analogo, l'elaborazione dei dati geofisici relativamente alle frequenze di risonanza provenienti dalle indagini estese all'intero Territorio Comunale ha permesso di redigere la sottostante carta delle frequenze; tale elaborato viene ritenuto molto utile ai fini applicativi immediati nei confronti delle strutture edilizie in essere e per quelle future conseguenti ad eventuali espansioni edificatorie civili e industriali.

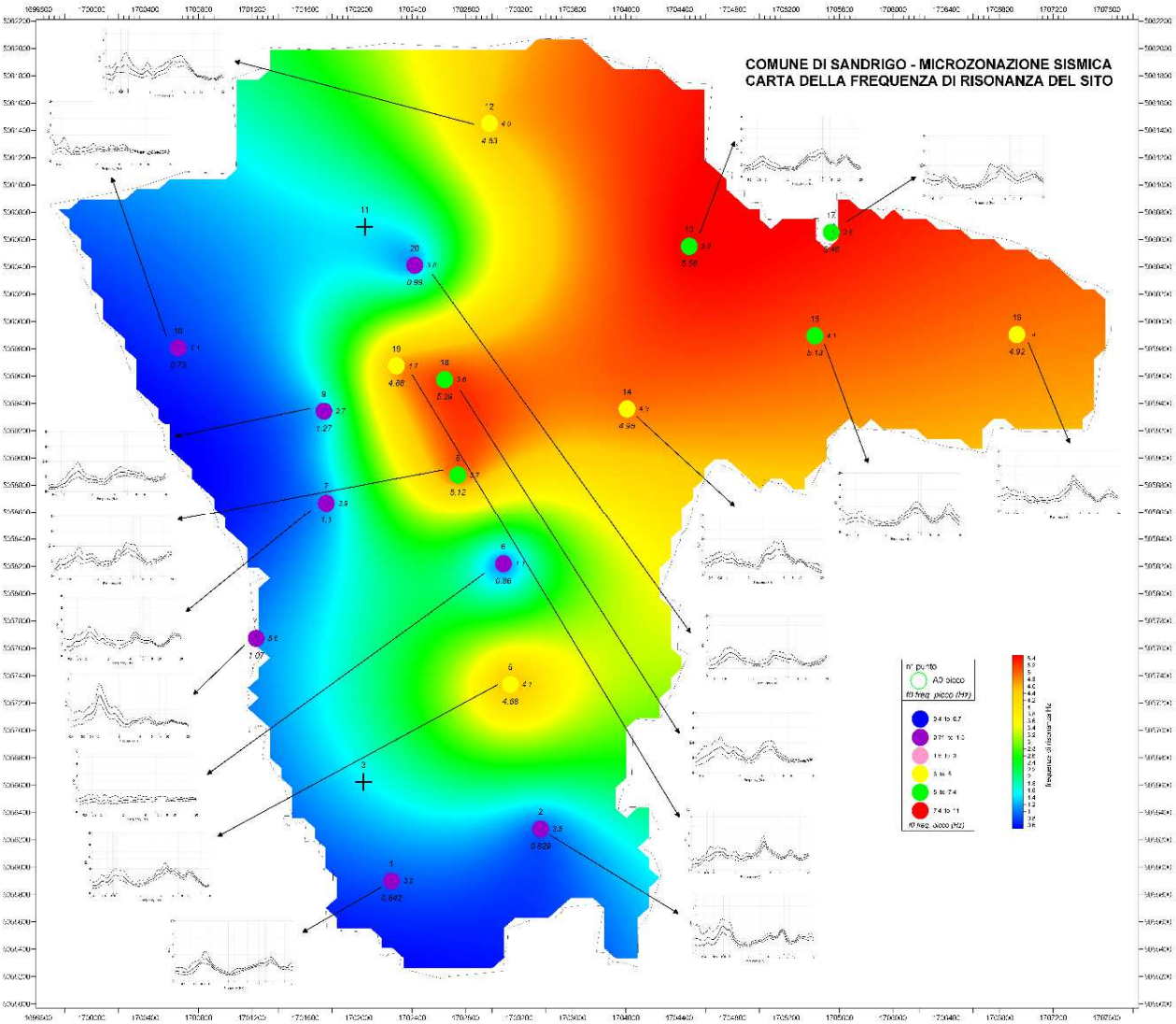


Fig. 15: CARTA delle FREQUENZE di RISONANZA del Territorio Comunale di Sandrigo

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 Carta delle indagini

Sulla base del materiale fornito dall'amministrazione e reperito nel nostro archivio sono state selezionate complessivamente:

- n° 21 prove penetrometriche dinamihe pesanti (PPD-DPSH);
- n° 1 prova penetrometrica dinamihe media (PPD-DPM)
- n° 7 prove penetrometriche statiche (PPS-CPT);
- n° 1 indagine geoelettrica.
- n° 3 prospezioni simiche a rifrazione attiva con metodo MASW in onde Rayleigh (array sismico con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh) ed analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh;
- n° 3 prospezioni simiche passive con metodo ESAC-SPAC ed analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh
- n° 20 prospezioni simiche a rifrazione passiva con metodo ReMi (array sismico con geofoni verticali) ed analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh;
- n° 20 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo di Nakamura o Horizzontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR).

Le indagini d'archivio sono state integrate con nuove indagini geofisiche di superficie; nello specifico sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione con metodologia sia attiva che passiva, sia in array che a stazione singola.

Le nuove indagini sono state eseguite quasi sempre congiuntamente, al fine di meglio caratterizzare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio Vs con la profondità e di ridurre l'incertezza interpretativa che deriva dalle analisi di sismica di superficie.

Nello specifico le nuove indagini sono cnsistite nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HVSR e nella definizione del profilo di Vs mediante analisi di tipo MASW - HoliSurface.

Le indagini sono state distinte secondo la legenda fornita da *"Standard di rappresentazione e archiviazione infromatica" vers. 3.0 cap. 1.1.1. Carta delle indagini*.

L'elaborato è stato redatto in scala 1:10.000.

8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

La "Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica" ha riportato tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche) derivate da informazioni esistenti desunte dalla banca dati Comune (Quadro Conoscitivo – PAT vigente) e da ulteriori studi effettuati a livello del territorio comunale dal nostro studio.

Questi dati sono stati necessari alla definizione del modello di sottosuolo per l'intero territorio comunale e propedeutici alla definizione in chiave sismica degli effetti attesi al suolo.

La conformazione locale del territorio comunale è compresa su un unico macrodominio: Dominio Quaternario (con depositi alluvionali e fluvioglaciali distinti fino a 30 m di profondità sulla base di stratigrafia di pozzi; *ghiaie e sabbie prevalente e alternanze di ghiaie e sabbie con limi e argille)*, come peraltro descritto nel Cap.3 di questa relazione.

Sulla base del modello del sottosuolo sopra descritto, si evince che la morfologia del territorio risulta caratterizzata da materiali alluvionali fluviali a tessitura prevalente granulare grossolana, in subordine fine, di età Pliestocenica-Olocenica. Su questa si rinvengono i depositi detritici, a prevalente componente ghiaiosa e sabbiosa nella maggior parte del territorio comunale: si tratta di ghiaie pulite, con granulometria poco assortita, miscele di ghiaia e sabbia, ghiaie e sabbie limose e nella zona sud-ovest del territorio sabbie argillose e miscele di sabbia e argilla.

Sono state rappresentate tutte le forme di instabilità riscontrate e rilevate.

Infine sono stati cartografati terreni di copertura (con spessori > 3 m) suddivisi sulla base dei sondaggi, delle granulometrie e delle prove penetrometriche. I terreni di copertura sono stati suddivisi nei seguenti litotipi:

- Terreni contenenti resti di attività antropica;
- Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia;
- Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo;
- Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla.

Quanto sopra descritto, i rispettivi rapporti stratigrafici e l'assetto tettonico delle unità e formazioni che costituiscono il sottosuolo del territorio comunale di Sandrigo, nelle zone urbanizzate e di previsto sviluppo, sono visualizzati nella sezione geologica allegata.

L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000.

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

8.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MPOS (livello 1)

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS (livello 1) è costruita sulla base degli elementi individuati e già riportati nella Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica. L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000.
In funzione delle informazioni rappresentate, la legenda è distinta nelle seguenti parti:

- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per stratigrafia;
- Forme di superficie e sepolte;

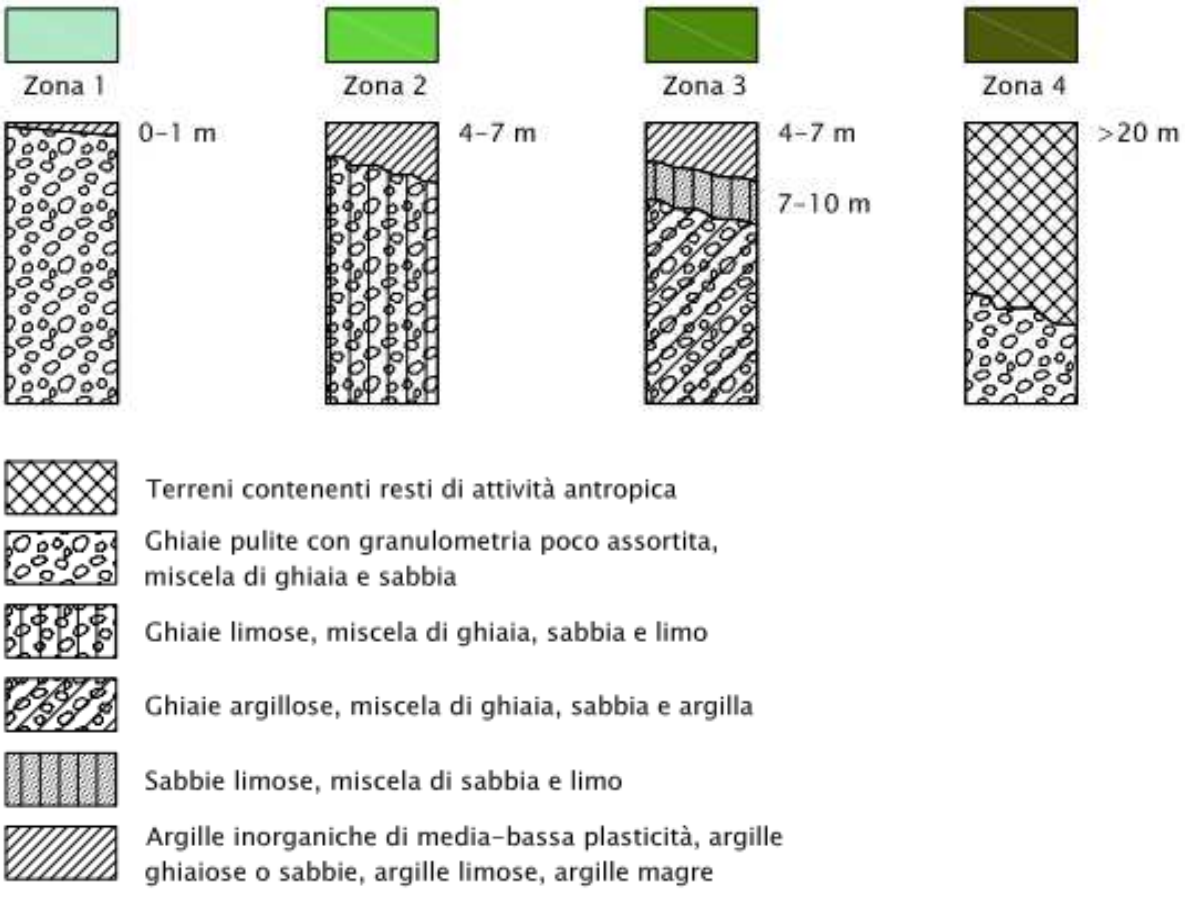
In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. delle Regioni e Province Autonome e gli Standard MS (v. 3.0), sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, nelle quali sono da effettuarsi approfondimenti di indagini ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento che competono alle condizioni di pericolosità di detti ambiti.

Di seguito si riporta una descrizione delle microzone omogenee in prospettiva sismica con gli schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi:

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona 1: - Copertura di spessore molto limitato < 1 m, seguito da ghiaie pulite poco assortite, miscele di ghiaia e sabbia;
- Zona 2: - Copertura di spessore limitato (4-7 m), seguito da ghiaie limose, miscele di ghiaia abbia e limo;
- Zona 3: - Copertura di spessore limitato (4-7 m), seguito da livello variabile (7-10 m) di sabbie limose, miscele di sabbia elimo, quindi ghiaie argillose, miscele di ghiaia, sabbia e argilla;
- Zona 4: - Terreni contenenti resti di attività antropica (spessore > 20 m) seguiti da ghiaie pulite e miscele di ghiaia e sabbia.
-

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per stratigrafia



Forme di superficie e sepolte

Le forme di superficie e sepolte che possono essere utili negli studi di microzonazione qui individuati sono:

- Conoidi alluvionali
- Orlo di scarpata morfologica

Si riporta in fig. 14 una sezione geo-strutturale

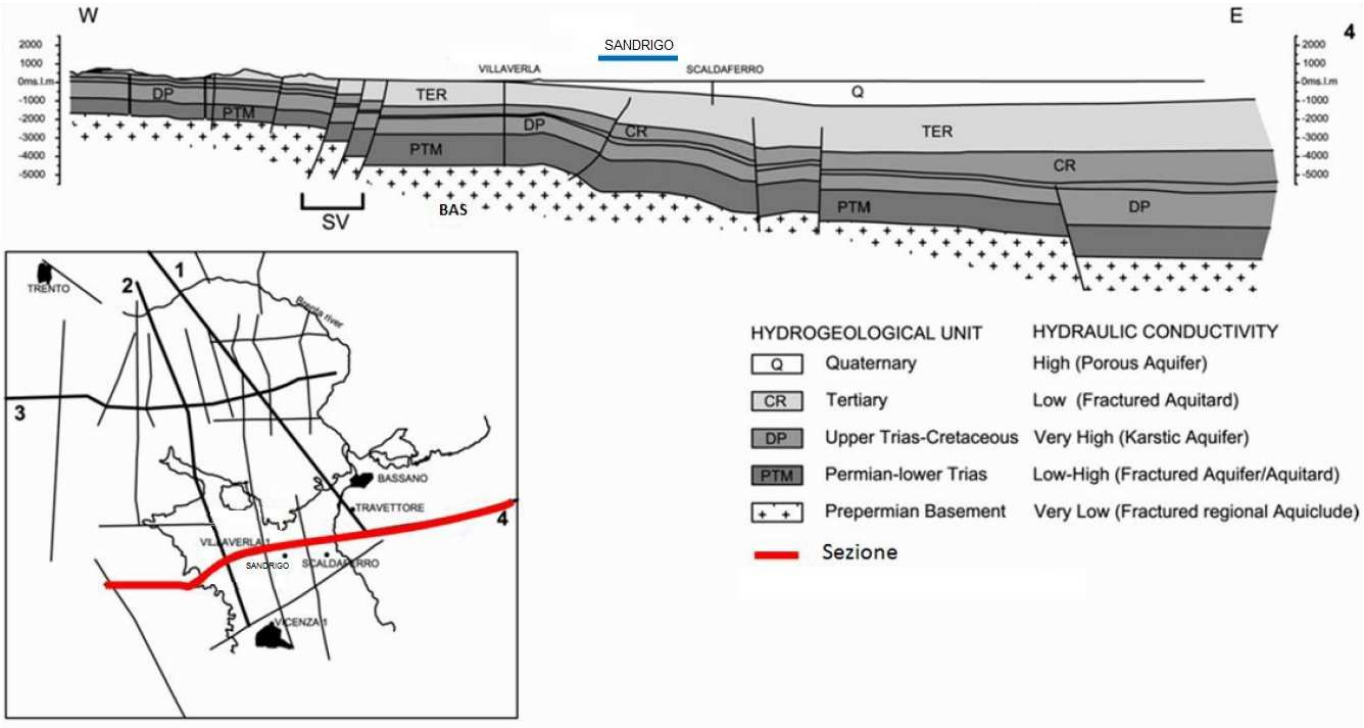


Fig. 16: Sezione geo-strutturale W-E passante per il pozzo Villaverla 1 (modificata da Pilli et al., 2012).
Q - Quaternario; TER - Successione stratigrafica del terziario; CR - formazioni del Cretaceo; DP - Dolomia Principale; PTM: Micascisti e filladi del basamento metamorfico; BAS - Basamento metamorfico.

Metodologia di elaborazione dati

- Shapefile: i files sono stati elaborati tramite programma GIS di pubblico dominio "*QGIS2.2.0*".
- Le tavole con i conturing sono state lavorate tramite software "*Golden Software Surfer 8.0*".
- Gli spettri dei profili monostazione HVSR sono stati elaborati tramite software "*Geopsy 2.5.0*" e software J-Sesame" secondo le linee guida europee descritte in "Sesame-HV-User-Guidelines for the implemetation of the H/V spectral ratio tenchique on ambient vibrations" 2004" (*Sesame European research project WP12–Deliverable D23.12*).
- I dati sono stati inseriti mediante il software fornito dalla Protezione Civile "*SoftMS_v3"*.

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Per quanto attiene il confronto con eventi passati non è stato possibile reperire alcuna informazione in merito ai danni degli eventi passati.

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

10. BIBLIOGRAFIA

- NTC2008. D.M. 14 gennaio 2008 Norme Tecniche per le Costruzioni e s.m.i., entrata in vigore a partire dal 1 luglio 2009.

- OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". G.U. n. 155, 08/05/2003, suppl. ord. N. 72.

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:100.000, foglio 37 BASSANO DEL GRAPPA, ISPRA SGI - Servizio Geologico Italiano
(*http://www.isprambiente.gov.it/it/cartografia)*

- ESTRATTO della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:100.000, foglio 37 BASSANO DEL GRAPPA, ISPRA SGI - Servizio Geologico Italiano
(*http://193.206.192.231/carta_geologica_italia/tavoletta.php?foglio=50)*

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:100.000, foglio 50 PADOVA, ISPRA SGI - Servizio Geologico Italiano.
- (*http://www.isprambiente.gov.it/it/cartografia)*

- ESTRATTO della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:100.000, foglio 50 PADOVA, ISPRA SGI - Servizio Geologico Italiano.
(http://193.206.192.231/carta_geologica_italia/tavoletta.php?foglio=50)

- GRUPPO DI LAVORO MS, 2008. "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Conferenza delle Regioni e delle province Autonome - Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol.

- BRAMERINI F., CASTENETTO S., NASO G., QUADRIO B. (a cura di), 2013. "Standard di rappresentazione e archiviazione infromatica" Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica, Roma, vers. 3.0. (*www.protezionecivile.gov.it/resources/jcms/.../StandardMS_3.0_open.pdf*).

- ANTONELLI R., BARBIERI G., DAL PIAZ G.V., DAL PRA A., DE ZANCHE V., GRANDESSO P., MIETTO P., SEDEA R., ZANFERRARI A. (a cura di), 1990. "Carta Geologica del Veneto 1:250'000" Regione Veneto, Firenze, SELCA 1990.

- ARCARO M., COCCO F. (a cura di) 2002 "Geologia della Provincia di Vicenza" – Carta geologica della Provincia di Vicenza scala 1:100'000, Vicenza, RIVER 2002.

- QUADRO CONOSCITIVO P.A.T. 2010 COMUNE DI SANDRIGO. "Tavola Litologica del PAT" scala 1:10'000. Sandrigo 2010.

- QUADRO CONOSCITIVO P.A.T. 2010 COMUNE DI SANDRIGO. "Tavola Idrogeologica del PAT" scala 1:10'000. Sandrigo 2010.

- MELETTI C. e VALENSISE G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al Rapporto Conclusivo
(*http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf*).

- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di), 2011. BDMI11, versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano 2011.
(*http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/*)

- ROVIDA A., CAMASSI R., GASPERINI P. e STUCCHI M., (a cura di), 2011*,* CPTI11*,* versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, Milano, Bologna, 2011
(*http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/*)

- PROGETTO ITHACA (Italy Hazard from Caplable faults). "Estratto di GeoMapViewer" ISPRA SGI - Servizio Geologico Italiano.
  (http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html)

- Balocchi P. (a cura di) 2012. "Regime dello stress tettonico attuale della microplacca Adria (Pianura Padana-Veneta)", GeoResearch Center Italy - GeoBlog, pub n° 6(2012), ISSN: 2240-7847.
  (*http://georcit.blogspot.it/2012/12/regime-dello-stress-tettonico-attuale.html).*

- CASTELLARIN A., CANCELLI L., FESCE A. M., MERCIER J.L., PICOTTI V., PINI G. A., PROSSER G., SELLI L. (a cura di) 1992. "Alpine compressional tectonics in the Southern Alps. Relationship with the N-Apennines". Annales Tectonicae, 6.

- BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M., SARTORI R., SCANDONE P., (a cura di) 1990. "Structural model of Italy". Firenze, SELCA.

11. ALLEGATI

Elaborati cartografici delle studio di Microzonazione Sismica di Livello 1

- Relazione illustrativa Microzonazione Sismica;
- Tabelle delle Indagini Geofisiche con la loro ubicazione e le relative V_{s30} e Picco di frequenza f0;
- Carta della velocità V_{s30} (formato A3);
- Carta della frequenza di risonanza del sito (formato A3);
- Carta delle Indagini, scala 1:10'000 (formato A0);
- Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS), scala 1:10'000 (formato A0);
- Carta delle Microzonazione Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS (Livello 1), scala 1:10'000 (formato A0);
- Carta Sezione Geologica, scala distanza 1:20'000 e scala altezza 1:5'000 (formato A1);

Vicenza, 20 Aprile 2015

Geologo

Dr. Roberto RECH

STUDIO RECH - PROGETTAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE
CALCOLI PER STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI
STR. DI SAVIABONA, 331 – 36100 VICENZA - TEL./ FAX: 0444 506101
E-Mail: roberto.rech@studiorech.com

ALLEGATO

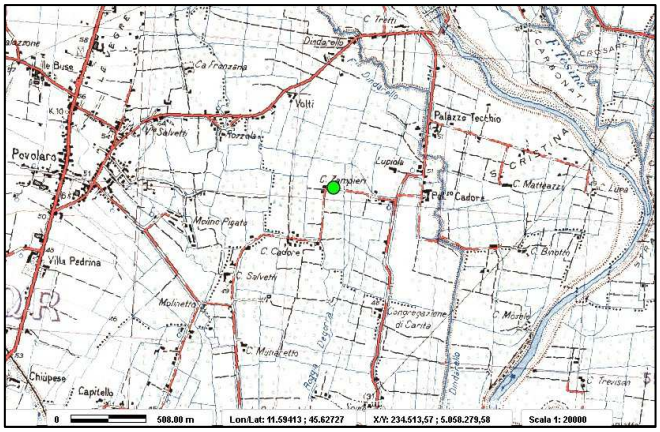
Tabelle delle Indagini Geofisiche con la loro ubicazione e le relative V_{s30} e Picco di frequenza f0

PUNTO DI MISURA n°1

Data: 18/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	234499,15
(Y) WGS84UTM33N	5058250,21
Prova:	**ESAC-SPAC (L)**
n°geofoni:	21 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

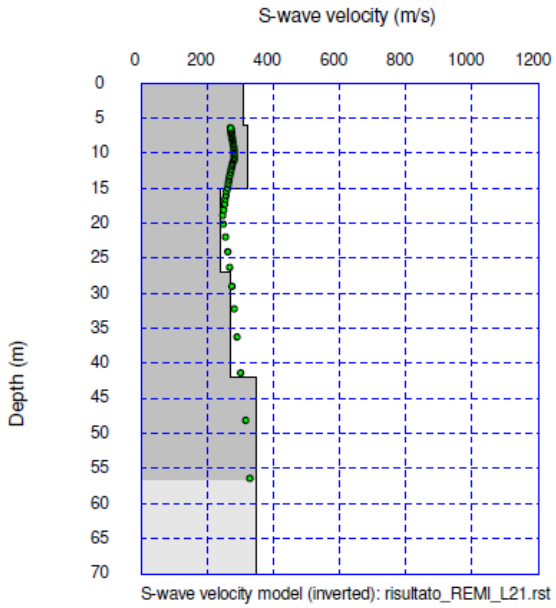
Posizione punto visione aerea 1:5.000

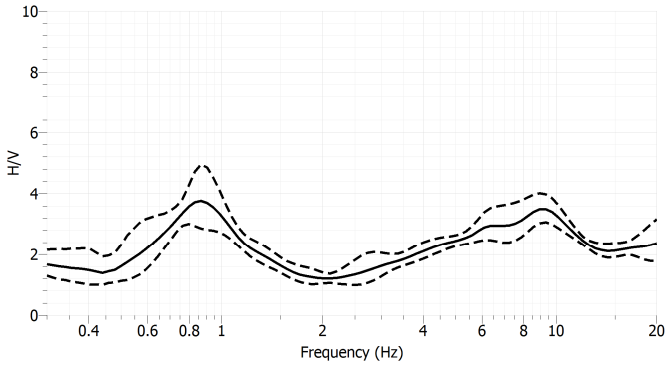
Foto verso Ovest



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 277	Vs50 (m/s): 303	Picco f0 (HVSR): 8.72 Hz



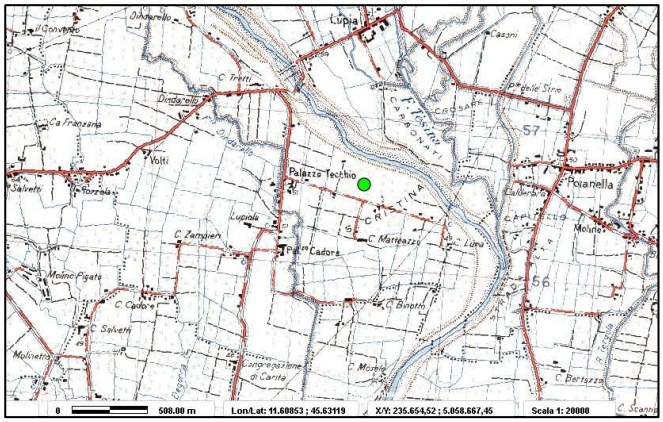


PUNTO DI MISURA n°2

Data: 18/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	235668,01
(Y) WGS84UTM33N	5058634,64
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

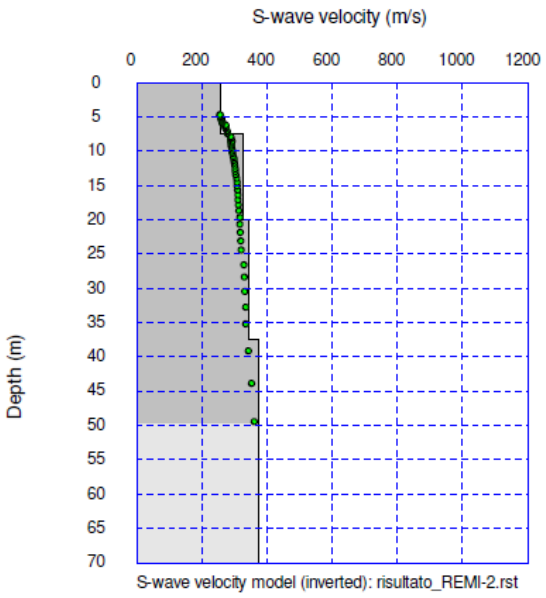
Posizione punto visione aerea 1:5.000

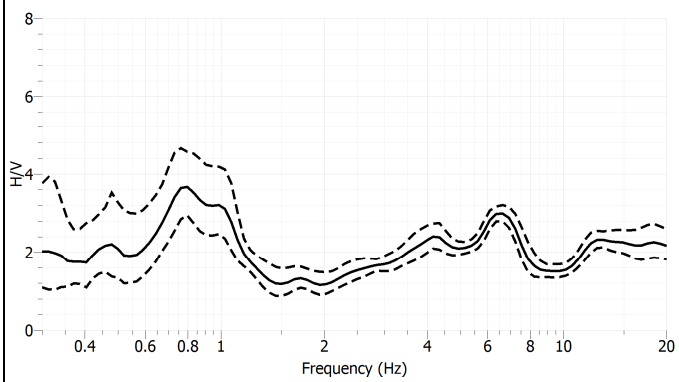
Foto verso Nord



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 312	Vs50 (m/s): 338	Picco f0 (HVSR): 0.83 Hz



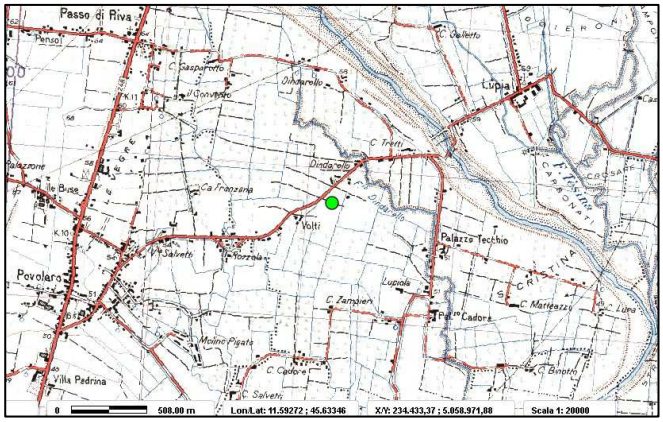


PUNTO DI MISURA n°3

Data: 13/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	234446,07
(Y) WGS84UTM33N	5058948,07
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

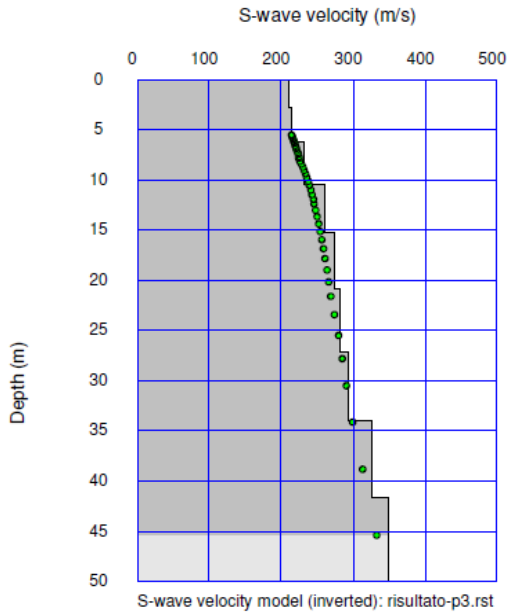
Posizione punto visione aerea 1:5.000

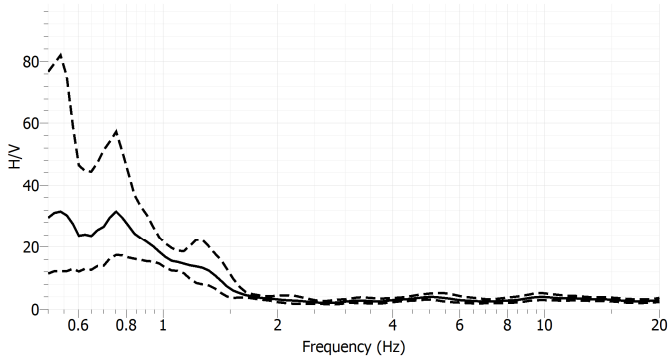
Foto verso Est



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 253	Vs50 (m/s): 281	Picco f0 (HVSR): 0.64 Hz



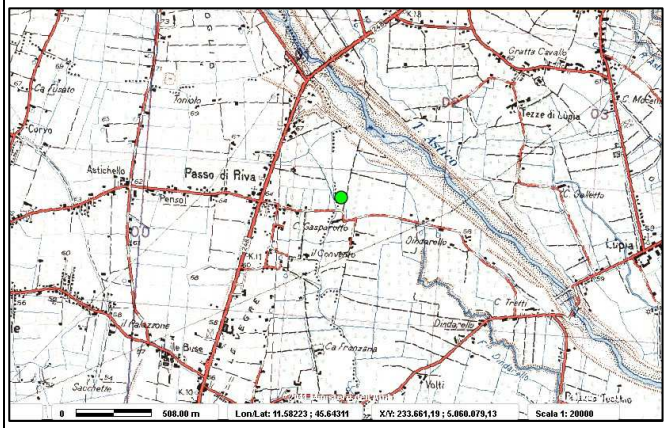


PUNTO DI MISURA n°4

Data: 13/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	233676,27
(Y) WGS84UTM33N	5060047,12
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

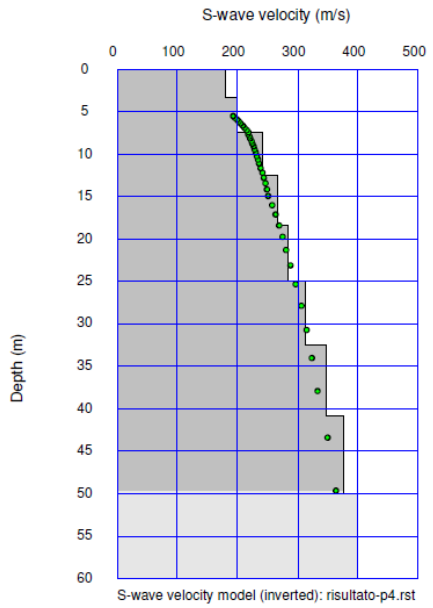
Posizione punto visione aerea 1:5.000

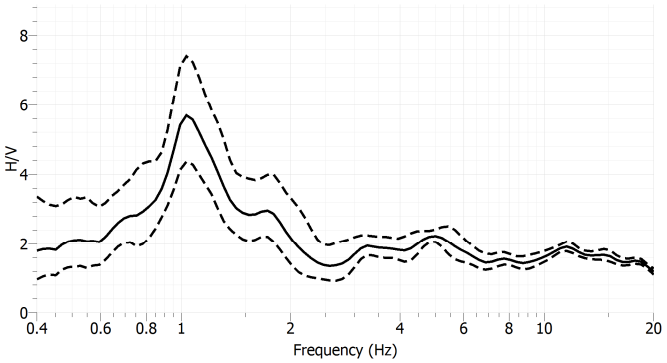
Foto verso Nord



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 247	Vs50 (m/s): 289	Picco (HVSR): 1.07 Hz



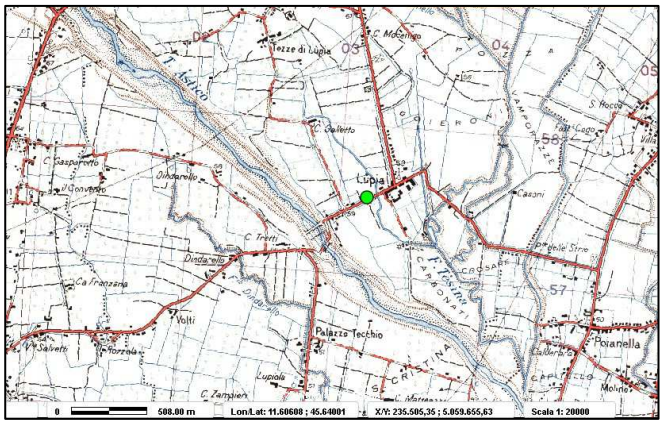


PUNTO DI MISURA n°5

Data: 18/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	235508,04
(Y) WGS84UTM33N	5059613,03
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

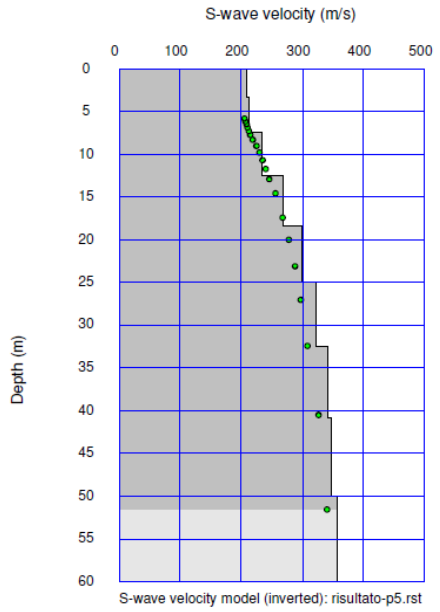
Posizione punto visione aerea 1:5.000

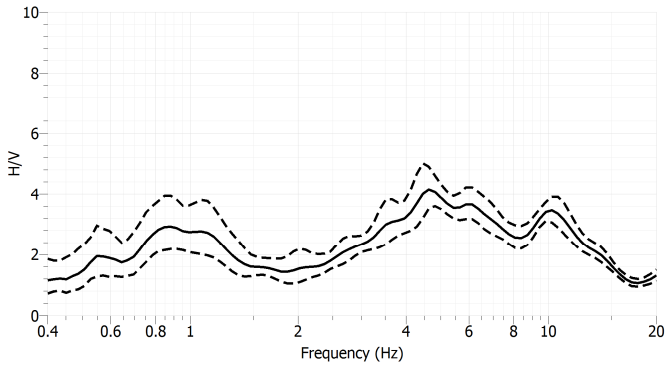
Foto verso Sud



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 258	Vs50 (m/s): 287	Picco (HVSR): 4.68 Hz



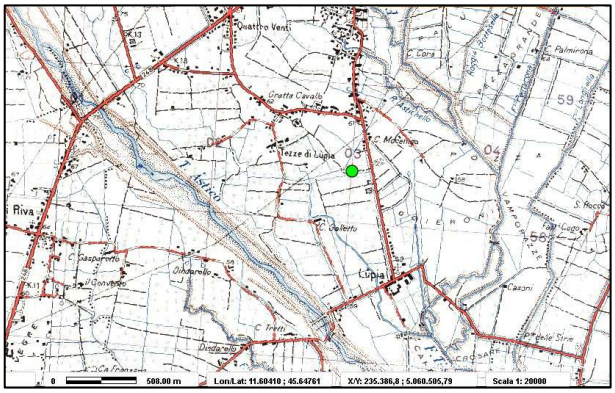


PUNTO DI MISURA n°6

Data: 07/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	235395,53
(Y) WGS84UTM33N	5060475,89
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

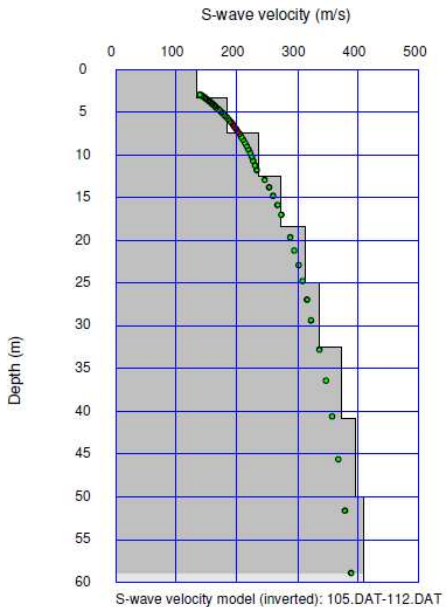
Posizione punto visione aerea 1:5.000

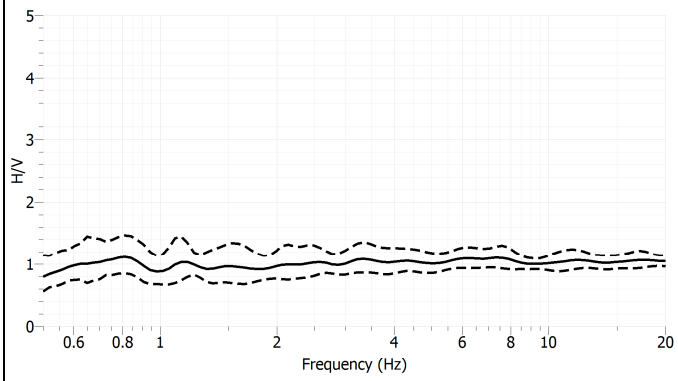
Foto verso Ovest



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 237	Vs50 (m/s): 280	Picco f0 (HVSR): 0.86 Hz



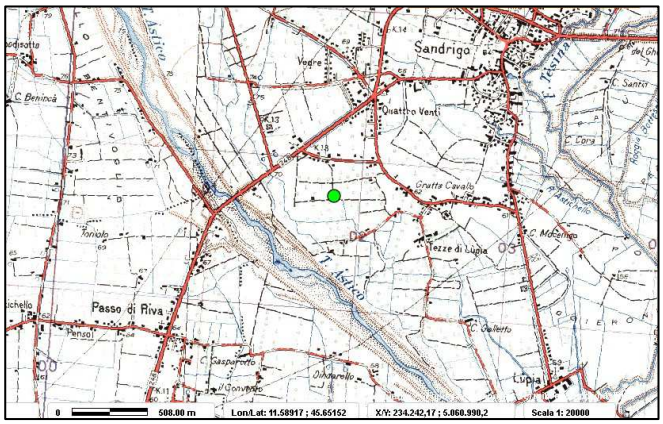


PUNTO DI MISURA n°7

Data: 18/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	234245,65
(Y) WGS84UTM33N	5060951,05
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

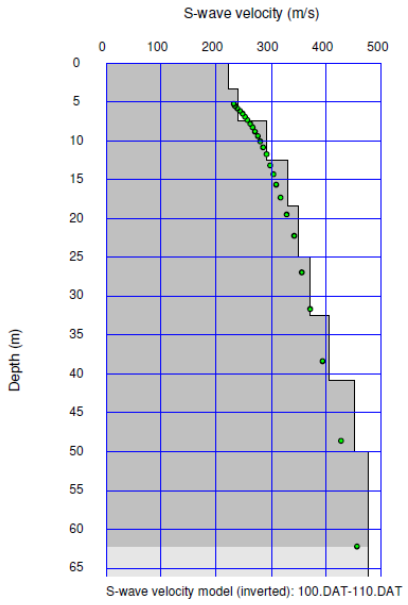
Posizione punto visione aerea 1:5.000

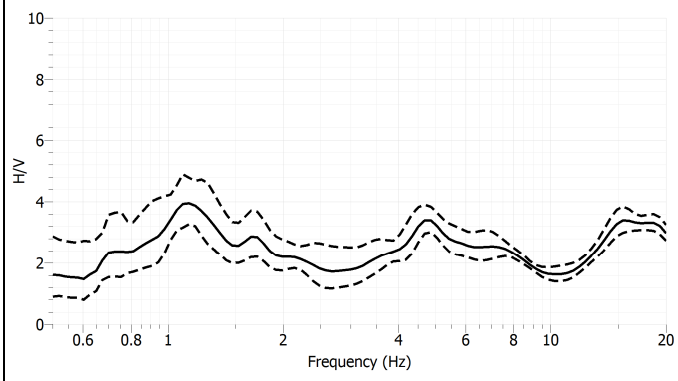
Foto verso Nord



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 300	Vs50 (m/s): 346	Picco f0 (HVSR): 1.1 Hz



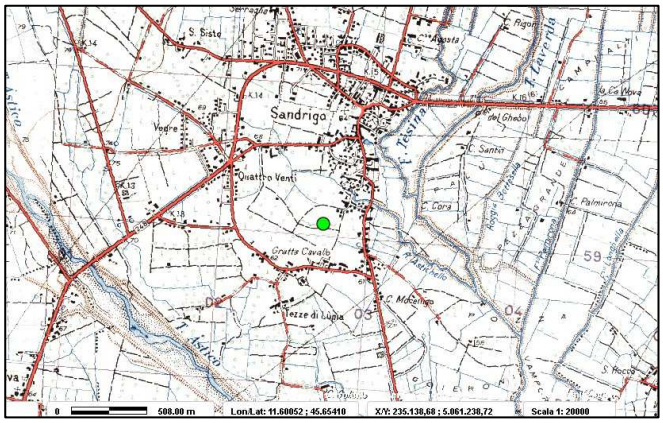


PUNTO DI MISURA n°8

Data: 06/03/2014	
(X) WGS84UTM33N	235140,00
(Y) WGS84UTM33N	5061204,59
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

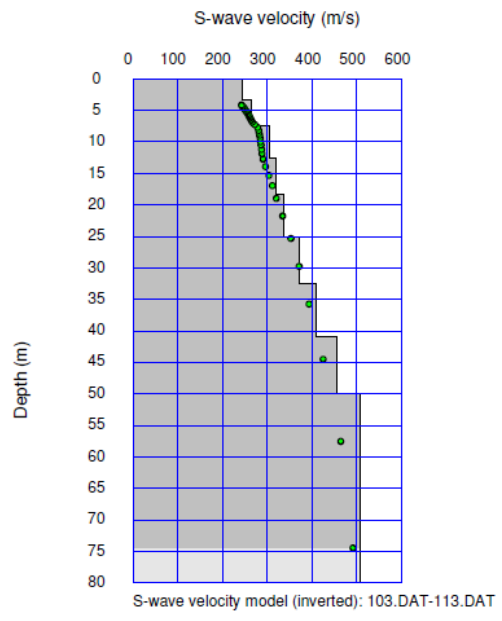
Posizione punto visione aerea 1:5.000

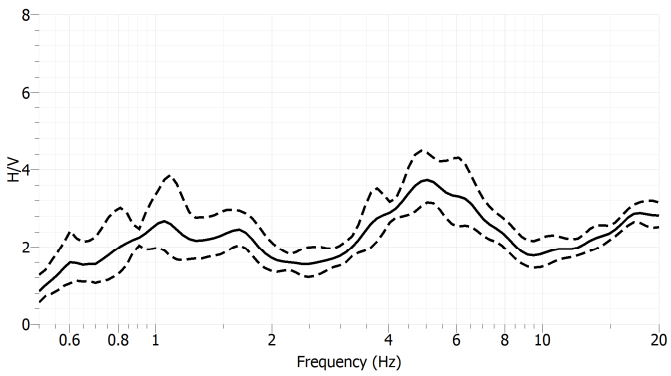
Foto verso Nord



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 308	Vs50 (m/s): 313	Picco f0 (HVSR): 5.12 Hz



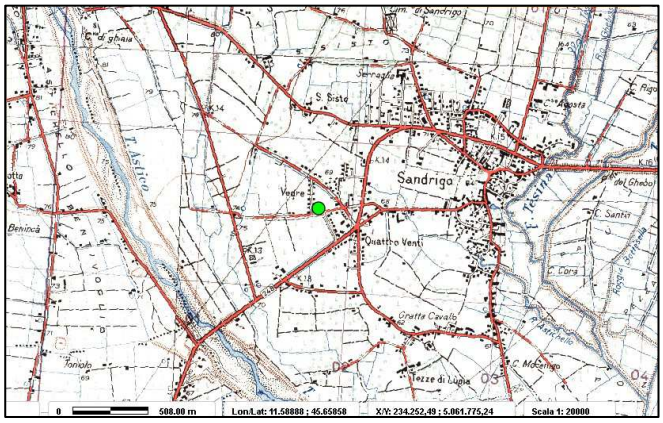


PUNTO DI MISURA n°9

Data: 07/03/2014	
(X) WGS84UTM33N	234258,97
(Y) WGS84UTM33N	5061739,58
Prova:	**ESAC-SPAC (L)**
n°geofoni:	21 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

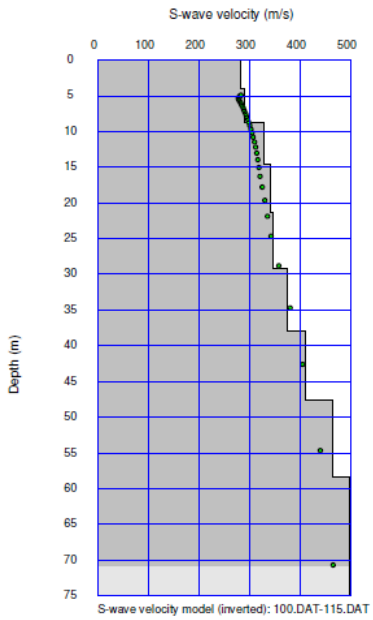
Posizione punto visione aerea 1:5.000

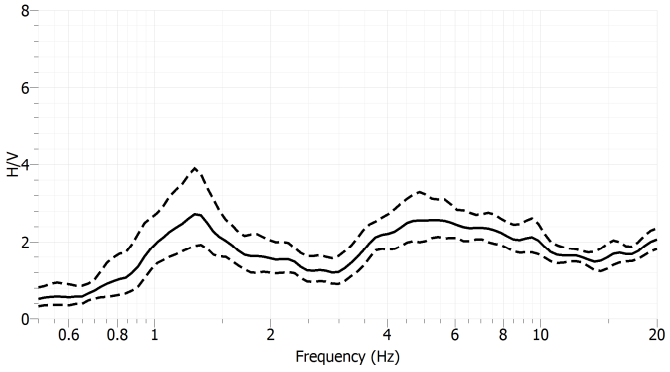
Foto verso Sud-Ovest



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 323	Vs50 (m/s): 360	Picco (HVSR): 1.27 Hz



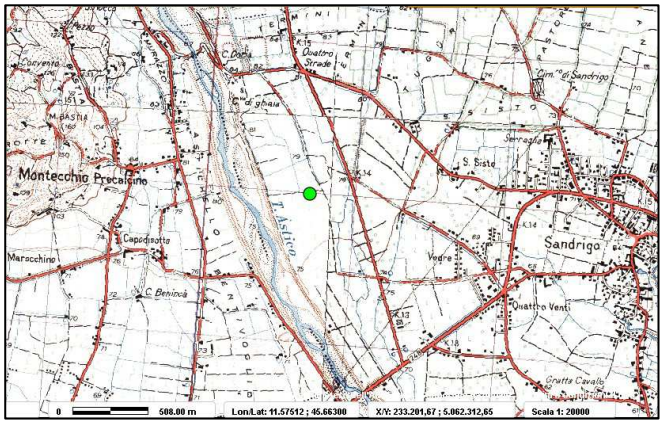


PUNTO DI MISURA n°10

Data: 28/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	233217,81
(Y) WGS84UTM33N	5062268,20
Prova:	**ESAC-SPAC (L)**
n°geofoni:	21 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

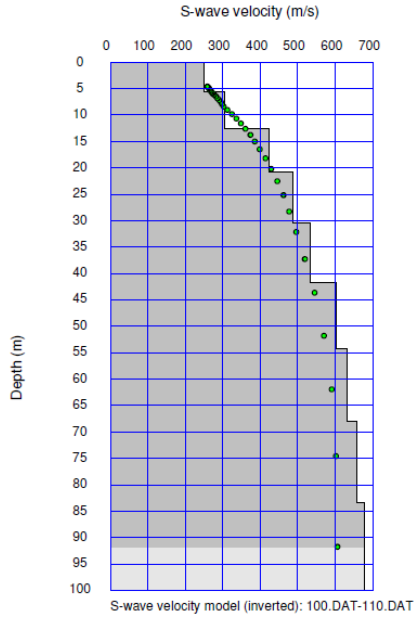
Posizione punto visione aerea 1:5.000

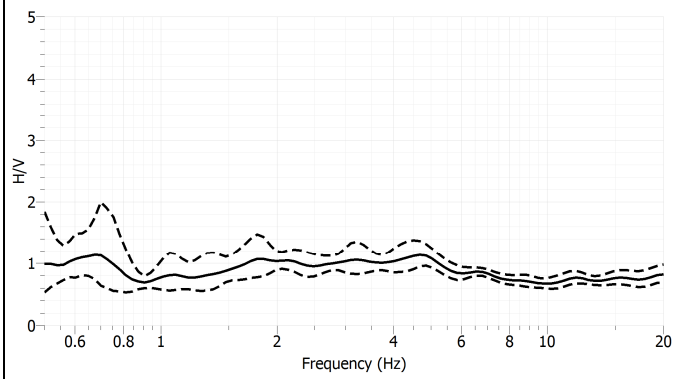
Foto verso Ovest



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 360	Vs50 (m/s): 419	Picco (HVSR): 0.73 Hz



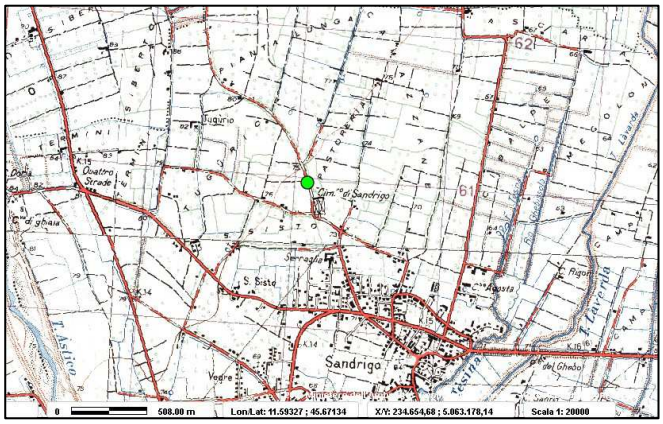


PUNTO DI MISURA n°11

Data: 28/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	234666,59
(Y) WGS84UTM33N	5063137,92
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

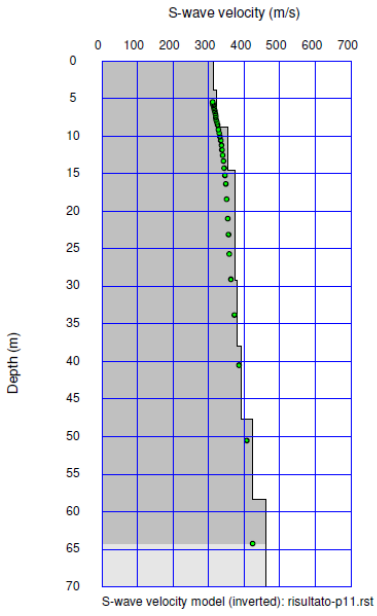
Posizione punto visione aerea 1:5.000

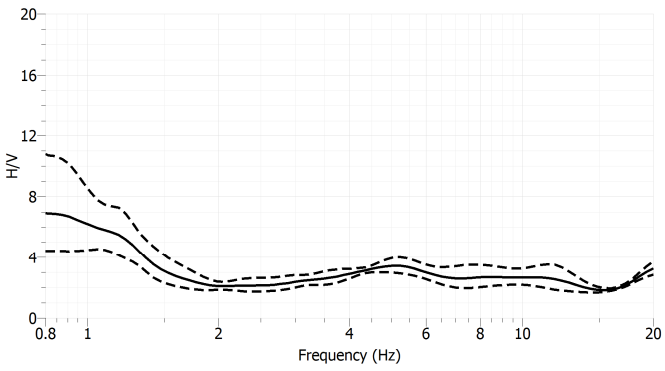
Foto verso Nord



Posizione punto CTR 1:20.000

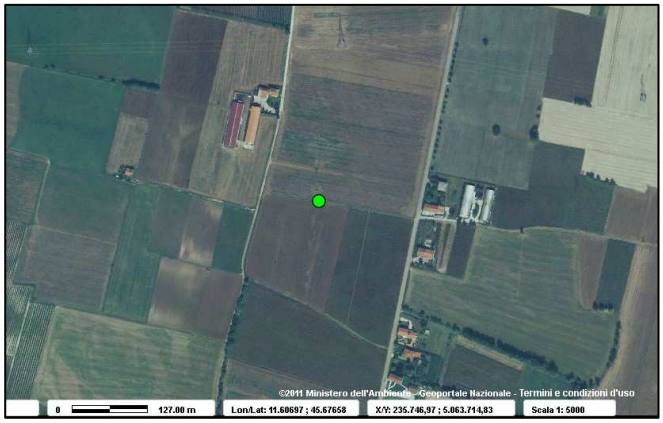
Vs30 (m/s): 353	Vs50 (m/s): 367	Picco f0 (HVSR): 0.59 Hz





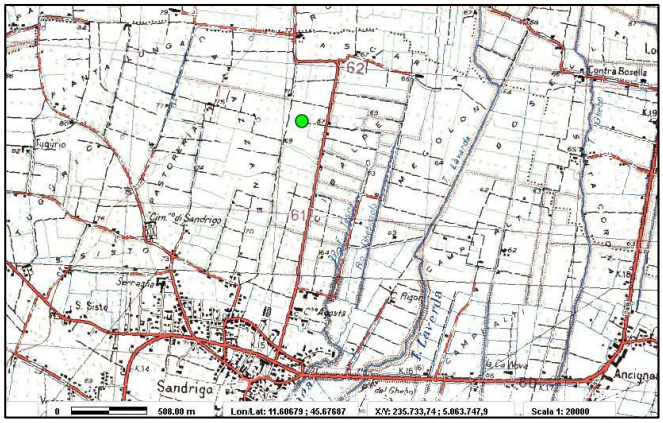
PUNTO DI MISURA n°12

Data: 21/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	235749,62
(Y) WGS84UTM33N	5063708,48
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'



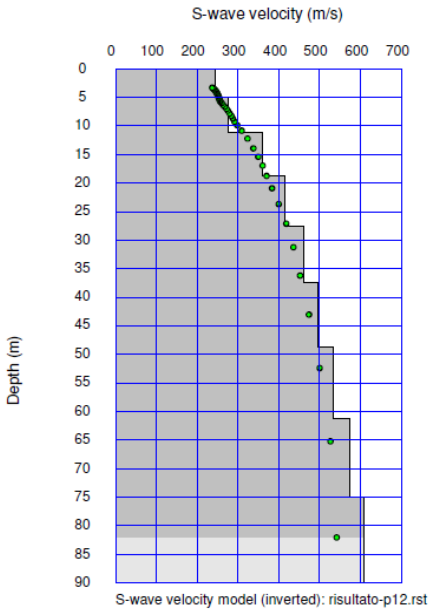
Posizione punto visione aerea 1:5.000

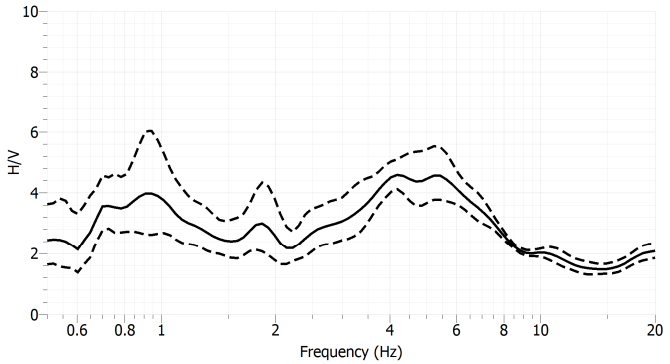
Foto verso Est



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 332	Vs50 (m/s): 353	Picco f0 (HVSR): 4.53 Hz



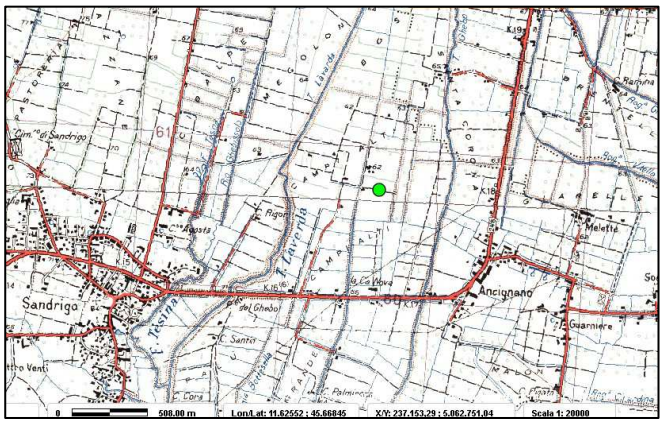


PUNTO DI MISURA n°13

Data: 13/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	237168,37
(Y) WGS84UTM33N	5062700,24
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

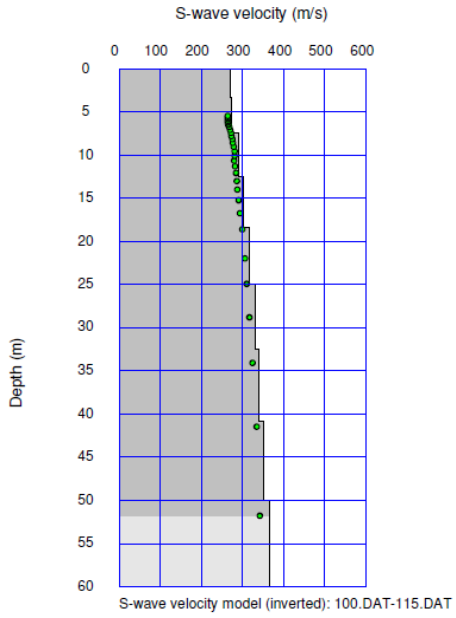
Posizione punto visione aerea 1:5.000

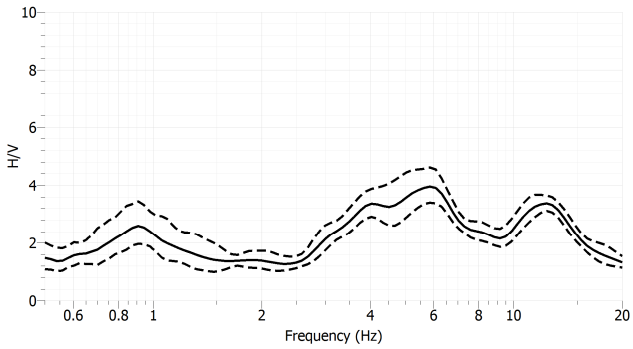
Foto verso Ovest



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 299	Vs50 (m/s): 320	Picco f0 (HVSR): 5.56 Hz



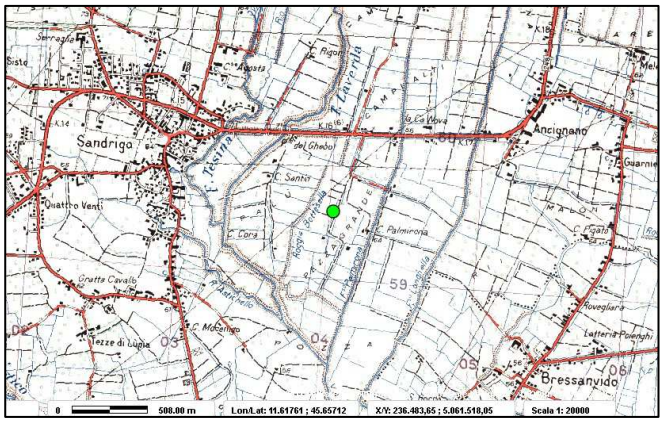


PUNTO DI MISURA n°14

Data: 07/03/2014	
(X) WGS84UTM33N	236498,69
(Y) WGS84UTM33N	5061477,57
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

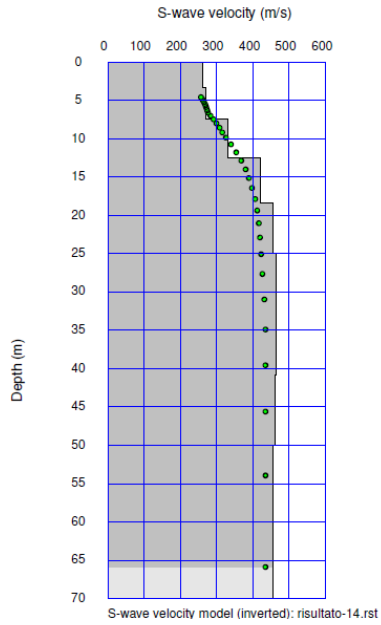
Posizione punto visione aerea 1:5.000

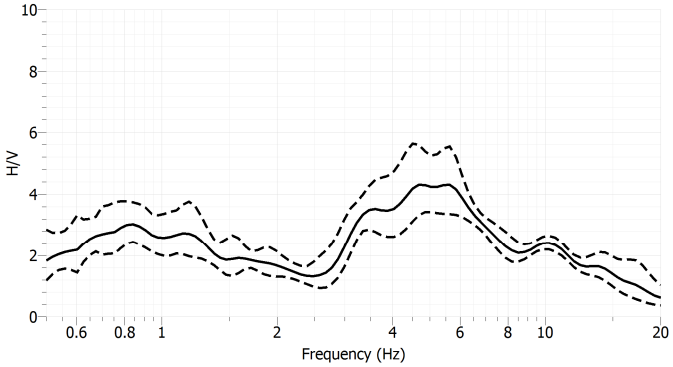
Foto verso Sud



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 363	Vs50 (m/s): 396	Picco (HVSR): 4.95 Hz



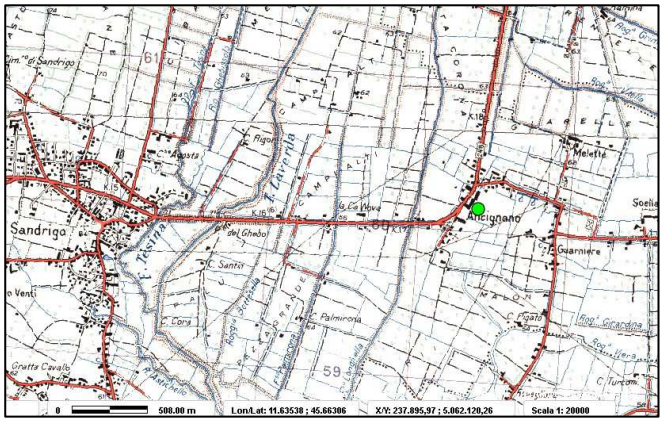


PUNTO DI MISURA n°15

Data: 12/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	237909,73
(Y) WGS84UTM33N	5062071,38
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

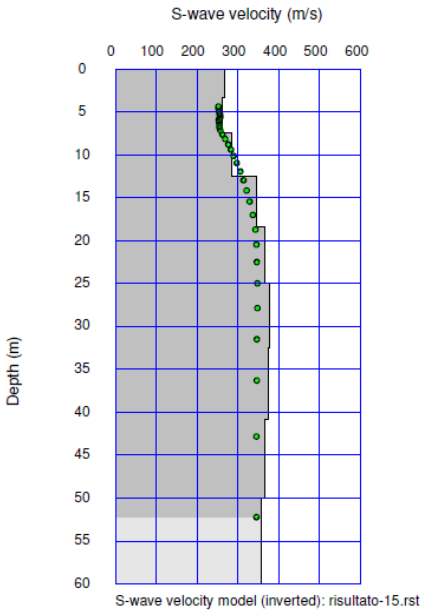
Posizione punto visione aerea 1:5.000

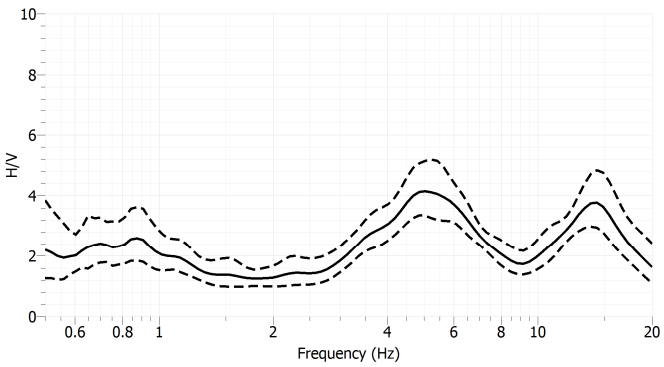
Foto verso Ovest



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 318	Vs50 (m/s): 335	Picco (HVSR): 5.13 Hz



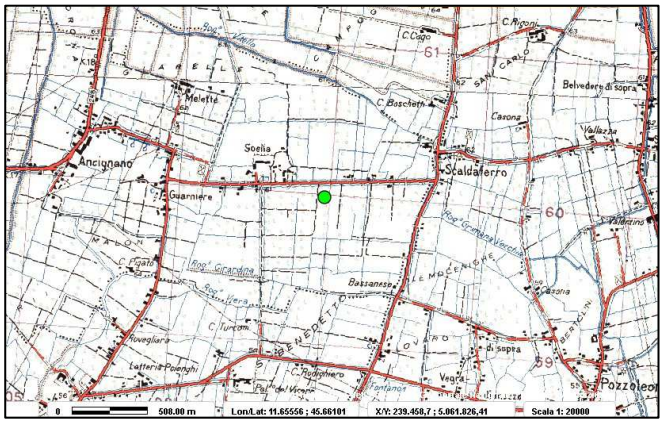


PUNTO DI MISURA n°16

Data: 12/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	239475,10
(Y) WGS84UTM33N	5061790,96
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

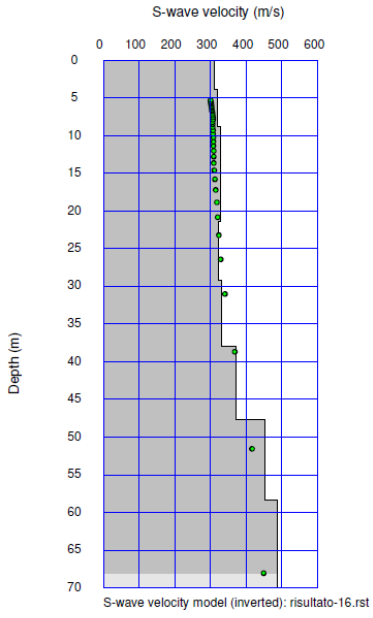
Posizione punto visione aerea 1:5.000

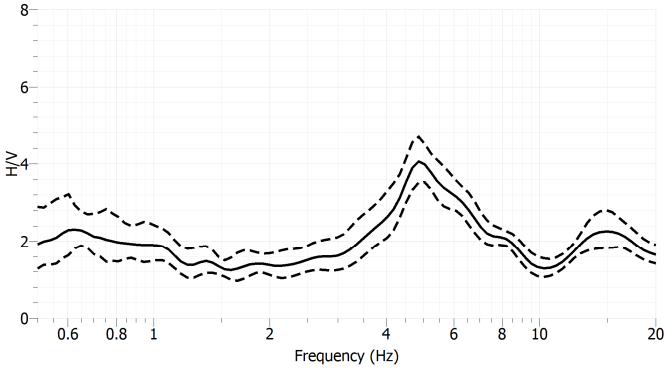
Foto verso Sud



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 323	Vs50 (m/s): 356	Picco f0 (HVSR): 4.92 Hz



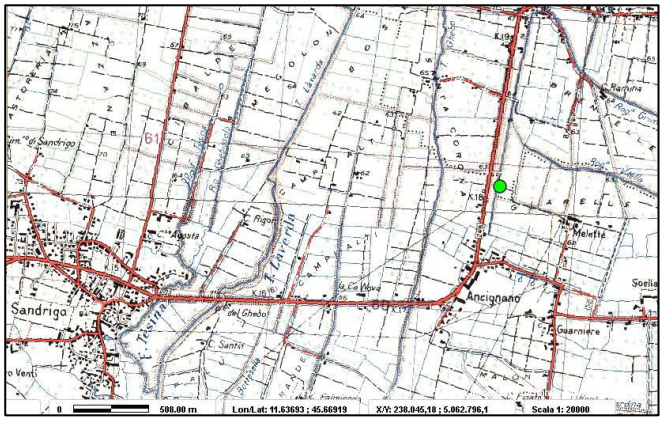


PUNTO DI MISURA n°17

Data: 06/03/2014	
(X) WGS84UTM33N	238055,76
(Y) WGS84UTM33N	5062760,81
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

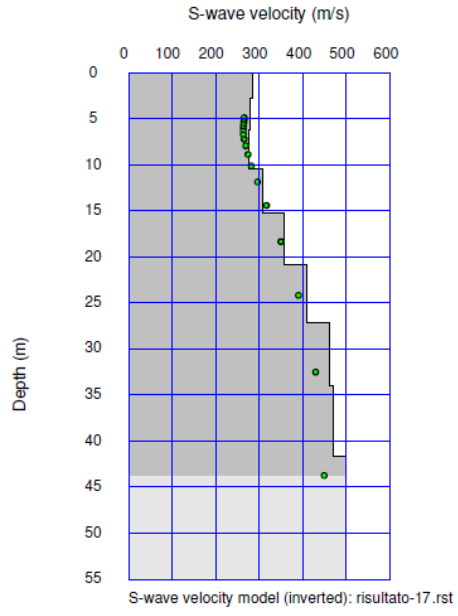
Posizione punto visione aerea 1:5.000

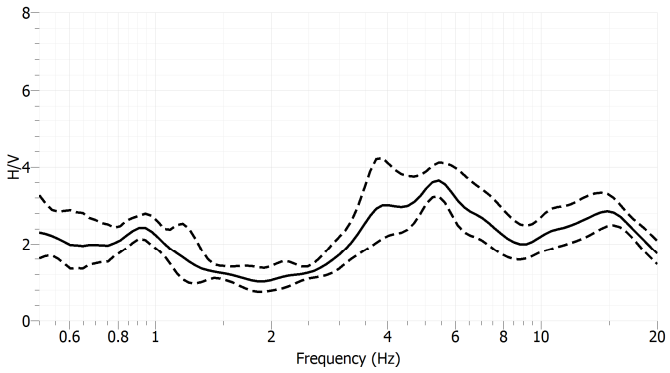
Foto verso Nord



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 331	Vs50 (m/s): 380	Picco f0 (HVSR): 5.46 Hz



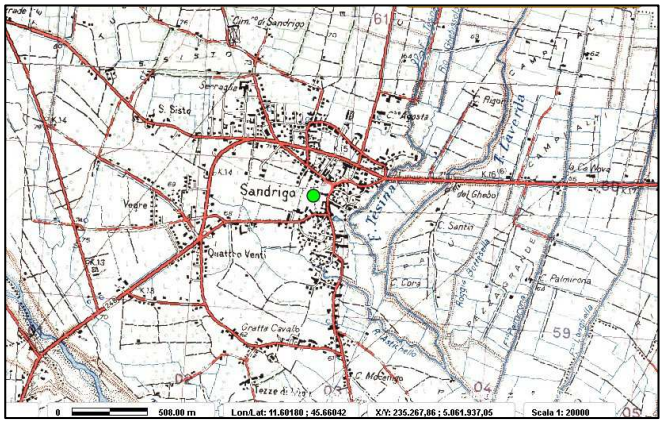


PUNTO DI MISURA n°18

Data: 06/03/2014	
(X) WGS84UTM33N	235270,51
(Y) WGS84UTM33N	5061906,89
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

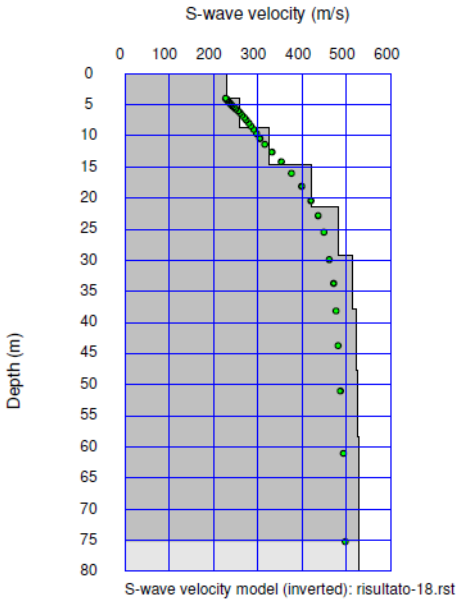
Posizione punto visione aerea 1:5.000

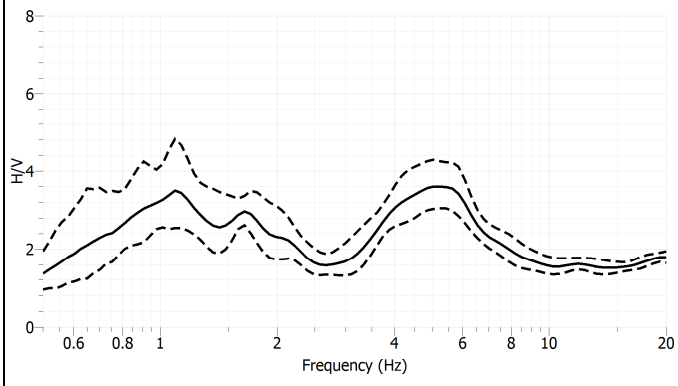
Foto verso Nord-Ovest



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 342	Vs50 (m/s): 397	Picco f0 (HVSR): 5.29 Hz



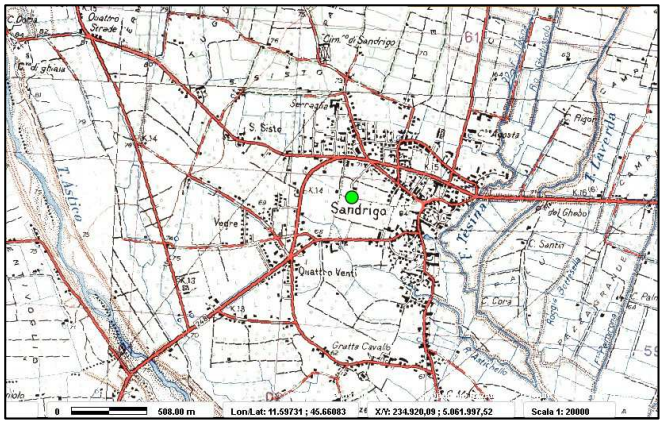


PUNTO DI MISURA n°19

Data: 07/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	234923,00
(Y) WGS84UTM33N	5062011,81
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'

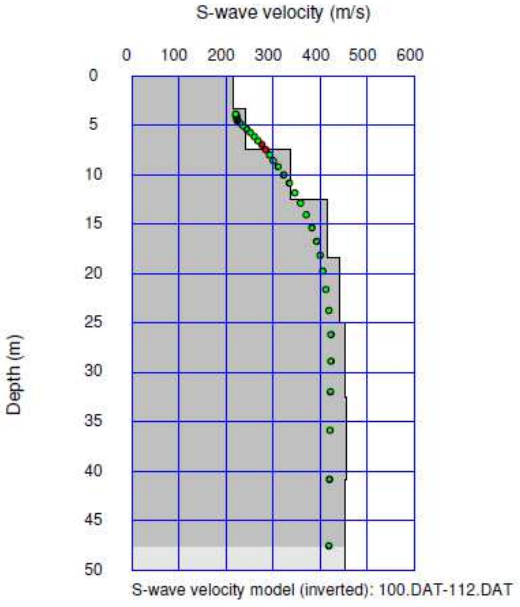
Posizione punto visione aerea 1:5.000

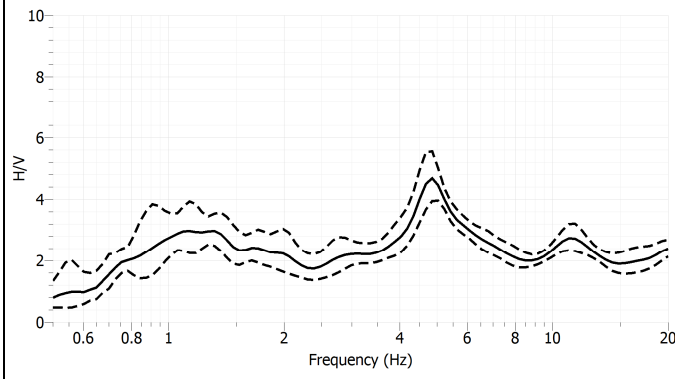
Foto verso Nord



Posizione punto CTR 1:20.000

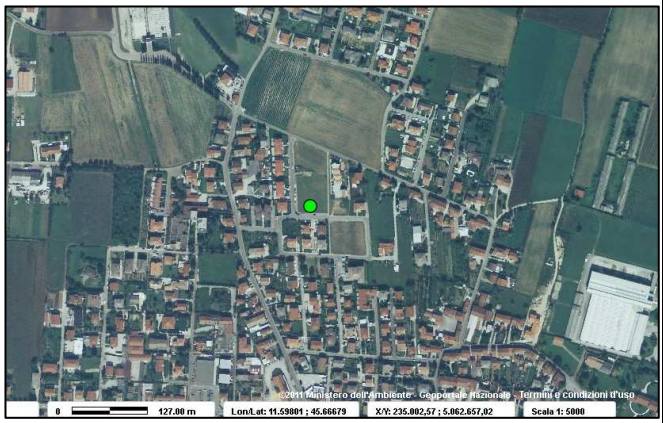
Vs30 (m/s): 342	Vs50 (m/s): 379	Picco (HVSR): 4.88 Hz





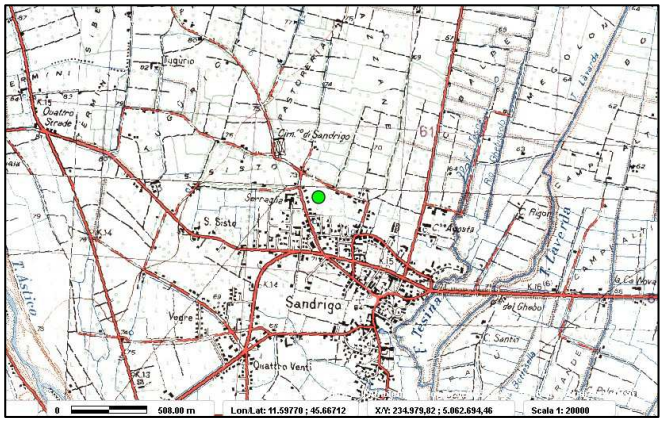
PUNTO DI MISURA n°20

Data: 21/02/2014	
(X) WGS84UTM33N	235004,69
(Y) WGS84UTM33N	5062648,29
Prova:	**ReMi**
n°geofoni:	24 x 4.5 Hz
Interdistanza:	4.0 m
Strumento:	OYO DAS-1
Prova:	**HVSR**
n°geofoni:	3 x 2.0 Hz
Strumento:	OYO DAS-1
Campionamento	4 ms (250 Hz)
Tempo di misura:	10'



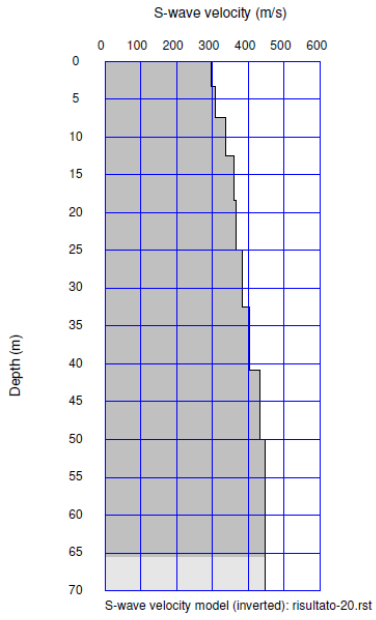
Posizione punto visione aerea 1:5.000

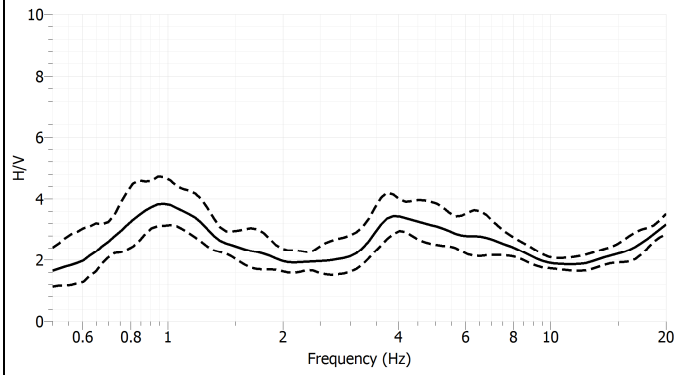
Foto verso Sud



Posizione punto CTR 1:20.000

Vs30 (m/s): 344	Vs50 (m/s): 371	Picco (HVSR): Hz





ALLEGATO

Carta della velocità Vs30 (formato A3)

COMUNE DI SANDRIGO - MICROZONAZIONE SISMICA
CARTA DELLA VELOCITA' Vs30 (m/s)

velocità Vs30 (m/s)

ALLEGATO

Carta della frequenza di risonanza del sito (formato A3)

COMUNE DI SANDRIGO - MICROZONAZIONE SISMICA
CARTA DELLA FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

1699600 1700000 1700400 1700800 1701200 1701600 1702000 1702400 1702800 1703200 1703600 1704000 1704400 1704800 1705200 1705600 1706000 1706400 1706800 1707200 1707600

5062200 5062000 5061800 5061600 5061400 5061200 5061000 5060800 5060600 5060400 5060200 5060000 5059800 5059600 5059400 5059200 5059000 5058800 5058600 5058400 5058200 5058000 5057800 5057600 5057400 5057200 5057000 5056800 5056600 5056400 5056200 5056000 5055800 5055600 5055400 5055200 5055000

12 4.5 4.53

11

13 3.9 5.56

17 3.6 5.46

20 3.8 0.99

10 1.1 0.73

19 4.7 4.88

18 3.6 5.29

15 4.1 5.13

16 4 4.92

9 2.7 1.27

14 4.3 4.95

8 3.7 5.12

7 3.9 1.1

6 1.1 0.86

4 5.6 1.07

5 4.1 4.68

3

2 3.5 0.829

1 3.2 0.842

n° punto
A0 picco
f0 freq. picco (Hz)

0.4 to 0.7
0.71 to 1.5
1.5 to 3
3 to 5
5 to 7.4
7.4 to 11
f0 freq. picco (Hz)

frequenza di risonanza Hz
5.4 5.2 5 4.8 4.6 4.4 4.2 4 3.8 3.6 3.4 3.2 3 2.8 2.6 2.4 2.2 2 1.8 1.6 1.4 1.2 1 0.8 0.6