

COMUNE DI BRUSAPORTO



COMPONENTE SISMICA
DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

INDICE

1. Premessa	2
2. Terremoto di riferimento (input sismico)	4
3. Analisi di primo livello	11
3.1. Metodologia analisi di primo livello	11
3.2. Risultati analisi di primo livello	12
4. Analisi di secondo livello	16
4.1. Metodologia analisi di secondo livello	16
4.2. Risultati analisi di secondo livello	24
4.2.1. Verifica di secondo livello effetti morfologici	24
4.2.2. Verifica di secondo livello effetti litologici	27
5. Prescrizioni componente sismica	32
6. Adeguamento cartografia ed elaborati grafici della componente geologica 1997	35
6.1. Carta dei vincoli	35
6.2. Carta del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI	36

Proprietà degli elaborati

Gli elaborati dello studio resteranno di proprietà piena ed assoluta dell'Amministrazione comunale, fatti salvi i diritti d'autore (proprietà intellettuale – D.P.R. 184 del 12/04/2006) del Professionista.

Rev.01 settembre 2010

Dott. Geol. Carlo Pedrali
O.G.L. 860

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

1. PREMESSA

La D.G.R. n. 8/1566 del 22 dicembre 2005 “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 comma 1 della l.r. dell’11/03/2005 n.12” e la successiva D.G.R. n. 8/7374 del 28/05/2008, stabiliscono l’indispensabilità, per i Comuni di dotarsi di uno studio geologico che affronti tutti gli aspetti legati al territorio compreso quello della valutazione della pericolosità sismica locale.

Il comune di Brusaporto è provvisto di componente geologica del territorio comunale redatta nel giugno 1997 che ha ottenuto parere sulla conformità ai sensi della D.G.R. n.V/36147 del 18/05/1993 dagli Organi Regionali competenti con lettera prot. n.5666 del 21/09/1998.

Per i comuni già dotati di studio geologico ai sensi della normativa regionale, la delibera regionale sopra citata, prevede l’esclusiva valutazione della pericolosità sismica locale ad integrazione dello studio esistente.

La componente geologica idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio costituisce, nel suo complesso, una parte importante del Piano di Governo del Territorio, in particolare:

- il presente studio dovrà essere inserito, assieme alla Componente geologica redatta ai sensi della L.R. 41/97, nel “**Documento di Piano**” che ha lo scopo di contenere tutti gli elementi conoscitivi del territorio comunale;
- la parte relativa alle fasi di sintesi/valutazione e di proposta della Componente geologica esistente (**sintesi, vincoli, norme e prescrizioni geologiche di attuazione e Carta di fattibilità delle Azioni di Piano**), dovrà essere inserita, assieme alle indicazioni contenute nel presente studio (**prescrizioni e Carta di Pericolosità Sismica Locale**), nel “**Piano delle Regole**”, che ha il compito una volta individuate le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, di individuare le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate, indirizzando così le future scelte di pianificazione urbanistica.

La metodologia proposta per la valutazione della pericolosità sismica locale è descritta nell’**Allegato 5** alle delibere regionali sopracitate; essa consente di affrontare una prima valutazione della amplificazione sismica locale e dei possibili effetti di sito (fenomeni cosismici).

La metodologia regionale prevede 3 livelli di studio a crescente grado di approfondimento, si passa

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell’Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)

Analisi della pericolosità sismica locale

ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

rispettivamente dal 1° livello, dove ci si limita all'individuazione delle aree (zone a Pericolosità Sismica Locale) potenzialmente soggette a fenomeni di amplificazione sismica oppure interessabili dai fenomeni indotti dall'evento sismico (effetti cosismici), al 2° e 3° livello, dove viene effettuata una valutazione di tipo semi-quantitativo del fattore di amplificazione sismica (risposta sismica locale) in corrispondenza delle zone a P.S.L. (analisi di secondo livello).

Per un comune come Brusaporto, classificato in **zona sismica 3** (pericolosità sismica di base secondo O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003), la normativa regionale prevede, in fase di pianificazione, l'effettuazione del 1° livello d'indagine in corrispondenza di tutto il territorio comunale; ciò consente l'individuazione delle aree sensibili (zone a P.S.L.). Tali aree sono riportate sulla **tavola n.1** allegata allo studio.

Per i comuni in zona sismica 3, è prevista inoltre l'effettuazione del successivo 2° livello di approfondimento; in accordo con l'Amministrazione Comunale sono state pertanto condotte verifiche di secondo livello in corrispondenza di **5** siti campione. I risultati ottenuti sono riportati sulla carta di **tavola n.2**.

Per effettuare l'analisi di **primo** livello si è partiti dalle informazioni raccolte nello studio geologico esistente opportunamente integrate con i dati bibliografici più recenti quali ad esempio: l'“Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia”, le carte del dissesto del PAI dell'AdBPo, il PTCP della Provincia di Bergamo.

Successivamente sono stati effettuati controlli di terreno mirati a localizzare tutti i possibili affioramenti di substrato roccioso che avrebbero consentito una valutazione, il più possibile corretta, dello spessore dei terreni di copertura presenti sui rilievi collinari.

Le verifiche di secondo livello si sono limitate alle **aree edificate o di prossima edificazione**, che l'analisi di primo livello aveva identificato come aree instabili per effetto di un input sismico oppure stabili (**come nel caso in questione**) ma soggette a possibili fenomeni di amplificazione topografica / litologica (stratigrafica) tali da indurre danni agli edifici esistenti.

Lo studio in questione rappresenta quindi il punto di partenza per gli eventuali e successivi aggiornamenti che sarà necessario attuare ogni qual volta saranno individuate nuove aree di espansione urbanistica residenziali e non.

Esso rappresenta una prima valutazione della **pericolosità sismica locale** che é uno dei tre fattori indispensabili per la valutazione del **rischio sismico**.

$$\text{Rischio} = \text{Valore Esposto} * (\text{Pericolosità} * \text{Vulnerabilità})$$

dove:

- Pericolosità (hazard) è la probabilità che il sito di studio ha di essere epicentro di un terremoto di una data magnitudo in un certo intervallo di tempo;
- Valore Esposto è il valore dell'insieme di persone e di cose presenti nell'area di studio;
- Vulnerabilità indica la capacità di resistenza all'imput sismico delle strutture esistenti. La vulnerabilità è la variabile più difficilmente quantificabile. Gli elementi fondamentali che caratterizzano la vulnerabilità sono principalmente l'instabilità dei suoli (frane e fenomeni di liquefazione) e gli effetti di sito e, secondariamente, la qualità intrinseca dell'edificio. Per effetti di sito si intende le possibili amplificazioni locali delle onde sismiche (fenomeni di risonanza dei terreni e di doppia risonanza terreno-edifici) dovute principalmente a condizioni locali di tipo topografico e di tipo geologico-geotecnico.

2. TERREMOTO DI RIFERIMENTO (IMPUT SISMICO)

Per poter effettuare valutazioni relativamente agli effetti indotti da un sisma in un'area, occorre ipotizzare il verificarsi di un evento sismico con caratteristiche tali da essere statisticamente rappresentativo di quanto si è verificato in passato nell'area stessa e nel suo immediato intorno, occorre pertanto individuare il cosiddetto “**terremoto di riferimento**”.

Di seguito si allega un estratto dal Catalogo dei principali eventi sismici verificatisi in bergamasca e nelle vicinanze (fino ad esempio a 100 km di distanza da Brusaporto,) a partire dal 217 a.C. e fino al 2002 d.C.

Estratto dal Catalogo degli eventi sismici CPT104, maggio 2004 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani; <http://emidius.mi.ingv.it/CPT104/>)

Legenda

Codice CPTI04	descrizione	contenuto	Codice CPTI99	descrizione
N	numero d'ordine del record		N	numero d'ordine del record
Tr	tipo di record	DI: parametri calcolati da dati di base macrosismici; CP: parametri adottati da cataloghi parametrici	Tr	tipo di record
Anno	tempo origine: anno		Anno	tempo origine: anno
Me	tempo origine: mese		Me	tempo origine: mese
Gi	tempo origine: giorno		Gi	tempo origine: giorno
Or	tempo origine: ora		Or	tempo origine: ora
Mi	tempo origine: minuto		Mi	tempo origine: minuto
Se	tempo origine: secondo		Se	tempo origine: secondo
AE	denominazione dell'area dei massimi effetti		AE	denominazione dell'area dei massimi effetti
Rt	codice dell'elaborato di riferimento	vedi tabella 1	Rt	codice dell'elaborato di riferimento
Np	numero dei dati puntuali di intensità disponibili		Np	numero dei dati puntuali di intensità disponibili
Imx	intensità massima x 10 (scala MCS)		Imx	intensità massima x 10 (scala MCS)
Io	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)		Io	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)
TI	codice di determinazione di Io	M: valore assegnato manualmente	TI	codice di determinazione di Io
Lat	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali		Lat	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali
Lon	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali		Lon	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali
TL	codice di localizzazione	A: localizzazione macrosismica automatica M: localizzazione macrosismica manuale S: localizzazione strumentale	TL	codice di localizzazione
--			Me	Magnitudo equivalente
--			De	Errore associato alla stima di Me
--			Mm	Magnitudo macrosismica (calibrata a Ms)
--			Dm	Errore associato alla stima di Mm
--			Tm	Codice di determinazione di Mm
--			Ms	magnitudo calcolata sulle onde di superficie
--			Ds	errore associato alla stima di Ms
--			Ts	codice di determinazione di Ms
Maw	Magnitudo momento		--	
Daw	Errore associato alla stima di Maw		--	
TW	codice di determinazione di Maw	O valore osservato	--	
Mas	Magnitudo calcolata sulle onde di superficie	fino al 1980 coincide con Ma di CPTI99	Ma	Magnitudo media (calibrata a Ms)
Das	Errore associato alla stima di Mas	fino al 1980 coincide con Da di CPTI99	Da	Errore associato alla stima di Ma
TS	Codice di determinazione delle magnitudo per la zona etnea	En: valore per il calcolo del quale è stata usata la relazione Io/Mm di Azzaro e Barbano (1997)	--	
Msp	Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996)	per $M_s > 5.5$: $M_{sp} = M_s$ per $M_s \leq 5.5$: $M_{sp} = (M_s + 0.584) / 1.079$	--	
Dsp	Errore associato alla stima di Msp		--	
ZS9	Zona sorgente di ZS9 cui l'evento è assegnato		--	
TZ	Codice di assegnazione alla zona sorgente	G: assegnazione geografica A: assegnazione ponderata cautelativa	--	
Ncft	Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2		Ncft	Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2
Nnt	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1		Nnt	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1
Ncpt	Numero d'ordine dei record nel catalogo CPTI99		--	

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI

CPT104 - Risultato dell'interrogazione per parametri

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

Area circolare con centro C (45.671, 9.761) e raggio 100 km

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nht	Ncpt
27	DI	1065	3	27	6			Brescia	CFTI	6	80	70	M	45.55	10.22	A	5.17	0.30		4.80	0.42		4.99	0.42	907	G	90	248	27
43	DI	1197						Brescia	CFTI	8	85	85		45.55	10.22	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	907	G	107	249	47
47	DI	1222	12	25	11			Basso bresciano	CFTI	40	90	85	M	45.48	10.55	A	5.11	0.12		6.05	0.13		6.05	0.13	906	G	109	249	47
59	DI	1276	7	28	18	30		Italia settent.	CFTI	10	55	60	M	45.08	9.55	A	4.63	0.13		4.71	0.18		4.91	0.17	911	G	119	516	59
74	DI	1303	3	22	23			PARMA	DOM	1	55	55		45.052	9.693	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	911	G		517	74
113	DI	1383	7	24	20			PARMA	DOM	7	55	55		45.058	9.915	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	911	G		517	113
121	DI	1396	11	26				Monza	CFTI	2	75	75		45.58	9.27	A	5.37	0.30		5.10	0.45		5.27	0.42	907	A	168	281	121
125	DI	1402						VERONA	DOM	1	60	60		45.438	10.994	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	906	G		234	125
144	DI	1438	6	11	20			Farmense	CFTI	12	80	80		44.85	10.23	A	5.62	0.17		5.47	0.26		5.61	0.26	913	G	181	599	144
146	DI	1445	3	21	30			VERONA	DOM	3	55	55		45.438	10.994	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	906	G		237	146
159	DI	1465	4	21	30			VERONA	DOM	11	55	55		45.12	10.661	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19			238	159	
165	DI	1471						Brescia	DOM	1	55	55		45.544	10.214	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	907	G		250	165
212	CP	1512	2	8				CHIARENZA	VGL91		60			46.3	9.367	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36			2008	212	
219	DI	1521	1	26	10	30		BRESCIANO	DOM	1	60			45.55	10.927	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	907	G		251	219
221	DI	1522	10	5	8			CREMONA	DOM	7	55	55		45.136	10.024	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19			2511	221	
235	CP	1540	9	1				BRESCIA	POS85	60				45.533	10.217	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	907	G		252	235
271	CP	1576	9	26	6			BERGAMO	POS85	60				45.667	9.667	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	907	G		282	271
284	DI	1593	3	8				BERGAMO	DOM	1	65	65		45.694	9.67	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	907	G		283	284
302	DI	1606	8	22				BERGAMO	DOM	1	65	65		45.694	9.67	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	907	G		284	302
322	CP	1623	2	10				CHIESA	VGL91	60				46.3	9.767	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	903	G		2014	322
346	DI	1642	6	13	22			BERGAMO	DOM	1	65	65		45.694	9.67	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	907	G		285	346
385	DI	1661	3	12				Montecchio	CFTI	8	75	70	M	45.73	10.07	A	5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	907	G	261	286	365
383	DI	1683	5	25				V. GIUDICARIE	DOM	4	85	85		46.024	10.864	A	5.00	0.26		4.55	0.38		4.76	0.35			253	383	
411	DI	1693	7	6	9	15		GOITO	DOM	13	70	70		44.906	10.028	A	5.27	0.14		4.95	0.21		5.13	0.19	906	G		254	411
511	DI	1738	11	5	30			PARMA	DOM	10	70	70		44.906	10.028	A	5.27	0.14		4.95	0.21		5.13	0.19	906	G		612	511
583	CP	1771	8	15				SARNICO	POS85	60				45.667	9.667	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	907	G		287	583
620	DI	1781	9	10				CARAVAGGIO	DOM	1	65	65		45.497	9.644	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	907	G		288	620
631	DI	1783	7	28				VAL DI LEDRO	DOM	4	65	65		45.878	10.808	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	906	G		255	631
647	DI	1786	4	7				PIACENZA	DOM	8	70	65		45.298	9.595	A	5.31	0.16		5.01	0.24		5.18	0.22	911	A		522	647
686	DI	1799	5	29	19			CASTENEDOLO	DOM	12	65	65		45.403	10.271	A	5.06	0.18		4.64	0.27		4.84	0.25	906	G		256	686
694	DI	1802	5	12	9	30		Valle dell'Oglio	CFTI	66	85	80		45.42	9.85	A	5.67	0.09		5.54	0.13		5.54	0.13	907	G	355	289	694
702	CP	1805	11	30	5			ALBILAPASS	VGL91	60				46.567	9.767	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	903	G		257	702
714	DI	1810	5	1				MALESSINE	DOM	1	60	60		45.764	10.809	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	906	G		257	714
761	DI	1826	6	24	12	15		SALO'	DOM	19	55	55		45.6	10.517	M	4.74	0.11		4.16	0.17		4.40	0.16	906	G		258	761
780	DI	1829	9	6	19	30		CREMONA	DOM	2	65	65		45.136	10.024	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45			2034	780	
827	CP	1839	8	9	8	45		BAGNOLE MELLA	POS85	60				45.5	10.167	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	907	G		259	827
877	DI	1851	8	3				GIUDICARIE	DOM	15	60	60		45.938	10.561	A	4.96	0.17		4.49	0.26		4.70	0.24			260	877	
882	CP	1852	7	29	12	40		PIZ BERNINA	VGL91	60				46.417	9.85	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	903	G		160	882
950	DI	1866	8	11	23			MONTE BALDO	DOM	33	70	70		45.727	10.783	A	5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	906	G		261	950
956	DI	1868	2	20	20			GARDA OR.	DOM	3	65	60		45.709	10.774	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	906	G		262	956
957	DI	1868	5	22	21			ROVERETO	DOM	8	55	55		45.888	10.869	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19			261	957	
1005	DI	1876	4	29	10	49		Monte Baldo	CFTI	25	75	70	M	45.75	10.78	A	4.99	0.13		4.53	0.19		4.74	0.18	906	G	424	263	1005
1021	DI	1877	10	1	7	27		MALESSINE	DOM	4	70	65		45.764	10.809	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	906	G		264	1021
1040	DI	1879	2	14				GARGNANO	DOM	6	55	55		45.607	10.536	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	906	G		265	1040
1076	DI	1882	2	27	6	30		ROVETTA	DOM	37	65	65		45.878	9.926	A	4.96	0.13		4.49	0.20		4.70	0.19	907	A		290	1076
1082	DI	1882	9	18	19	25		Monte Baldo	CFTI	7	70	70		45.72	10.77	A	5.17	0.30		4.30	0.39		4.99	0.42	906	G	433	1082	
1099	DI	1884	9	12				PONTOGLIO	DOM	24	60	60		45.57	9.856	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	907	G		291	1099
1103	DI	1885	2	26	20	48		SCANDIANO	DOM	78	60	60		45.208															

Un evento sismico viene comunemente rappresentato mediante grafici che prendono il nome di spettro di risposta o di accelerogramma, essi rappresentano l'oscillazione del suolo in ampiezza, frequenza e durata dell'evento sismico.

L'individuazione del **terremoto di riferimento** per l'area di studio è già stata effettuata dal Politecnico di Milano (per conto della Regione Lombardia) per tutti i comuni della Lombardia.

Per il territorio di Brusaporto si può fare riferimento pertanto alla banca dati regionale per acquisire gli accelerogrammi relativi all'evento significativo per il territorio comunale con vari tempi di ritorno.

Nella banca dati regionale sono disponibili rispettivamente:

- 6 accelerogrammi sintetici relativi ad eventi caratterizzati da un periodo di ritorno di 475 anni e riferiti alla categoria di suolo tipo A (bedrock o bedrock-like). Essi sono compatibili con il valore di a_{max} atteso nell'area;
- 6 accelerogrammi sintetici relativi ad eventi caratterizzati da un periodo di ritorno di 975 anni, riferiti alla categoria di suolo tipo A e compatibili con il valore di a_{max} atteso nell'area;
- i valori di soglia (S) relativi ad ogni comune lombardo valutati, in riferimento allo spettro di normativa, per i due intervalli di vibrazione rappresentativi delle tipologie costruttive più diffuse nella regione (periodo fondamentale di oscillazione $0,1 \leq T \leq 0,5$ sec e $0,5 \leq T \leq 1,5$ sec il primo riguarda gli edifici più bassi e regolari mentre il secondo riguarda gli edifici oltre i 5 piani) e per ogni categoria di sottosuolo. Essi sono contenuti nel file **soglie_lomb.xls**. Tali valori di soglia devono essere confrontati con il valore del Fattore di Amplificazione (f.a.) determinato effettuando le analisi di secondo livello o di terzo livello;

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s					
Valori soglia					
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Brusaporto	3	1,7	2,4	4,3	3,1

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s					
Valori soglia					
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Brusaporto	3	1,5	1,9	2,3	2,0

Tabella n. 1 Valori di soglia (Regione Lombardia).

- i valori del modulo di taglio normalizzato (G/G_0) e del rapporto di smorzamento (D) in funzione dell'entità della deformazione (γ) (vedi il file: **curve_lomb.xls**) per vari tipi di terreno.

La normativa tecnica nazionale indica come rappresentazione di riferimento per le componenti dell'azione sismica, lo spettro di risposta elastico in accelerazione per uno smorzamento convenzionale del 5%. Esso fornisce la risposta massima in accelerazione del generico sistema

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

dinamico elementare con periodo di oscillazione $T \leq 4$ sec ed è espresso come il prodotto di una forma spettrale per l'accelerazione massima del terreno.

La recente normativa nazionale (Norme Tecniche Costruzioni D.M. 14/01/2008; tabella n.1) fornisce inoltre i parametri di spettro di risposta elastico relativi ad ogni località del territorio italiano.

Di seguito sono riportati i dati relativi al comune di Brusaporto nei 5 punti oggetto d'indagine sismica (per normali edifici residenziali).

Sito d'indagine A				
parametri di pericolosità sismica NTC 2008 (vers. 1.03)				
Classe uso: 2 "per costruzioni con normali affollamenti non pericolose e r				
Vita Nominale struttura (50 anni)				
latit. 45,6691°		long. 9,76441°		
Parametri di pericolosità Sismica				
"Stato Limite"	T_r [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0,033	2,422	0,201
Danno	50	0,044	2,422	0,227
Salvaguardia Vita	475	0,125	2,425	0,270
Prevenzione Collasso	975	0,161	2,476	0,276

Sito d'indagine B				
parametri di pericolosità sismica NTC 2008 (vers. 1.03)				
Classe uso: 2 "per costruzioni con normali affollamenti non pericolose e r				
Vita Nominale struttura (50 anni)				
latit. 45,6699°		long. 9,77211°		
Parametri di pericolosità Sismica				
"Stato Limite"	T_r [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0,033	2,421	0,202
Danno	50	0,044	2,418	0,228
Salvaguardia Vita	475	0,125	2,425	0,270
Prevenzione Collasso	975	0,162	2,477	0,276

Sito d'indagine C				
parametri di pericolosità sismica NTC 2008 (vers. 1.03)				
Classe uso: 2 "per costruzioni con normali affollamenti non pericolose e r				
Vita Nominale struttura (50 anni)				
latit. 45,6615°		long. 9,75109°		
Parametri di pericolosità Sismica				
"Stato Limite"	T_r	a_g	F_o	T^*_c
	[anni]	[g]	[-]	[s]
Operatività	30	0,033	2,421	0,201
Danno	50	0,043	2,427	0,225
Salvaguardia Vita	475	0,124	2,424	0,270
Prevenzione Collasso	975	0,161	2,476	0,275

Sito d'indagine D				
parametri di pericolosità sismica NTC 2008 (vers. 1.03)				
Classe uso: 2 "per costruzioni con normali affollamenti non pericolose e r				
Vita Nominale struttura (50 anni)				
latit. 45,6652°		long. 9,76836°		
Parametri di pericolosità Sismica				
"Stato Limite"	T_r	a_g	F_o	T^*_c
	[anni]	[g]	[-]	[s]
Operatività	30	0,033	2,421	0,202
Danno	50	0,044	2,418	0,227
Salvaguardia Vita	475	0,125	2,425	0,270
Prevenzione Collasso	975	0,162	2,477	0,276

Sito d'indagine E				
parametri di pericolosità sismica NTC 2008 (vers. 1.03)				
Classe uso: 2 "per costruzioni con normali affollamenti non pericolose e r				
Vita Nominale struttura (50 anni)				
latit. 45,6788°		long. 9,75701°		
Parametri di pericolosità Sismica				
"Stato Limite"	T_r	a_g	F_o	T^*_c
	[anni]	[g]	[-]	[s]
Operatività	30	0,033	2,422	0,201
Danno	50	0,043	2,431	0,225
Salvaguardia Vita	475	0,123	2,423	0,270
Prevenzione Collasso	975	0,160	2,475	0,275

Tabella n. 2 Parametri di spettro (NTC). Con T_r = tempo di ritorno (anni); a_g =accelerazione orizzontale massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento (bedrock) rigido orizzontale; F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, ha valore minimo pari a 2,2; T^*_c = periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)

Analisi della pericolosità sismica locale

ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

spettro in accelerazione orizzontale .

Un evento sismico può indurre oltre a fenomeni di amplificazione sismica locale, effetti collaterali d'instabilità (**fenomeni cosismici**) quali: **frane, crolli e liquefazioni**.

I **fenomeni di amplificazione sismica** (effetti di sito – definizione risposta sismica locale) sono generati dall'interazione delle onde sismiche con la situazione morfologico-litologico-stratigrafica locale. Durante la propagazione della sollecitazione dinamica dal “bedrock” verso la superficie, si verificano una serie di modifiche del moto sismico originario (terremoto di riferimento – input sismico in corrispondenza del bedrock), in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza. Queste modificazioni possono indurre effetti di superficie inaspettatamente più elevati rispetto all'energia rilasciata alla sorgente (ipocentro). Tale fenomeno prende il nome di amplificazione sismica.

E' possibile riconoscere due tipologie di amplificazione sismica, una legata alla conformazione topografica superficiale, l'altra legata alla sequenza litostratigrafica del sottosuolo:

- **fenomeni di amplificazione sismica locale legati alla topografia:** si verificano in terreni stabili quando sono presenti morfologie superficiali più o meno articolate e/o irregolarità topografiche in generale. Tali condizioni geometriche favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche sulla superficie topografica a causa di fenomeni di riflessione in corrispondenza della superficie libera e dell'interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; il tutto determina la conseguente amplificazione degli effetti. Tali condizioni si verificano in corrispondenza ad esempio di: creste, crinali o scarpate morfologiche;
- **fenomeni di amplificazione sismica locale legati alla litologia:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia, etc..) oppure laddove sono presenti profili stratigrafici costituiti da litologie con forti contrasti di impedenza ($\rho \cdot V_s$) o terreni di copertura che presentano marcate differenze di proprietà meccaniche con il sottostante bedrock.
Si possono così generare fenomeni d'intrappolamento delle onde all'interno dei depositi con esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse in superficie (amplificazione).
Oltre a questo fenomeno si possono verificare anche fenomeni di risonanza a causa della similitudine tra il periodo del moto sismico incidente e il periodo fondamentale di vibrazione del terreno.

3. ANALISI DI PRIMO LIVELLO

3.1. Metodologia analisi di primo livello

La verifica di 1° livello consiste nell'esaminare dal punto di vista geo-litologico, geomorfologico e geotecnico il territorio comunale, consultando la cartografia e la documentazione bibliografica disponibile. Lo scopo è quello di accertare l'esistenza o meno di scenari quali quelli riassunti nella sottostante tabella allegata alla normativa regionale ed attribuire tali scenari di pericolosità sismica alle zone omogenee individuate, sia che si tratti di zone potenzialmente soggette a fenomeni d'instabilità o che si tratti di zone soggette a possibili fenomeni di amplificazione sismica locale.

<i>Sigla</i>	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili ecc.) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	topografiche
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella n.3 Scenari di pericolosità sismica locale

Per ogni scenario di pericolosità sismica locale così individuato (tabella n.3) la normativa regionale prevede la sua ubicazione e delimitazione sulla carta della pericolosità sismica locale (PSL, vedi **tavola 1** estesa a tutto il territorio comunale), e il confronto con la Carta di Fattibilità geologica per le Azioni di Piano esistente (vedi tavola n.11 *Studio Geologico comunale*, giugno 1997)

La carta della pericolosità sismica locale rappresenta il punto di partenza attuale e futuro per le analisi di livello superiore.

Il riconoscimento degli scenari consente di definire per ogni area omogenea identificata, la necessità o meno dell'effettuazione del livello successivo d'indagine.

Secondo quanto previsto dalla normativa regionale per i comuni ricadenti in zona 3, le verifiche di 2° livello appaiono obbligatorie, in **fase pianificatoria** per tutti gli edifici situati nelle zone a PSL Z3 e Z4.

In **fase progettuale** le verifiche di 3° livello, risultano obbligatorie oltre che per le zone PSL Z1b e Z1c, Z2 e Z5, anche nelle zone Z3 e Z4 laddove le verifiche di 2° livello hanno accertato che il valore del fattore di amplificazione (F_a) calcolato, risulta superiore al valore di soglia fornito dalla regione Lombardia ($F_a > S$) per la categoria di sottosuolo in questione.

3.2. Risultati analisi di primo livello

La carta di PSL del comune di Brusaporto, prodotta in scala 1:5000 (tavola n.1), individua e delimita le zone omogenee che possono essere sede di fenomeni d'instabilità o soggette ad effetti di amplificazione sismica per i quali si rende necessaria la verifica di secondo e/o di terzo livello.

Nel caso del territorio comunale di Brusaporto, sono state individuate le seguenti zone PSL:

- **Zone Z1b:** corrispondono agli accumuli di frana di scivolamento/traslazione/crollo quiescenti, e agli orli di scarpata di frana attualmente quiescenti;
- **Zone Z2:** sono le aree dove sono stati individuati riporti di terreno che possono essere suscettibili a cedimenti-assesamenti in seguito ad un evento sismico.

In particolare si tratta delle aree che in passato sono state scavate e sono state successivamente oggetto di consistenti riporti; quest'ultime sono state evidenziate in carta (tavola 1).

Lo stesso discorso vale per le aree di cava che attualmente risultano in fase di escavazione e la cui destinazione finale (vedi nuovo Piano Cave) è quella del colmamento della depressione creata con materiali inerti. Relativamente al fenomeno della liquefazione si riprende quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni D.M. 14/01/2008 al "Capitolo 7.11.3.4.2 **Esclusione della verifica a liquefazione**".

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo **M inferiore a 5**;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di campo libero) **minori di 0,1g**;
3. profondità media stagionale della falda **superiore a 15 m** dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{eIN} > 180$, dove: $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione

- efficace verticale di 100 kPa e q_{cin} è il valore della resistenza all'avanzamento della punta determinata con prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) e normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura 7.11.1.a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in figura 7.11.1.b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

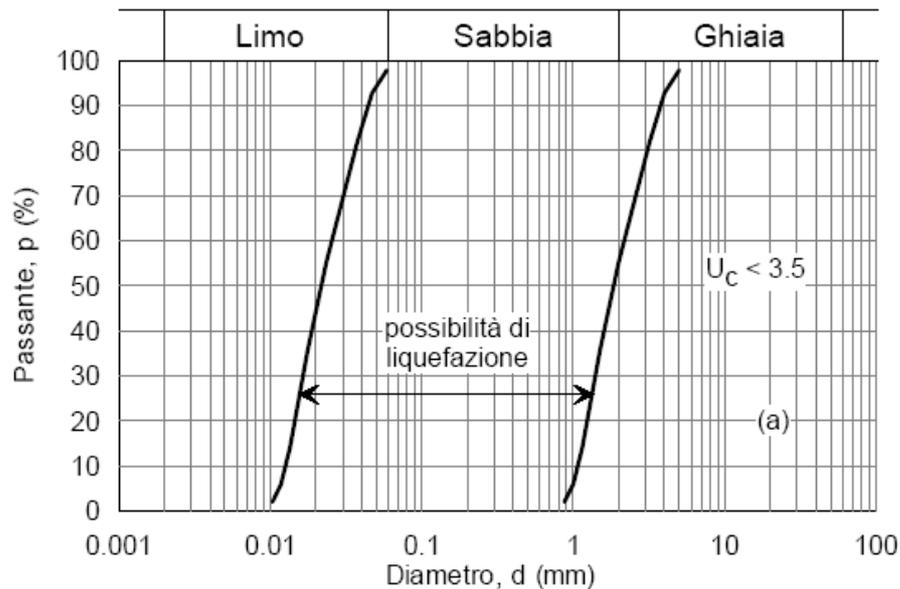


Figura n.1 (7.11.1.a)

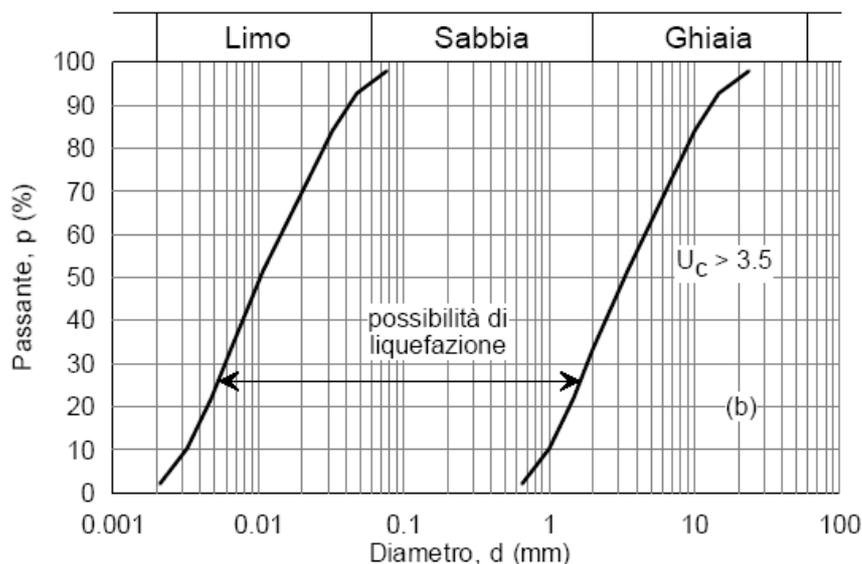


Figura n.2 (7.11.1.b)

Quando le condizioni n.1 e 2 non risultino soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

Quando **nessuna** delle condizioni di esclusione sopra espone risultino soddisfatte e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità alle quali sono

13

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
 ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto.

La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità d'interesse.

L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista.

Per l'aspetto legato ai fenomeni di possibile liquefazione, occorre suddividere il territorio comunale in due settori. Per la parte di territorio comunale posto a sud della ex-provinciale per Bagnatica, se si esclude il fattore legato alle caratteristiche di magnitudo e alla durata del sisma, la presenza di una superficie di falda situata in profondità e la presenza di terreni naturali grossolani a supporto granulare, consente di poter escludere la possibilità d'insorgenza del **fenomeno della liquefazione**. Dal punto di vista stratigrafico infatti, al di sotto di un orizzonte limoso metrico pedogenizzato, è costante la presenza di una prevalente frazione ghiaiosa associata a una ridotta frazione sabbioso-limosa (argillosa). Sono invece praticamente assenti lenti estese e spesse di sabbie fini. La falda freatica inoltre (che può generare sovrapressioni neutre in grado di azzerare la pressione litostatica) è situata ad una profondità minima che va da 10-15 metri sino ai circa 60 metri dal piano campagna all'estremità meridionale del comune.

Per il settore posto a nord della ex-provinciale per Bagnatica che si estende ai piedi dei rilievi collinari, non sono stati acquisiti elementi sufficienti per poter escludere l'insacco di tale fenomeno; tuttavia in questo caso sono prevalenti terreni superficiali colluviali di natura coerente limoso-argillosa oppure fluvioglaciali alterati con abbondanza di matrice limoso-argillosa. Localmente è presente tuttavia una falda locale superficiale di tipo sospeso.

- **Zone Z3a:** sono le zone di ciglio di scarpata con altezza uguale o superiore a 10 metri. Si è quindi individuato e riportato in carta (tavola 2) quei tratti di scarpata presenti all'interno del territorio comunale che presentano altezze superiori o prossime a 10 metri;
- **Zone Z3b:** sono le zone di cresta arrotondata o appuntita e di crinale roccioso presenti nel territorio comunale. Le valutazioni di secondo livello in questo caso si sono limitate alle aree maggiormente edificate.
- **Zone Z4a:** sono le zone di fondovalle/pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi;
- **Zone Z4b:** sono le zone situate alla base del rilievo collinare caratterizzate da cono detritici o conoidi detritico-colluviali;
- **Zone Z4d:** si tratta delle aree a debole inclinazione di raccordo tra la zona collinare e l'antistante pianura. In queste aree sono spesso presenti depositi colluviali che ricoprono depositi fluvioglaciali più antichi granulari e/o coesivi
- **Zone Z5:** corrispondono alle aree dove si ha il contatto stratigrafico tra il substrato roccioso poco alterato e depositi di copertura di consistente spessore. In queste zone si ha quindi un

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)

Analisi della pericolosità sismica locale

ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

forte contrasto delle caratteristiche fisico-meccaniche e di conseguenza della risposta sismica locale.

Nel caso specifico si tratta delle zone di contatto stratigrafico tra i litotipi del substrato roccioso e i terreni di copertura eluviali presenti sul pendio o quelli eluvio-colluviali, situati ai piedi dei rilievi collinari. Tali zone di contatto sono state individuate con limiti lineari sulla carta della Pericolosità Sismica Locale.

A questa zona appartengono anche le aree dove sono segnalati sulla Carta Geologica della Provincia di Bergamo o rilevati direttamente sul terreno, lineamenti tettonici importanti (zone di contatto tettonico).

In corrispondenza sia di faglie che di sovrascorrimenti è spesso frequente l'esistenza di una fascia di roccia tettonizzata che presenta caratteristiche fisico-meccaniche decisamente più scadenti rispetto a quelle della roccia intatta o poco fratturata presente all'esterno della fascia.

Tali elementi lineari sono da considerare quindi come fasce di ampiezza variabile la cui esatta collocazione va verificata puntualmente in fase esecutiva.

Per le aree campione a pericolosità sismica locale (PSL) di tipo Z3 e Z4 interferenti con l'urbanizzato e/o con aree di prevista espansione urbanistica, si è proceduto, come indicato dalla normativa regionale (Allegato 5), con il necessario approfondimento (analisi di secondo livello).

4. ANALISI DI SECONDO LIVELLO

4.1. Metodologia analisi di secondo livello

La procedura messa a punto dalla Regione Lombardia che verrà di seguito utilizzata, fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Occorre premettere che gli approfondimenti di 2° e 3° livello **non devono essere effettuati** in quelle aree che per situazione geologica, geomorfologica ed ambientale, o perché sottoposte a particolare vincolo normativo, siano già state considerate inedificabili (ad esempio **ricadono in classe di fattibilità 4**).

Inoltre per le aree classificate a pericolosità sismica locale (PSL) Z1b, Z1c, Z2 e Z5 non è prevista l'analisi di 2° livello ma si passa direttamente all'analisi di 3° livello da attuarsi in fase progettuale.

Per quanto riguarda quindi le zone Z3 e Z4 individuate con l'analisi di primo livello, si è proceduto ad effettuare analisi di secondo livello sui siti campione.

La verifica di secondo livello, con valutazione semiquantitativa del valore di amplificazione sismica atteso in sito, avviene attraverso l'utilizzo di schede relative agli “**effetti morfologici**” e agli “**effetti litologici**” opportunamente predisposte dal Politecnico di Milano (allegato 5 alla D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008) per conto della Regione Lombardia. Più precisamente sono state predisposte:

- scheda effetti morfologici – Scarpate – Scenario Z3a;
- scheda effetti morfologici – Creste – Scenario Z3b;
- scheda effetti litologici – Scenario Z4a - Litologia Ghiaiosa;
- scheda effetti litologici – Scenario Z4a - Litologia Sabbiosa;
- scheda effetti litologici – Scenario Z4a - Litologia Limoso-Sabbiosa Tipo 1 e Tipo 2;
- scheda effetti litologici – Scenario Z4a - Litologia Limoso-Argillosa Tipo 1 e Tipo 2;

Il valore del fattore di amplificazione (F.A.), determinato mediante l'uso delle schede citate e approssimato alla prima cifra decimale ($\pm 0,1$), viene confrontato in termini di contenuto energetico, con il **Valore di Soglia (S)** fornito dalla Regione Lombardia e calcolato dal Politecnico di Milano

per ogni comune (cfr. tabella n.1); ciò consente di poter valutare il grado di protezione che viene ottenuto utilizzando i parametri di progetto forniti dalla normativa nazionale per la zona sismica in questione e per la categoria di sottosuolo presente. L'approssimazione della valutazione del F.A a $\pm 0,1$ è legata ad al grado d'incertezza insito nella procedura di tipo semplificato adottata.

Per individuare la “**scheda effetti litologici**” più adatta ai terreni presenti in sito, è necessario disporre:

- delle caratteristiche granulometriche e delle proprietà indice dei terreni presenti nel sottosuolo in esame; tali caratteristiche devono essere confrontate con quelle indicate nelle schede disponibili al fine di poter individuare, in prima istanza, la rispondenza del terreno con le caratteristiche tipo indicate (ad esempio con il fuso granulometrico di riferimento);
- del profilo della velocità delle onde di taglio V_s (m/s) con la profondità z (m) determinato sperimentalmente. Quest'ultimo deve essere sovrapposto e confrontato con il grafico omonimo riportato sulla scheda scelta in prima istanza. Più precisamente occorre verificare che il profilo sperimentale cada nel **campo di validità** delimitato dalla curva di riferimento V_s/z riportata sulla scheda scelta, per valori di V_s inferiori a 600 m/s;
- nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata, ma l'andamento delle V_s con la profondità non ricada nel capo di validità della scheda in esame, potrà essere scelta un'altra scheda che presenti un andamento delle V_s con la profondità, più simile a quella sperimentale riconosciuta nel sito d'indagine.

Il valore del fattore di amplificazione, determinato mediante l'uso delle schede più appropriate al caso, deve essere confrontato con il **valore di Soglia** fornito dalla Regione Lombardia per il comune in questione (vedi tabella n. 1) Tale confronto consente di valutare il grado di protezione raggiunto utilizzando i parametri di normativa per la zona sismica in questione e per la categoria di sottosuolo presente.

Il grado di precisione della valutazione del fattore di amplificazione **f.a**, attraverso la procedura regionale, consente di determinare un numero approssimato alla prima cifra decimale con un errore del $\pm 0,1$; ciò è legato al grado di incertezza insito nella procedura di tipo semplificato.

Il **valore di soglia (S)** rappresenta quindi il numero limite oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa nazionale per la categoria di sottosuolo in questione, diventa insufficientemente cautelativo nei confronti del valore di amplificazione sismica realmente presente in sito. Si possono presentare quindi due situazioni:

- laddove il valore di F_a determinato tramite scheda, risulti **inferiore** al valore di soglia corrispondente, la spettro di normativa è da considerarsi sufficientemente cautelativo e tale da poter comprendere gli effetti di amplificazione sismica locale.

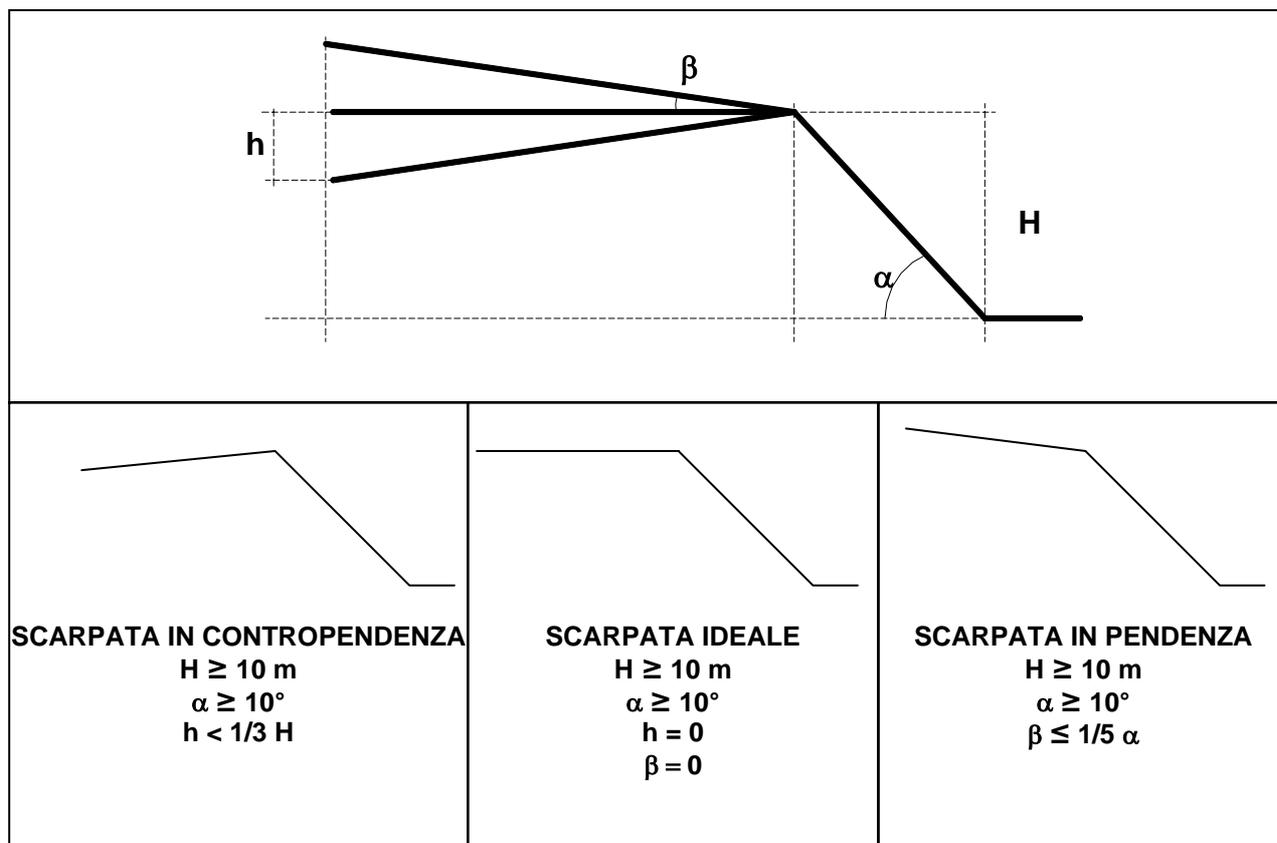
Si applicano quindi i parametri di spettro forniti dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni (D.M. 14/01/2008) per la categoria di sottosuolo accertata;

- laddove il valore di F_a determinato risulti **superiore** al valore di soglia corrispondente, lo spettro di normativa è da considerarsi insufficiente per salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale, quindi **in fase di progettazione edilizia** è necessario effettuare o analisi più approfondite di 3° livello o, in alternativa, utilizzare i parametri dello spettro della normativa nazionale caratteristici di una categoria di sottosuolo più scadente. Lo spettro di norma da utilizzare in questo caso deve essere individuato scegliendo, in base al valore del f.a. determinato, tra le diverse possibilità di seguito elencate:
 - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C. Nel caso tuttavia in cui il valore di soglia fornito fosse ancora inferiore al valore fattore di amplificazione determinato, si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - nello stesso modo, anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - nello stesso modo, anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

I risultati ottenuti con le analisi di secondo livello sui siti campione sono stati riportati sulla cartografia di tavola n.2 (carta del grado di pericolosità sismica locale) distinguendo tra i casi ove si ha il supero del valore di soglia (aree indicate in rosso) e quelli ove non si è verificato il supero (aree indicate in verde), differenziando le aree potenzialmente soggette ad amplificazione topografico-morfologica da quelle soggette a possibili effetti di amplificazione litologica; ciò rispettivamente per i due intervalli di periodo di vibrazione considerati ($0,1 < T < 0,5$ e $0,5 < T < 1,5$ sec).

Per intervalli di periodo diversi da quelli considerati, sono necessarie indagini più specifiche.

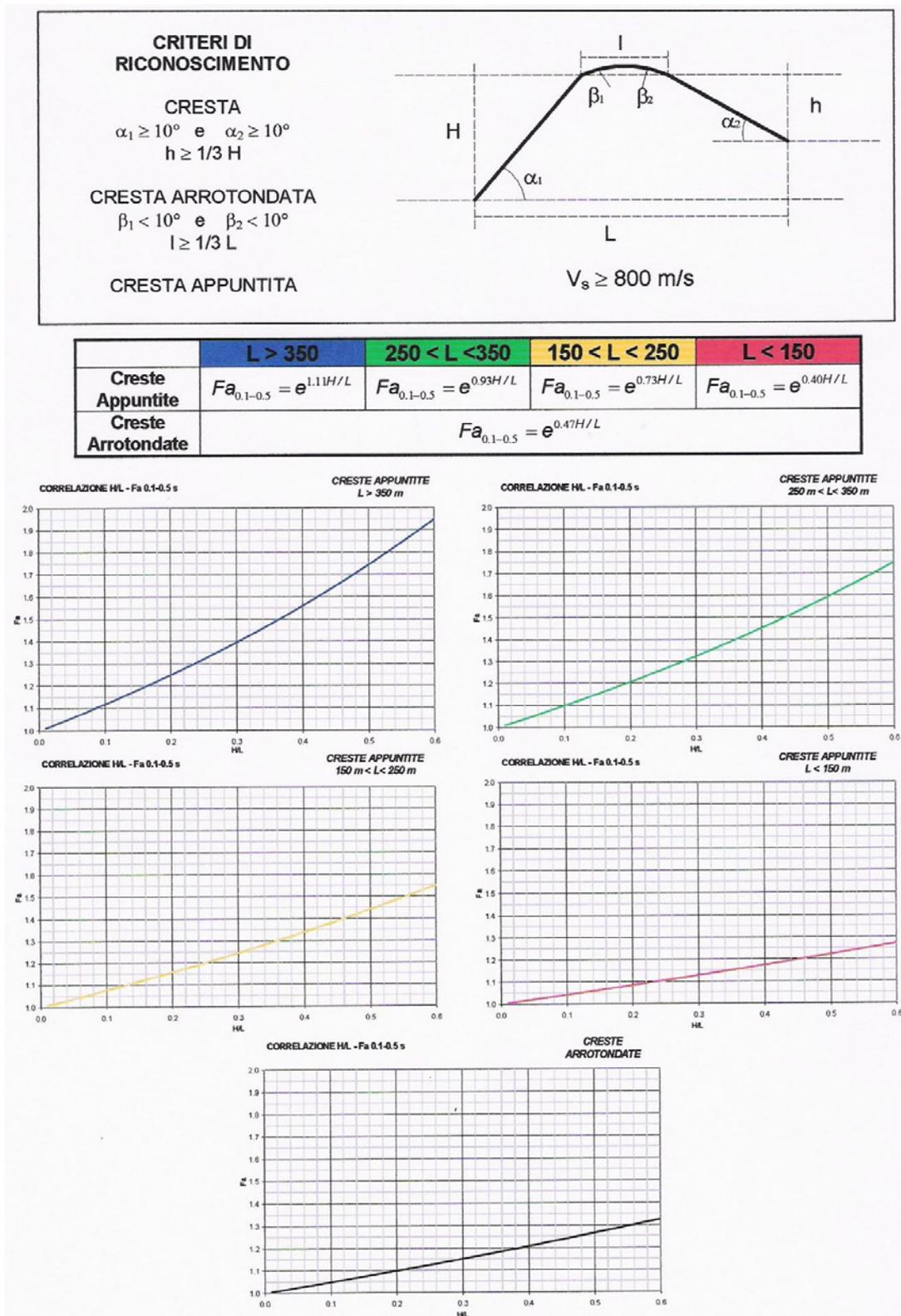
SCHEDE EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATE - SCENARIO Z3a



Schema identificativo valido solo per il periodo $T=0,1-0,5 \text{ sec}$

Classe altimetrica	Classe d' inclinazione	Valore di F_a	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

SCHEMA EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b

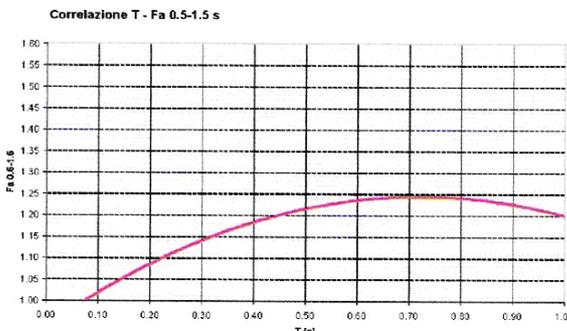
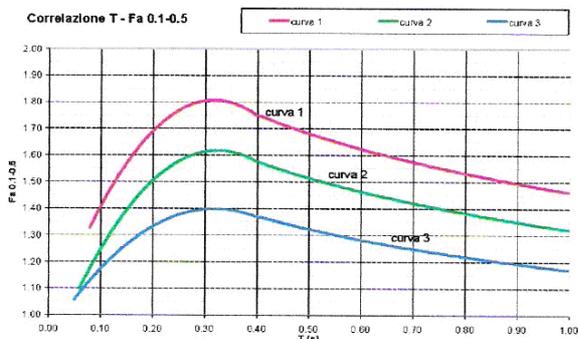
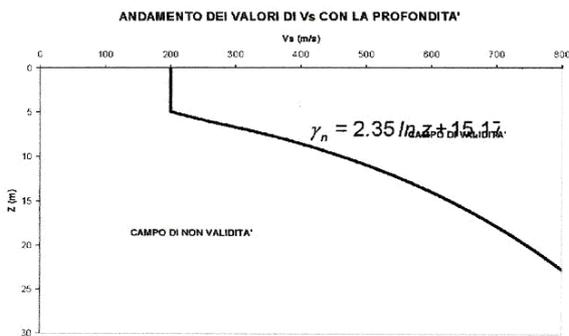


SCHEDA EFFETTI LITOLOGICI – SCENARIO Z4a – LITOLOGIA GHIAIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

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

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



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

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

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

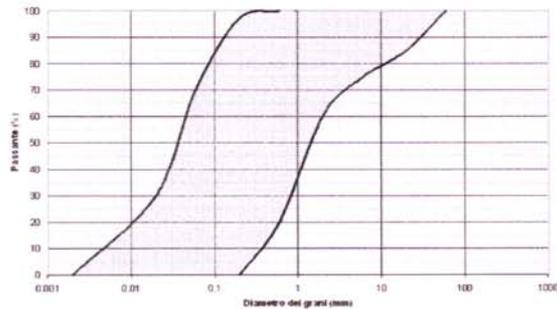
GRANULOMETRIA:

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

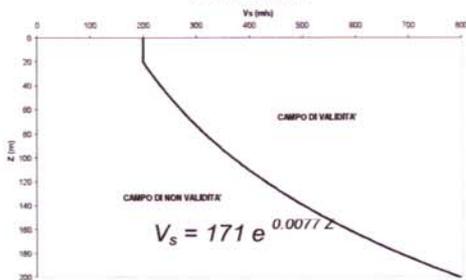
NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%
- Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
- Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE V_s CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA



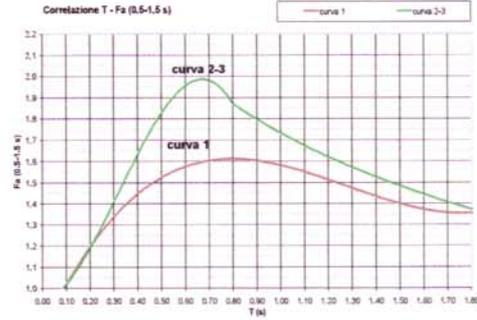
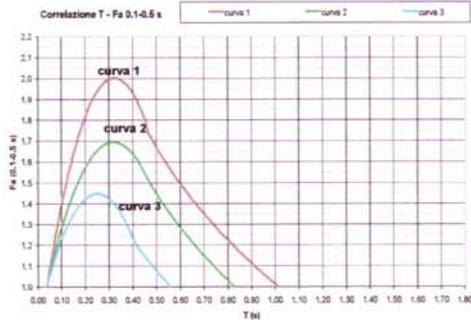
Profondità primo strato (m)	Profondità primo strato (m)																					
	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
300	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

ove la sigla NA indica $F_a = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s

$V_s < 300$ m/s	0
$V_s > 500$ m/s	5-12 m



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{R_{0.145}} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{R_{0.145}} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{R_{0.145}} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{R_{0.145}} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{R_{0.145}} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{R_{0.145}} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{R_{0.145}} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $F_{R_{0.145}} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{R_{0.145}} = 1.00$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $F_{R_{0.515}} = 0.57 T^2 - 2.18 T + 2.38 T + 0.81$		
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $F_{R_{0.515}} = -6.11 T^2 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{R_{0.515}} = 1.73 - 0.61 \ln T$	

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

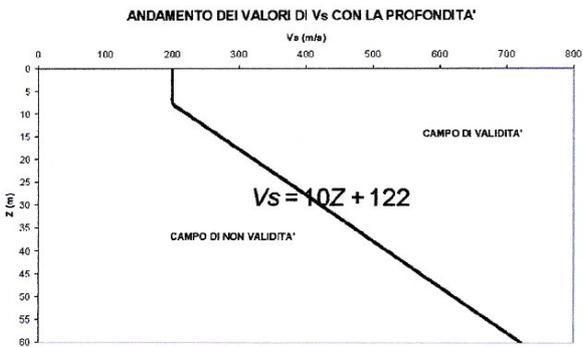
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:
Comportamento coesivo
Frazione limosa ad un massimo del 95%
Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi

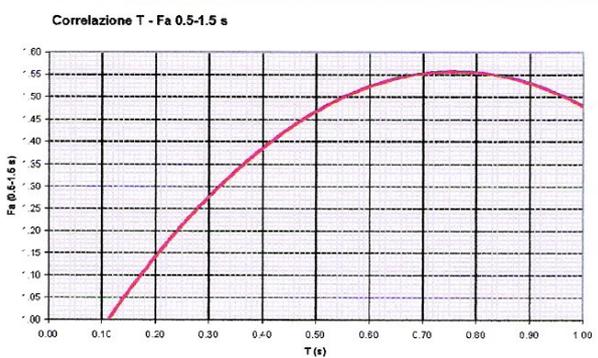
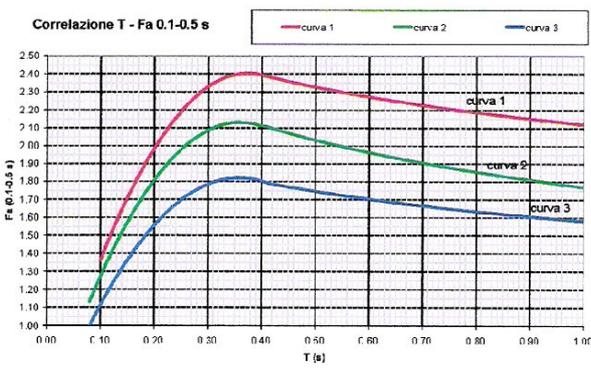
FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO

PARAMETRO		INTERVALLO
Peso di volume naturale	γ [kN/m ³]	18.5-19.6
Peso specifico particelle solide	γ_s [kN/m ³]	26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale	w [%]	25-30
Limite di liquidità	w _L [%]	25-35
Limite di plasticità	w _p [%]	15-20
Indice di plasticità	I _p [%]	5-15
Indice dei vuoti	e	0.6-0.9
Grado di saturazione	S _v [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K ₀	0.4-0.5
Indice di compressione	C _c	0.10-0.30
Indice di rigonfiamento	C _s	0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondarie	C _α	0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N _{spt}	0-20



Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60	
200	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
250	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1								
300	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2								
350	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

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

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

4.2. Risultati analisi di secondo livello

4.2.1. Verifica di secondo livello effetti morfologici

La metodologia indicata dalla normativa regionale, prevede che venga effettuata l'analisi delle creste rocciose (bedrock sismico con $V_s \geq 800$ m/s) appuntite o arrotondate con inclinazione dei pendii maggiore o uguale a 10° e quella delle scarpate morfologiche in roccia (bedrock sismico con $V_s \geq 800$ m/s), con altezza superiore o uguale a 10 metri e con inclinazione del fronte principale maggiore o uguale a 10° .

Come detto precedentemente si è proceduto ad individuare in carta i tratti di cresta/crinale o quelli di scarpata rocciosa che rispondono alle condizioni indicate nelle **Schede – Effetti Morfologici** (tavola n.1). I profili sottoposti a verifica sono 8 e risultano tutti ubicati al margine del centro edificato. La loro ubicazione è indicata sulla tavola n.2 ed i risultati della verifica di secondo livello (F.a.) sono riportati nella sottostante tabella n.4.

Sia le creste che le scarpate sottoposte a verifica non appaiono in roccia affiorante, ma la coltre eluviale che la ricopre, possiede uno spessore limitato.

In queste situazioni, gli effetti di amplificazione sismica realmente presenti sono da imputare all'interazione dei due effetti morfologico e litologico (effetto prevalente); pertanto per una determinazione di tipo puntuale, devono essere effettuate, in fase di edificazione, le opportune verifiche di secondo e di terzo livello.

La valutazione del grado di protezione per entrambi gli scenari morfologici (vedi “categoria topografica”) esaminati viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F.a. (fattore di amplificazione) ottenuto dalle schede di valutazione con il valore di “St” fornito dalle Norme Tecniche delle Costruzioni. Tale valore St rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Dove per individuare la categoria topografica è necessario rifarsi alla tabella sottostante.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

La procedura prevede pertanto di confrontare ogni valore di F.a. determinato, con il valore di S_T di norma, a meno di un'approssimazione di +0,1 per tener conto della variabilità del valore F.a. ottenuto con la procedura semplificata.

Il valore fornito è indicativo esclusivamente per edifici ordinari e per valori del periodo di vibrazione compresi tra 0,1 e 0,5 sec; per tutti gli altri casi occorre fare analisi più approfondite di 3° livello in fase di progettazione esecutiva.

Si possono presentare quindi, due situazioni:

- ⇒ il valore di F_a è inferiore al valore di soglia S_T corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente per tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- ⇒ il valore di F_a è superiore al valore di soglia S_T corrispondente: la normativa non è da considerarsi sufficiente per tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Per quanto riguarda le **creste** il valore del F.A. si mantiene costante per tutta la sommità, mentre si riduce linearmente a partire da quest'ultima sino a raggiungere il valore unitario in corrispondenza del piede del rilievo (dove non c'è amplificazione morfologica).

Nel caso delle **scarpate** l'area d'influenza dell'amplificazione sismica si estende anche a monte della scarpata per una fascia retrostante di ampiezza pari, **nel caso specifico**, all'altezza "H" della scarpata stessa ($A_i = H$).

Il valore di Fa così determinato, viene assegnato al ciglio della scarpata, mentre all'interno, nella relativa area di influenza (A_i), il valore di F.A. viene progressivamente a diminuire in modo lineare con il crescere della distanza dal ciglio fino al raggiungimento del limite esterno dell'area d'influenza. Lo stesso avviene allontanandoci dal ciglio verso il piede della scarpata (dove non c'è amplificazione morfologica).

Risultati verifiche lungo i profili topografici						
profilo	tipologia	F.a. calcolato	α medio	Cat. topografica	St di norma	risultato confronto F.a.+0,1
V - 1	cresta	1,06	18,47	T3	1,2	adeguato
V - 2	cresta	1,05	20,51	T3	1,2	adeguato
V - 3	cresta	1,05	16,80	T3	1,2	adeguato
V - 4	cresta	1,08	16,29	T3	1,2	adeguato
V - 5	cresta	1,04	16,32	T3	1,2	adeguato
V - 6	cresta	1,04	18,66	T3	1,2	adeguato
V - 7	cresta	1,08	28,81	T3	1,2	adeguato
V - 8	scarpata	1,10	25,95	T2	1,2	adeguato

Tabella n.4 Risultati analisi di secondo livello effetti morfologici

In merito alla valutazione del grado di protezione offerto dall'applicazione della normativa (valido esclusivamente per gli edifici di tipologia tradizionale e fino a 5 piani), è possibile constatare come nella totalità dei casi esaminati, il valore ottenuto risulti inferiore al valore di soglia "St" per la situazione morfologica individuata.

In questi casi l'applicazione dei parametri sismici di norma, per la "categoria topografica" di appartenenza, offre un sufficiente grado di protezione nei confronti dei reali effetti di amplificazione sismica legati alla morfologia locale.

4.2.2. Verifica di secondo livello effetti litologici

Per poter procedere alla verifica di secondo livello, relativamente agli aspetti legati alla litologia, in relazione a quanto indicato nella procedura regionale di tipo semplificato, si è proceduto:

- ad acquisire tutte le informazioni disponibili di carattere stratigrafico, quali stratigrafie di sondaggi e pozzi della zona;
- ad acquisire i risultati delle indagini geognostiche effettuate in zona;
- a recuperare le analisi di laboratorio effettuate su campioni di terreno prelevati in zona;
- ad effettuare, **in 5 siti campione**, indagini sismiche di tipo indiretto sia di tipo attivo (MASW) che di tipo passivo (Microtremori) ubicate in corrispondenza dell'area edificata o di possibile futura espansione urbanistica.

In corrispondenza del territorio comunale di Brusaporto non sono risultate disponibili indagini sismiche di tipo tradizionale a rifrazione o di tipo diretto-invasivo come Down Hole e Cross Hole.

Per quanto riguarda l'ubicazione dei **cinque** siti campione occorre premettere che la loro individuazione in corrispondenza del territorio comunale è stata dettata dall'analisi della situazione geologica comunale, si possono distinguere infatti:

- **settore meridionale di pianura alluvionale.** In questa zona, che si sviluppa a sud della ex-provinciale per Bagnatica, sono presenti a partire dalla superficie terreni ghiaioso sabbiosi localmente cementati sino ad una profondità di una cinquantina di metri.
In questa area, in accordo con l'Amministrazione Comunale, sono state effettuate indagini geofisiche in **tre** siti campione: una a valle della zona P.I.P. (sito C) non interessata in passato dall'attività estrattiva, una seconda indagine a lato del ex-ristorante "La Vacherie" (sito D) e la terza in corrispondenza del Parco Pubblico a fianco delle scuole elementari (sito A).
In relazione alla documentazione bibliografica resasi disponibile, è stato possibile verificare, che le curve granulometriche dei terreni presenti in posizione distante dai rilievi collinari e posti al di sotto dei primi 2-3 metri dal piano campagnan e fino ai primi 10-15 metri di profondità, ricadono all'interno del "fuso", proposto dalla normativa regionale, per la tipologia Ghiaiosa (vale per le zone A e C).
Nel caso del sito D, il basso incremento del valore delle Vs con la profondità, dimostra che le litologie ghiaiose presenti in superficie, proseguendo più in profondità, vengono sostituite da facies più fini oppure da litologie meno addensate.
- **settore pianeggiante al piede della collina;**
In questa area, in accordo con l'Amministrazione comunale sono state effettuate indagini geofisiche in **due** siti campione: una in corrispondenza della pista ciclopedonale, a nord del campo sportivo comunale e la seconda a valle della strada per Albano (nell'area ex-maneggio).
Per i siti più vicini al rilievo collinare, la definizione delle caratteristiche litologico-granulometriche si complica in relazione alla loro posizione di transizione: risultano prevalenti i terreni limoso argillosi in superficie con intercalazioni sabbioso-ghiaiose più in

profondità, prima di giungere al substrato roccioso. Superficialmente sono presenti terreni a granulometria più tipica delle facies “Limoso - Sabbiosa” al limite con quella “Limoso – Argillosa” (zone B ed E)

- **settore di rilievo collinare.** Il substrato roccioso risulta affiorare o subaffiorare in corrispondenza dei punti più acclivi ed elevati, mentre per la parte rimanente del rilievo sono spesso presenti coltri eluvio-colluviali sabbioso-limoso-argillose di spessore estremamente variabile ma che possono frequentemente superare il metro (4-5 metri nelle zone meno acclivi). In questa area, in accordo con l’Amministrazione Comunale non sono state effettuate indagini geofisiche.

Chiaramente l’ubicazione dei siti campione è stata influenzata anche dalla disponibilità e accessibilità ad aree di una certa estensione e libere da edifici.

In ogni sito sono state effettuate indagini geofisiche sia di tipo attivo (MASW) che di tipo passivo (Remi).

I dati acquisiti hanno consentito inoltre di completare le informazioni richieste anche dalla normativa nazionale e di poter affermare che i terreni presenti nei primi 30 metri, (V_{S30}) sono inquadrabili, dal punto della classificazione del suolo, come:

- Sito A, categoria sottosuolo B;
- Sito B, categoria sottosuolo C;
- Sito C, categoria sottosuolo B;
- Sito D, categoria sottosuolo B;
- Sito E, categoria sottosuolo B;

Correlando le informazioni bibliografiche di tipo geotecnico acquisite, è stato possibile ricostruire **5** schemi geotecnico-stratigrafici semplificati e mediati del sottosuolo in corrispondenza dei siti d’indagine geofisica.

Successivamente ad ogni schema stratigrafico interpretativo è stato associato, in relazione ai risultati ottenuti con le indagini sismiche, un modello geofisico (litologia/velocità onde di taglio/profondità) di cui gli elementi salienti sono riportati in allegato.

Zona di alta pianura in vicinanza rilievi (LFdP) – Sito A

UNITA'	profondità m	litologia prevalente	Nspt	Peso volume t/mc	Dr %	angolo attrito °	Cu kg/cmq	E' kg/cmq	Ed kg/cmq	Vs m/s
1	0-2,1	limo sabbioso	5-20	1,8	-	22-24	0,3-0,7	30-80	50-120 (250)	400
2	2,1-5,1	limo argilloso da poco a med. consistente altern. ghiaie limoso-argillose med. addensate	20-35	1,9	60-80	33-38	1,0-2,0	200-300	380-500	400-450
3	5,1-15,0	ghiaie con sabbia limose	35-rifiuto	2,0	80-100	43-45	-	550-700	-	600-650
4	15-35	conglomerato	Rifiuto	2,2	-	-	-	-	-	900-950
5	35-62	limi sabbiosi argillosi		2	-	-	-	-	-	700-800
6	62-95	conglomerato		2,2	-	-	-	-	-	900-950
7	>95	conglomerato / substrato flysch arenaceo-calcareo		2,5	-	-	-	-	-	1000-1150

- assenza di dati

NB: acqua a 9 - 15 metri (falde locali confinate)

Zona ai piedi della collina (intercollinare) – Sito B

UNITA'	profondità m	litologia prevalente	Nspt	Peso volume t/mc	Dr %	angolo attrito °	Cu kg/cmq	E' kg/cmq	Ed kg/cmq	Vs m/s
1	0 - 5	limo sabbioso argilloso	2-12	1,7	-	20-28	0,1-0,6	20-90	40-60	200
2	5 - 9	sabbia e limo con ghiaia	5-7	1,7-1,8	-	23-25	0,2-0,8	15-35	20-50	300-400
3	9 - 21	limi argillosi con livelli ghiaiosi	10-40	1,8 -1,9	35-50	25-35	0,4-1,0	30-200	40-150	450
4	21 - 32	limi e argille	-	1,9-2,0	40-60	35-40	1,0-2,0	150-250	-	480-500
5	32 - 58	ghiaie e sabbie loc. cementate	-	2,0	-	-	-	-	-	700-800
6	>58	substrato (Arenarie di Sarnico)	-	2,5	-	-	-	-	-	1200-1300

- assenza di dati

NB: acqua a -4 metri per la presenza di falde locali confinate, falda principale a 32-58 metri di profondità)

Zona di alta pianura distante dai rilievi (LFdP) – Sito C

UNITA'	profondità m	litologia prevalente	Nspt	Peso volume t/mc	Dr %	angolo attrito °	Cu kg/cmq	E' kg/cmq	Ed kg/cmq	Vs m/s
1	0-1	sabbia ghiaiosa ciottolosa	10-25	1,7-1,8	28-35	30-35	-	50-150	-	400
2	1-4/5	ghiaie e sabbie ciottolose	25-50	1,8-1,9	50-70	35-40	-	250-400	-	400-550
3	4/5-11	ghiaie e sabbie ciottolose limose addensate	50-Rifiuto	1,9-2,0	70-80	38-43	-	500-600	-	700-750
4	11-14	livello di limo (paleosuolo?)	12-20	1,9	20-45	26-28	0,3-0,8	50-80	-	600
5	14-20	ghiaie e sabbie limoso ciottolose local. cementate	Rifiuto	2,0	>80	40-45	-	500-800	-	900-950
6	20-50?	conglomerato		2,2	-	-	-	-	-	1300-1500

- assenza di dati

NB: acqua a -50 metri (falda libera)

Zona di alta pianura in vicinanza rilievi (LFdP) – Sito D

UNITA'	profondità m	litologia prevalente	Nspt	Peso volume t/mc	Dr %	angolo attrito °	Cu kg/cmq	E' kg/cmq	Ed kg/cmq	Vs m/s
1	0-1,5	sabbia ghiaiosa ciottolosa	7-25	1,7-1,8	28-60	30-35	-	50-150	-	400-450
2	1,5-11/12	ghiaie e sabbie ciottolose limose	30-Rifiuto	1,9-2,0	40-85	33-43	-	250-500	-	550
3	11/12-14	livello di limo (paleosuolo?)	12-20	1,9	20-45	26-28	0,3-0,8	50-80	-	650
4	14-20	ghiaie e sabbie limoso ciottolose loc. cementate	50-Rifiuto	2,0	>80	40-45	-	500	-	620-700
5	20-35/40	ghiaie limoso sabbiose argillose ?		1,9-2,0	-	-	-	-	-	700
6	35/40-80?	conglomerato		2,2	-	-	-	-	-	750-850

- assenza di dati

NB: acqua a -20 metri (falda libera)

Zona di alta pianura in vicinanza rilievi (LFdP) – Sito E

UNITA'	profondità m	litologia prevalente	Nspt	Peso volume t/mc	Dr %	angolo attrito °	Cu kg/cmq	E' kg/cmq	Ed kg/cmq	Vs m/s
1	0 - 4/6	limo sabbioso argilloso con ghiaia	7-10	1,7	25-35	25-28	0,1-0,3	120-130	30-50	300-350
2	4/6 - 12/16	ghiaia sabbiosa limosa	15-35	1,9	35-50	30-35	-	150-200	70-180	500-600
3	12/16 - 24	limo argilloso con rara ghiaia		1,8	-	-	-	-	-	450-500
4	>24/30	substrato arenaceo-marnoso alterato?		2,5	-	-	-	-	-	800-850

- assenza di dati

NB: acqua a -6 metri (falde locali sospese sull'acquifero principale)

Tabelle n.5 Proprietà dei terreni individuati.

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO*in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12*

Comune di Brusaporto (Bergamo)

Analisi della pericolosità sismica locale*ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008*

Per ogni sito è stato calcolato il valore del periodo fondamentale di risonanza del terreno (T_0) in funzione del valore delle velocità delle onde di taglio e dello spessore di ciascun strato individuato.

Punto di verifica	Periodo fondamentale (T_0)
Zona A	0,123 sec
Zona B	0,4023 sec
Zona C	0,121 sec
Zona D	0,335 sec
Zona E	0,28 sec

Tabella n.6 Valutazione del periodo di oscillazione proprio del terreno nei 5 siti d'indagine.

In relazione ai dati bibliografici resisi disponibili tra cui: le caratteristiche stratigrafiche dei terreni nei siti di indagine, delle loro caratteristiche granulometriche e proprietà indice, dell'andamento della velocità delle onde di taglio con la profondità e dello spessore del primo strato significativo a partire dalla superficie, è stato possibile valutare, mediante l'impiego delle "schede effetti litologici", il valore di F_a che caratterizza tali sequenze.

I valori di F_a così ottenuti e riportati nella tabella sottostante, sono stati confrontati con il valore di soglia:

Punto di verifica	T= 0,1-0,5 sec			T= 0,5-1,5 sec		
		Fa abaco	Soglia norma relativa alla cat. sottosuolo individuata		Fa abaco	Soglia norma relativa alla cat. sottosuolo individuata
Zona A		1,22	1,5±0,1		1,03	1,7 ± 0,1
Zona B		2,12	1,9±0,1		1,39	2,4 ± 0,1
Zona C		1,21	1,5±0,1		1,03	1,7 ± 0,1
Zona D		1,37	1,5±0,1		1,50	1,7 ± 0,1
Zona E		1,76	1,5±0,1		1,25	1,7 ± 0,1

Tabella n. 7 Confronto tra i Valori di Soglia riferiti alle relative categorie di sottosuolo di appartenenza (Regione Lombardia -vedi tabella n.1) e il valore di F_a ottenuto attraverso l'uso delle "schede effetti litologici". ***I numeri in rosso superano il valore di soglia.***

In relazione ai risultati ottenuti è possibile valutare quindi l'effettivo grado di protezione offerto dall'applicazione dei parametri stabiliti dalla normativa nazionale per le categorie di sottosuolo

determinate (tipo B/C) attraverso la verifica della condizione $FA < (S+0,1)$ come indicato nel paragrafo precedente.

I risultati dimostrano che nelle zone d'indagine campione **A, C, D** i valori di F.a. stimati con la metodologia regionale, risultano inferiori al valore di soglia; di conseguenza le aree individuate ricadono in **classe di pericolosità sismica "H1"** sia per l'intervallo di periodi compreso tra 0,1 e 0,5 sec che per quello compreso tra 0,5 e 1,5 sec., conseguentemente è **"verificata"** l'adeguatezza del grado di protezione offerto dall'applicazione dello spettro di normativa relativo alla categoria di sottosuolo di appartenenza.

Diverso è il caso delle due zone **B** ed **E**, dove per il solo intervallo di periodi compresi tra 0,1 e 0,5 sec, la verifica ha accertato il supero del valore di soglia per la categoria di sottosuolo di appartenenza e più precisamente la "categoria C" per il sito B e la "categoria B" per il sito E.

Ciò sta' a significare che in queste due zone, l'applicazione dei parametri di normativa relativi alle categorie di sottosuolo individuate, non risulta sufficientemente cautelativa rispetto ai reali effetti di amplificazione sismica riscontrabili in sito.

Pertanto le due aree ricadono in zona a **classe di pericolosità sismica "H2"** (per $0,1 < T < 0,5$ sec) e quindi, secondo quanto stabilito dalla normativa regionale, è d'obbligo l'effettuazione di analisi di 3° livello in fase di progettazione esecutiva oppure, in alternativa, di adottare i parametri di normativa relativi alle seguenti **categorie di sottosuolo**:

- per il sito B adottare i parametri relativi alla **categoria D**;
- per il sito E adottare i parametri relativi alla **categoria C**.

Tali aree sono poste in evidenza sulla Carta della Classe di Pericolosità Sismica Locale (tavola n.2).

La Carta di Pericolosità Sismica Locale (tavola 1) e la Carta della Classe di Pericolosità Sismica Locale (tavola n.2), devono essere utilizzate congiuntamente alla "Carta di Fattibilità delle azioni di Piano" dello studio geologico del territorio comunale (cfr. tavola n. 11, giugno 1997).

5. PRESCRIZIONI COMPONENTE SISMICA

Le indicazioni contenute nel presente paragrafo sono da considerarsi a tutti gli effetti integrative di quelle già contenute nel “**Capitolo 12 - Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano**” dello studio geologico comunale redatto dal sottoscritto nel giugno 1997.

Il presente documento assieme alla Componente Geologica comunale sopraccitata, deve essere inserito integralmente nel **Documento di Piano** del Piano di Governo del Territorio.

Nel **Piano delle Regole** devono essere contenute: le **Prescrizioni** del capitolo 12 dello studio geologico sopraccitato; la carta dei vincoli; la carta di sintesi; la carta di fattibilità geologica, le **Prescrizioni** della componente sismica unitamente alla **Carta di Pericolosità Sismica Locale** (tavola n.1 e 2).

La carta di P.S.L. deve essere utilizzata congiuntamente con la Carta di fattibilità delle azioni di Piano (tavola n.11 studio geologico giugno 1997).

Per il comune di Brusaporto sono state prodotte due cartografie in scala 1:5000, la “Carta della pericolosità sismica locale” (tavola n.1 - verifica di 1° livello) che individua le zone omogenee soggette a verifica di 2° e/o di 3° livello e la “Carta della classe di pericolosità sismica” (tavola n.2) con individuate le aree ove è stato effettuato l’approfondimento di 2° livello.

Le **prescrizioni** relative alle zone individuate sono diverse in relazione allo scenario di pericolosità sismica locale individuato e più precisamente:

1. in generale i progetti relativi a future edificazioni dovranno tenere attentamente in considerazione oltre alle caratteristiche dell’area di edificazione, anche la situazione geologico-geomorfologico-idrogeologica circostante (ad esempio non si può non tenere in considerazione il fatto che un edificio sia posto al piede o alla sommità di un versante oppure sia posto in corrispondenza del ciglio sommitale di una scarpata);
2. per le zone omogenee **Z1b**, **Z2** e **Z5** individuate, la normativa regionale prescrive il passaggio diretto al terzo livello di approfondimento da effettuarsi in fase di progettazione;
3. per le zone a PSL **Z2a** - Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti e coincidenti con aree adibite in passato a scavi e riporti (es: ex-cave divenute discariche di inerti con recupero a piano campagna) o più semplicemente terreni di riporto, anche estesi, soprattutto se di terreni fini.

Nel caso di interventi di tipo edificatorio su questi terreni, occorrerà effettuare indagini geognostiche/geofisiche accurate ed analisi di terzo livello mirate a caratterizzare i terreni ivi presenti ed a valutare attentamente la tipologia della fondazioni (superficiali o profonde) da

32

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell’Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

adottare. Tali indicazioni valgono anche per le attuali aree di cava (polo ATEg15) dove in futuro è prevista la stessa tipologia di recupero finale;

4. per le zone a PSL **Z2b** - Zone soggette a possibili fenomeni di liquefazione indotti da eventi sismici, occorre distinguere tra:
 - per il settore di territorio comunale posto prevalentemente a sud della ex-provinciale per Bagnatica, se si esclude il fattore legato alle caratteristiche di magnitudo e alla durata del sisma, la presenza sia di una superficie di falda situata in profondità, che la presenza di terreni naturali grossolani a supporto granulare, consente in generale di poter escludere la possibile insorgenza di **fenomeni di liquefazione**.
 - per il settore posto a nord della ex-provinciale per Bagnatica che si estende a contatto con i piedi dei rilievi collinari, nel corso dello studio non sono stati acquisiti elementi sufficienti per poter escludere l'insorgere di tale fenomeno. In queste aree risultano prevalere terreni superficiali coesivi, prevalentemente limosi-argillosi o granulari ma con matrice limoso-argillosa. In queste zone si ritiene pertanto necessario, come indicato nella normativa, l'accertamento, in fase di progettazione, della relativa suscettibilità alla liquefazione (analisi di 3° livello) entro la prima quindicina di metri di profondità;
5. per le zone omogenee **Z3a, Z3b, Z4a, Z4b e Z4d**, in fase di pianificazione (aree oggetto di espansione urbanistica), devono essere effettuate verifiche di 2° livello mediante l'impiego delle schede e degli abachi allegati alla normativa regionale.
Nel caso invece di singoli e limitati interventi edificatori, al di fuori delle aree d'indagine campione, in fase di progettazione esecutiva, sarà necessario effettuare verifiche di secondo/terzo livello
Nel caso ci si trovi in corrispondenza di una cresta o di una scarpata dove il substrato roccioso sia presente a profondità superiore alla quota d'imposta delle fondazione, nelle verifiche occorrerà considerare sia gli effetti di amplificazione legati **fattori morfologici** che quelli legati a **fattori litologici** (prevalenti).
L'utilizzo della metodologia regionale per la stima del valore di Fa da confrontare con il valore di Soglia fornito per il comune di Brusaporto, limitatamente alle aree sottoposte all'analisi di 2° livello, ha fornito i risultati riportati nelle tabelle n.5 e 6 e negli allegati n.1 e 2.
Per i siti campione oggetto di verifica di secondo livello si possono trarre le seguenti considerazioni:

- per le zone **Z3a** (zone di orlo di scarpata) oggetto di verifica di tipo morfologico (la traccia del profilo riportata in tavola 2), non si è avuto nessun supero del valore di soglia stabilito dalla normativa nazionale (St) per la categoria topografica di appartenenza.
Pertanto la **classe di pericolosità attribuita è la H1, l'adozione quindi dei parametri relativi allo spettro di normativa per la categoria topografica di appartenenza, offre un sufficiente grado di protezione nei confronti degli effetti reali di amplificazione sismica legati alla morfologia;**
- per la zone **Z3b** (zone di cresta o crinale roccioso) oggetto di verifiche di tipo morfologico di 2° livello (la traccia dei profili è ubicata in tavola 2), non si è avuto nessun supero del valore di soglia stabilito dalla normativa nazionale (St) per la categoria topografica di appartenenza.
Pertanto la **classe di pericolosità attribuita è la H1, l'adozione quindi dei parametri relativi allo spettro di normativa per la categoria topografica di appartenenza, offre un**

sufficiente grado di protezione nei confronti degli effetti reali di amplificazione sismica legati alla morfologia;

- nelle zone **Z4a** (area di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi - Unità Wurmiana o Tardiglaciale) e nelle zone **Z4d** (zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale), in accordo con l'ufficio tecnico comunale, sono state effettuate verifiche litologiche di 2° livello su **5 aree campione** che risultano rappresentative delle principali situazioni litologico-stratigrafiche presenti in corrispondenza del territorio comunale.

I terreni presenti nelle aree campione A, C e D e E risultano appartenere alla categoria di sottosuolo "**B**". Nel sito B, il valore della velocità delle onde di taglio (V_s) nei primi 30 metri fa appartenere il terreno alla categoria di sottosuolo "**C**".

Nelle aree campione zone A, C e D il valore di F.a. ottenuto, è risultato inferiore al valore di soglia indicato per la categoria di sottosuolo in questione ($F_a < S+0,1$) **vedi tabella n.6**. Pertanto la **classe di pericolosità attribuita è la H1 e l'adozione dei parametri relativi allo spettro di normativa, per la categoria di sottosuolo di appartenenza, risulta essere sufficientemente cautelativa, non sono necessarie pertanto analisi di 3° livello.**

Nel caso dei siti B ed E invece si è verificato il supero del valore di soglia ($F_a > S+0,1$), relativamente all'intervallo di vibrazione $0,1 < T < 0,5$ sec. per la categoria di sottosuolo di appartenenza. Pertanto la **classe di pericolosità attribuita è la H2 e l'adozione dei parametri relativi allo spettro di normativa, per la categoria di sottosuolo di appartenenza, non risulta essere sufficientemente cautelativa, sono necessarie pertanto analisi di 3° livello** o in alternativa l'adozione dei parametri di normativa relativi rispettivamente alla "**categoria D**" per la zona B ed alla "**categoria C**" per la zona d'indagine.

- per le zone a PSL **Z5** - Zone di contatto tettonico e/o stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse oltre alle necessarie indagini di 3° livello, si consiglia di adottare accorgimenti progettuali tali da fondare su un'unica tipologia di terreno di fondazione;

Devono essere tenute comunque in conto alcune limitazioni che caratterizzano la procedura regionale adottata:

- nel caso delle verifiche di tipo morfologico, non sono disponibili schede tipo per edifici alti oltre i 5 piani ($T > 0,5$ sec). Per questi casi occorrerà effettuare indagini di terzo livello in fase di progettazione esecutiva;
- le verifiche di tipo morfologico considerano l'ipotesi ideale di creste o scarpate in roccia (bedrock sismico con $V_s > 800$ m/s), nel caso in cui invece il substrato sia ricoperto da uno spessore di terreno tale da renderlo irraggiungibile alle fondazioni dell'edificio, per una valutazione del **fenomeno di amplificazione** effettivamente presente in loco, è necessario considerare l'interazione tra i due effetti: morfologico e litologico (generalmente prevalente); pertanto per una determinazione di tipo puntuale in sede **di progettazione esecutiva** sarà necessario effettuare **verifiche di dettaglio (analisi numeriche o rilievi strumentali)**.

6. Adeguamento cartografia ed elaborati grafici della componente geologica 1997

Per quanto riguarda i dati e la cartografia esistente, i nuovi elementi acquisiti non hanno determinato la necessità del rifacimento della cartografia d'inquadramento, della Carta di sintesi (tavola 10, anno 1997) e della Carta di fattibilità per le azioni di piano (tavola 11, anno 1997).

E' risultata necessaria la stesura invece della Carta dei vincoli, prodotta secondo quanto indicato dalla D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008.

6.1. Carta dei vincoli

Sulla carta dei vincoli (tavola 3, novembre 2009) sono state riportate le limitazioni d'uso del territorio derivanti dalle normative in vigore di contenuto prettamente idraulico, idrogeologico e/o ambientale-paesaggistico.

In corrispondenza del territorio di Brusaporto sono presenti:

- ⇒ i vincoli di polizia idraulica sul reticolo idrografico principale, minore e consortile;
- ⇒ l'area protetta del sistema collinare di Comonte, Brusaporto e Monte Tomenone sita nei comuni di Brusaporto, Bagnatica, Costa di Mezzate, Montello, Albano S. Alessandro e Seriate;
- ⇒ l'area coperta da boschi e foreste ai sensi dell'Art. 142 lettera g), D.Lgs. 42/2004;
- ⇒ l'ambito territoriale estrattivo ATEg15 (ex- polo AP1g2). Piano Cave della Provincia di Bergamo, D.C.R. n. 8/619 del 14 maggio 2008.
- ⇒ Aree di dissesto soggette all'Art. 9 delle N.d.A.

Vincoli di polizia idraulica relativi al reticolo idrico comunale. Su tali "acque pubbliche" valgono infatti le disposizioni del R.D. 523/1904 (per il reticolo idrico principale) e del R.D. n.368/1904 (per i canali e le altre opere di bonifica), oltre alle successive disposizioni regionali in materia (D.G.R. 7/7868 del 15/02/2002, D.G.R. 7/13950 del 01/08/2003, L.R.n.7 del 16/06/2003).

Per quanto riguarda il reticolo idrico minore, si deve fare riferimento pertanto a quanto riportato nello "**Studio per la definizione del reticolo idrico minore**" (ai sensi della D.G.R. 7/7868 del 25/01/2002 e successive) sottoposto al parere vincolante della competente Sede Territoriale della Regione Lombardia, che ha dato esito positivo ed approvato con D.C.C. n.25 del 28/09/2009.

In linea di massima è stata stabilita una fascia di rispetto di 10 metri su ogni lato per gli impluvi naturali che scendono dalla collina ed una fascia di rispetto 5 metri di ampiezza su ogni lato lungo le

rogge e i canali irrigui in deroga ai 10 metri previsti dalla normativa.

E' stata stabilita inoltre una zona di salvaguardia/di rispetto dell'estensione di 10 metri attorno alla zona di risorgiva del Cavo Passi.

Aree di dissesto soggette all'Art. 9 delle N.d.A. Le aree in dissesto tratte dal quadro PAI aggiornato riportato sul sito della Regione Lombardia, sono state riportate in carta in quanto soggette alla normativa del PAI e in particolare all'Art. 9 del N.d.A. del PAI **"Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico"**.

Area del sistema collinare di Comonte, Brusaporto e Monte Tomenone

(obiettivo gestionale del PRS 2004 10.1.3.2) D.G.R. 8/18877 del 30 settembre 2004.

L'area sita nei comuni di Brusaporto, Bagnatica, Costa di Mezzate, Montello, Albano S. Alessandro e Seriate, viene dichiarata dalla deliberazione della giunta regionale **"di notevole interesse pubblico"** ai sensi dell'articolo 136, lettere c) e d) del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 e conseguente assoggettata alle norme sulla tutela delle bellezze naturali.

6.2. Carta del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI

La Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I., redatta in scala 1:10.000 su base C.T.R.L., è finalizzata a recepire il quadro del dissesto aggiornato secondo quanto richiesto dalla Regione Lombardia con lettera prot. n. Z1. 2010.0022587 del 14/09/2010. Su tale cartografia (tavola n.4), sono state riportate diverse aree soggette a fenomeni di frana sia attivi (**Fa**) che quiescenti (**Fq**) presenti sul territorio comunale. L'ubicazione di tali punti ed aree in dissesto è stata effettuata da personale della Regione Lombardia.

Il Comune di Brusaporto è presente nell'elenco di tabella 2 (D.G.R.8/7374 del 28/05/2008) - Individuazione dei comuni compresi nella D.G.R. 11/12/2001 n. 7/7365 che non ha concluso l'iter di cui all'Art. 18 delle N.D.A. del PAI, come comune "esonero" e con quadro del dissesto vigente "aggiornato".

Revisione 1: settembre 2010

Dott. Geol. Pedrali Carlo
O.G.L. 860

Allegato n. 1
Indagini geofisiche

1. Cenni introduttivi

In accordo con l'Ufficio Tecnico comunale sono stati individuati in corrispondenza del territorio comunale 5 siti ove effettuare indagini geofisiche di tipo indiretto. Lo scopo delle indagini era quello di poter condurre verifiche di secondo livello secondo quanto previsto dalla normativa regionale. La normativa richiede la conoscenza dell'andamento del valore della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo (V_s) sino al raggiungimento, per quanto possibile, del bedrock sismico (terreni/rocce con $V_s \geq 800$ m/s).

L'ubicazione dei siti d'indagine è stata condizionata dall'attuale sviluppo dell'edificato e tenendo in considerazione le aree di prossima possibile espansione urbanistica. I 5 siti d'indagine sono stati localizzati ed identificati sulla carta di tavola 1.

Per ognuna delle aree investigate sono state effettuate indagini indirette sia di tipo passivo (metodo dei Microtremori) che di tipo attivo (metodo MASW- Multi Channel Analysis Surface Waves).

I due metodi si basano sulla registrazione e l'analisi della propagazione delle onde di superficie (onde di Rayleigh) e l'analisi del fenomeno della dispersione delle stesse nei primi strati di terreno.

Il metodo dei Microtremori sfrutta il rumore "naturale" di fondo registrabile da una catena di geofoni, viceversa, il metodo MASW registra le vibrazioni indotte artificialmente da una sorgente "attiva" rappresentata da una massa battente o da un cannoncino posto in corrispondenza delle 2 estremità della catena di geofoni verticali.

I due metodi, grazie all'impiego di un software dedicato, vengono utilizzati congiuntamente incrementando così l'affidabilità del modello interpretativo finale del sottosuolo.

Le registrazioni in campo consentono di calcolare l'andamento delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione delle frequenze campionate ($V(\text{fase})/\text{frequenza}$) e quindi della profondità (spessore strato).

Successivamente, attraverso diverse fasi di elaborazione, si ricava l'andamento delle velocità delle onde di taglio con la profondità a partire dalla superficie.

Il modello d'interpretazione si basa sul presupposto teorico ideale della presenza nel sottosuolo di strati orizzontali continui e sovrapposti di spessore costante.

Il risultato al quale si giunge è rappresentato dal profilo verticale dell'andamento del valore medio

della velocità delle onde di taglio in funzione della profondità; il profilo è localizzabile all'incirca nella zona centrale della linea sismica.

Il modello teorico che si può ottenere non è univoco, è quindi necessario confrontarlo e tararlo con le conoscenze geologiche del sito (ad esempio: sondaggi meccanici o prove penetrometriche, stratigrafie di pozzi, indagini a rifrazione) onde poter passare all'identificazione di un modello reale definitivo.

2. Modalità esecutive indagini e risultati

La registrazione delle onde di superficie avviene con l'impiego di una classica strumentazione per l'effettuazione di indagini sismiche a rifrazione; viene utilizzato preferibilmente un sismografo ad elevata dinamica, con geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz).

Nella fattispecie per le misure è stato utilizzato un sismografo GEODE a 24 bits e 24 canali.

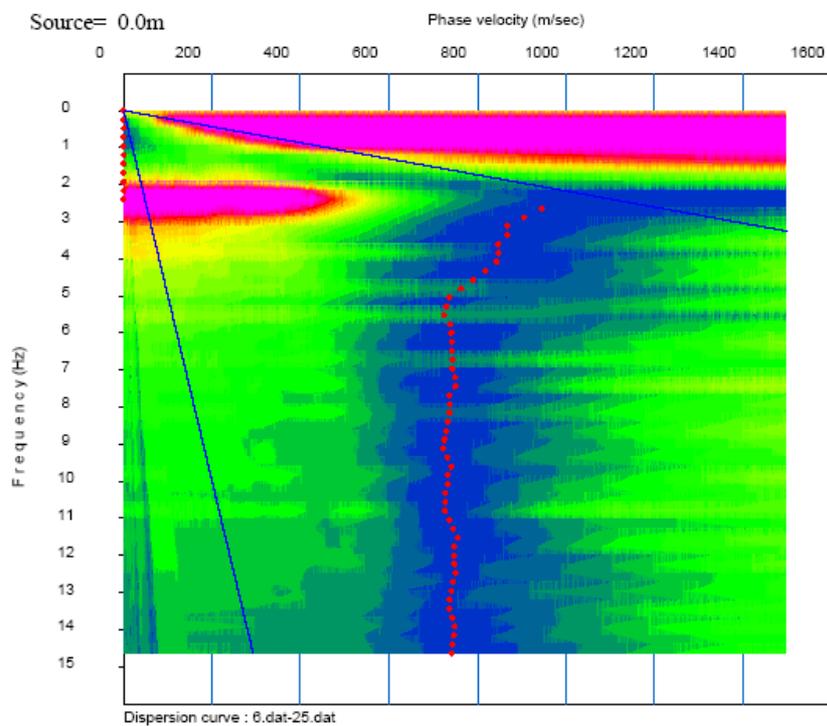
Per quanto concerne la configurazione geometrica delle linee sismiche, laddove era disponibile spazio sufficiente, sono state realizzate due catene geofoniche lineari intersecatesi tra loro all'incirca a 90°; per ognuna di esse sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 4 o 5 metri.

Per quanto riguarda il metodo dei Microtremori, per ogni stendimento, sono state effettuate 20 registrazioni, mentre per il metodo MASW sono state effettuate 2-4 registrazioni per ognuno dei punti di scoppio situati esternamente alla linea.

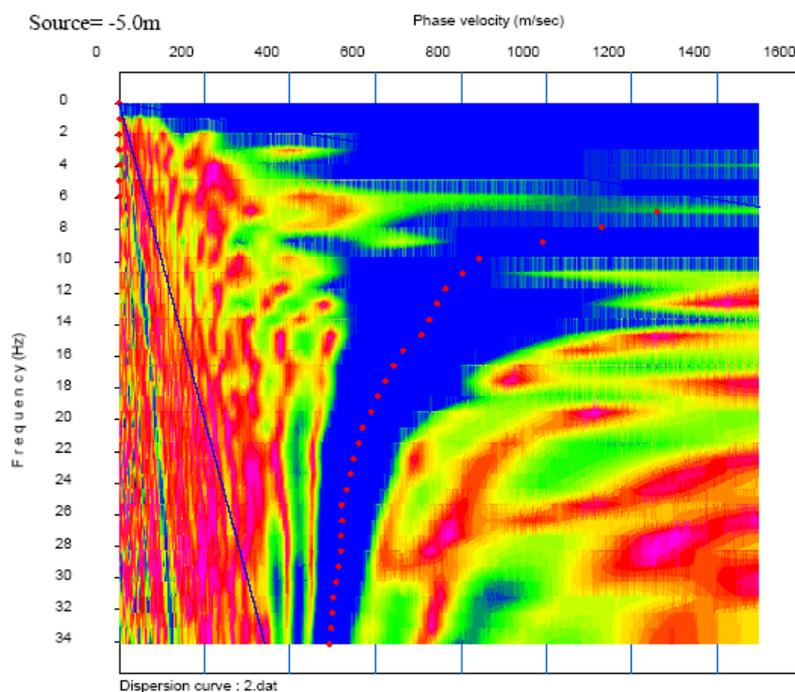
I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati con un software dedicato che ha reso possibile la ricostruzione, per ogni sito, di un profilo di Vs/profondità sufficientemente attendibile.

Di seguito vengono illustrati i risultati sperimentali relativi ai 5 siti d'indagine che hanno consentito di condurre le verifiche di 2° livello descritte in relazione.

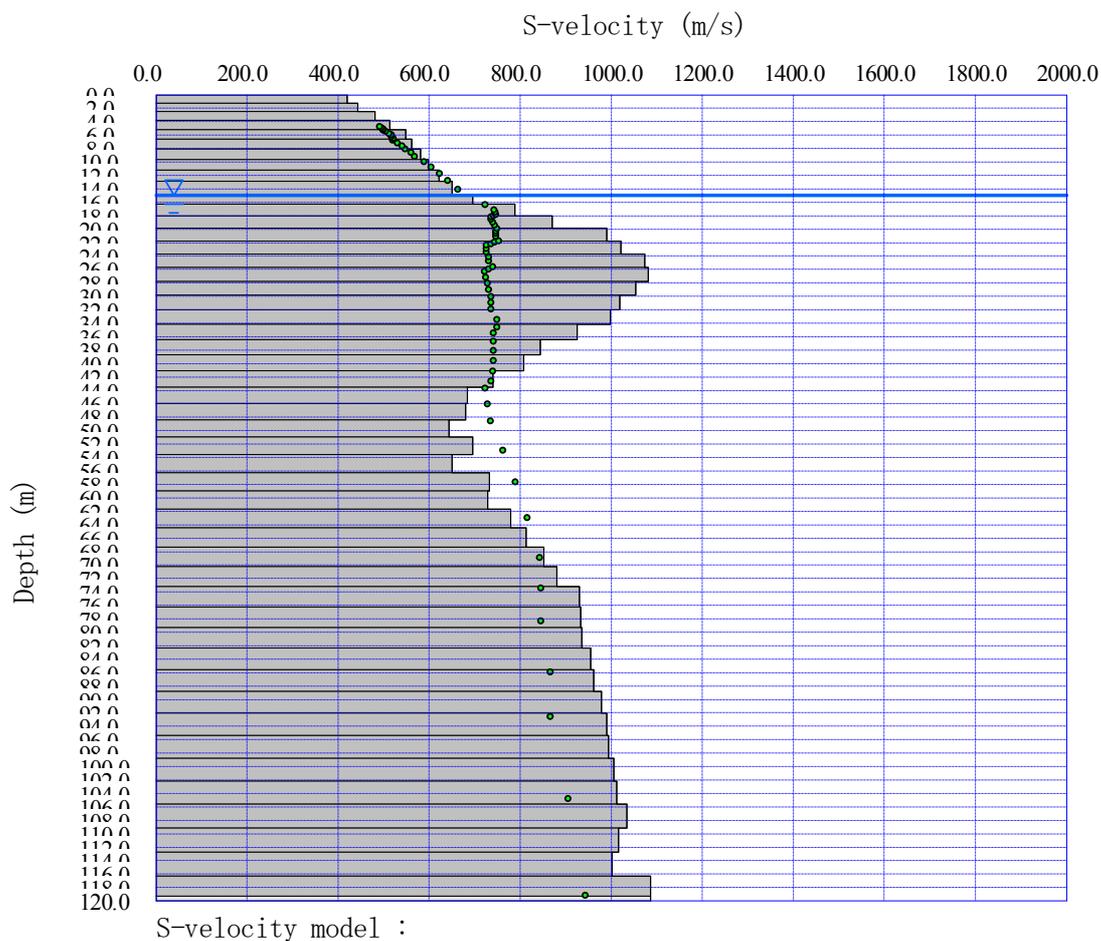
SITO A (Giardini comunali vicino scuole)



Curva di dispersione REMI



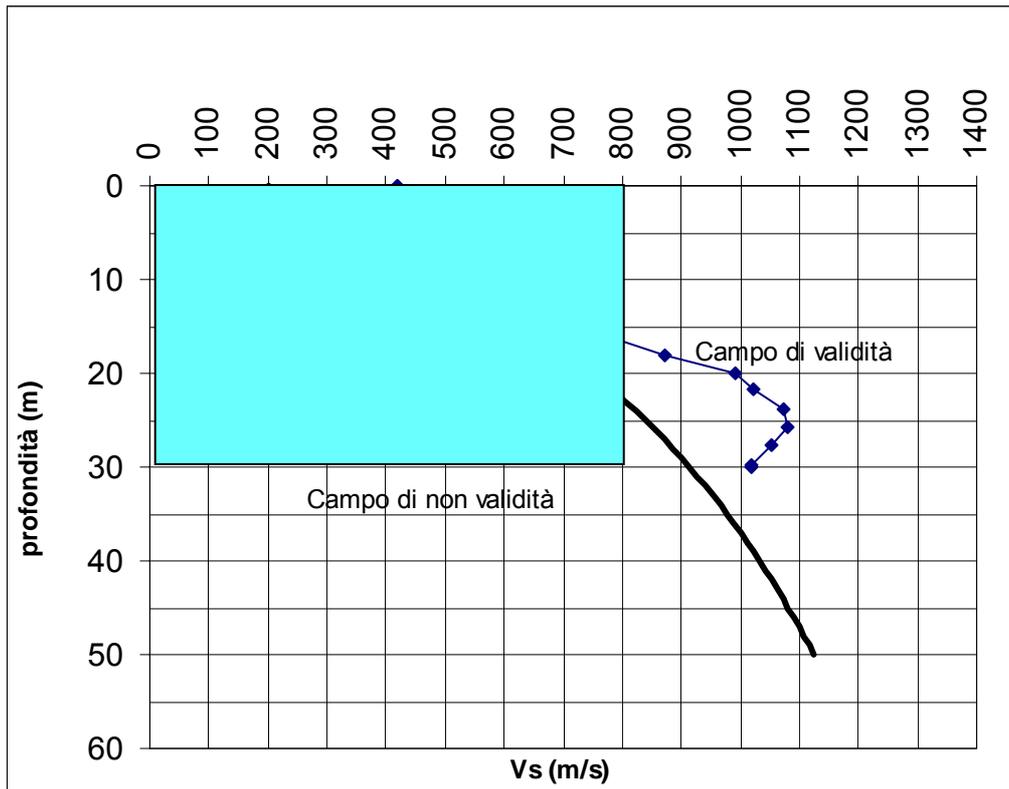
Curva di dispersione MASW



Profilo interpretativo più rappresentativo

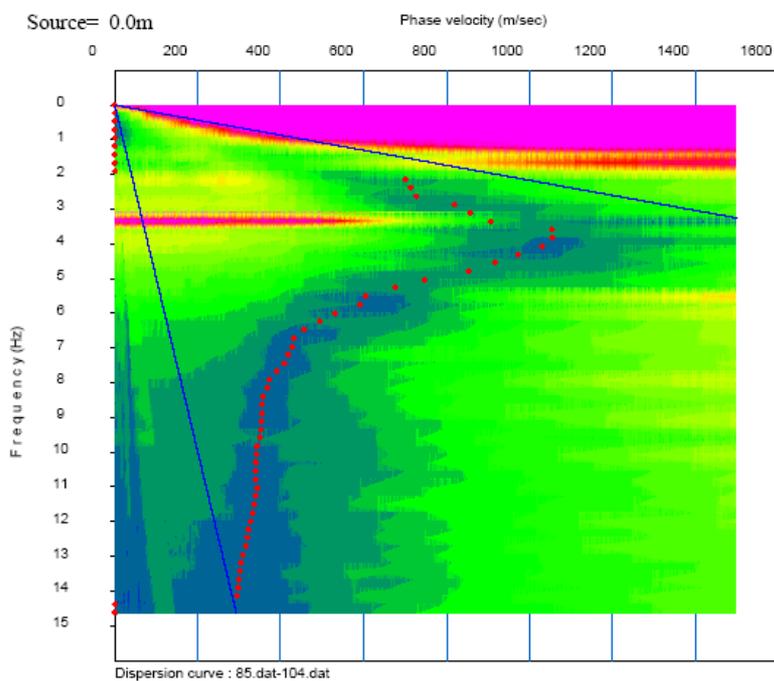
Prof.tà (m)	Vs (m/s)
0,00	420,37
1,22	443,86
2,50	481,29
3,83	513,49
5,21	548,30
6,63	561,36
8,11	581,38
9,65	598,78
11,23	622,28
12,86	651,00
15,00	696,26
16,28	788,69
18,07	870,32

19,90	990,88
21,79	1021,56
23,73	1072,98
25,72	1081,05
27,76	1053,92
29,85	1018,62
31,99	998,18
34,19	924,84
36,43	843,86
38,73	808,34
41,08	740,08
43,47	684,21
45,92	680,14
48,42	643,40
50,97	696,03
53,58	650,95
56,23	732,16
58,93	728,15
61,69	779,17
64,49	812,85
67,35	852,35
70,26	880,67
73,22	930,44
76,23	933,01
79,29	935,75
82,40	955,14
85,56	961,71
88,78	979,11
92,04	990,43
95,36	994,78
98,73	1005,22
102,14	1012,18
105,61	1033,94
109,13	1016,54
112,70	1002,10
116,33	1086,16
127,35	1147,66

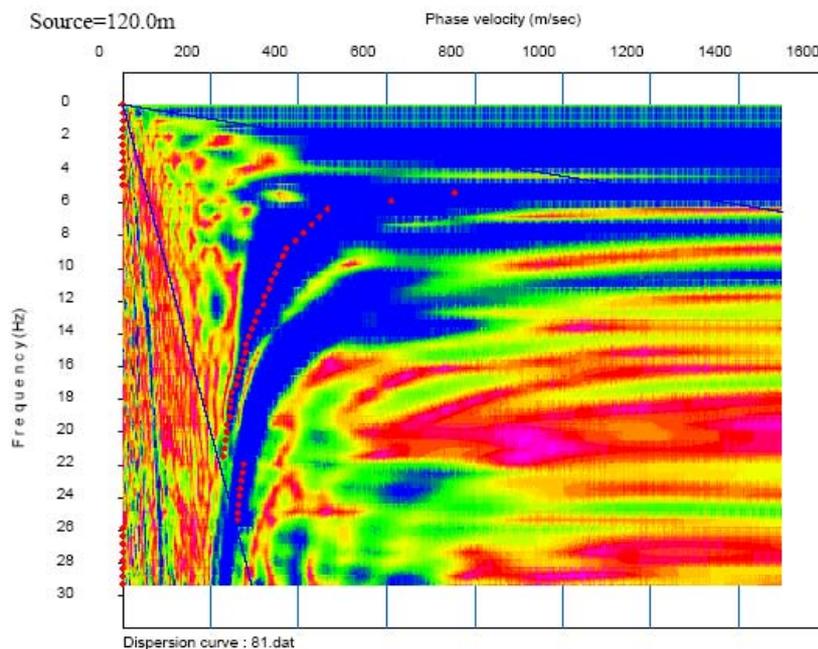


Curva Vs/z delle ghiaie

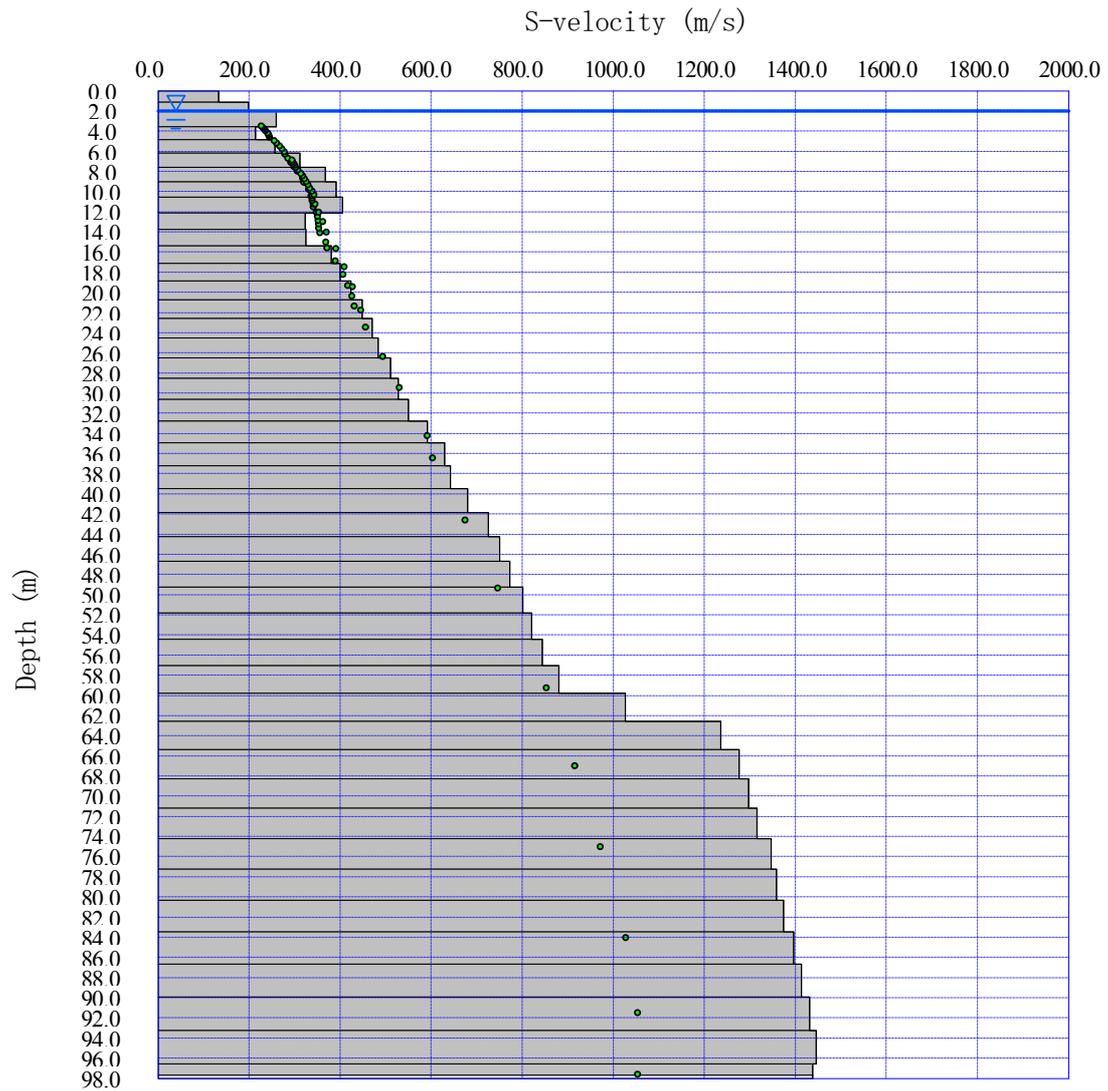
SITO B (pista ciclo-pedonale a nord campo sportivo)



Curva di dispersione REMI



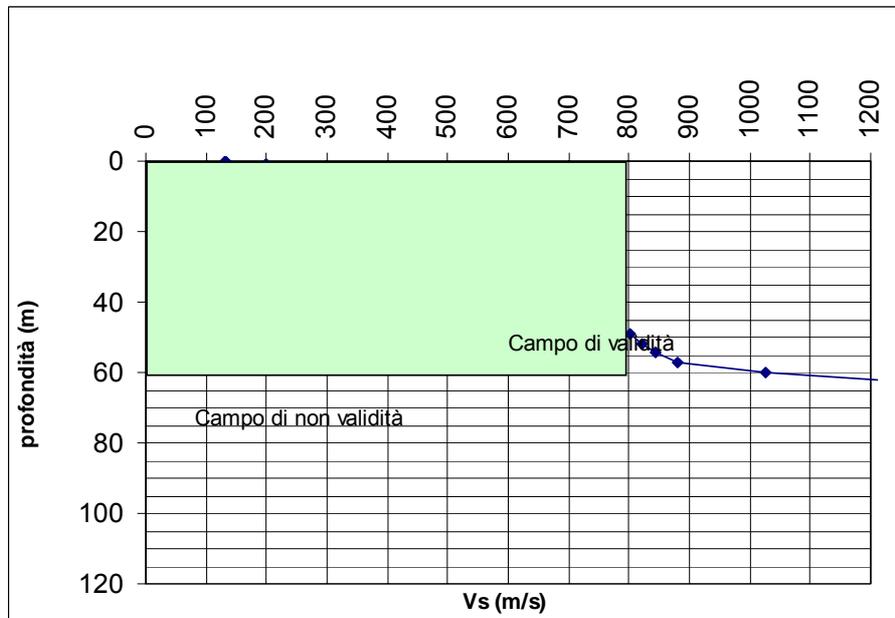
Curva di dispersione MASW



S-velocity model :

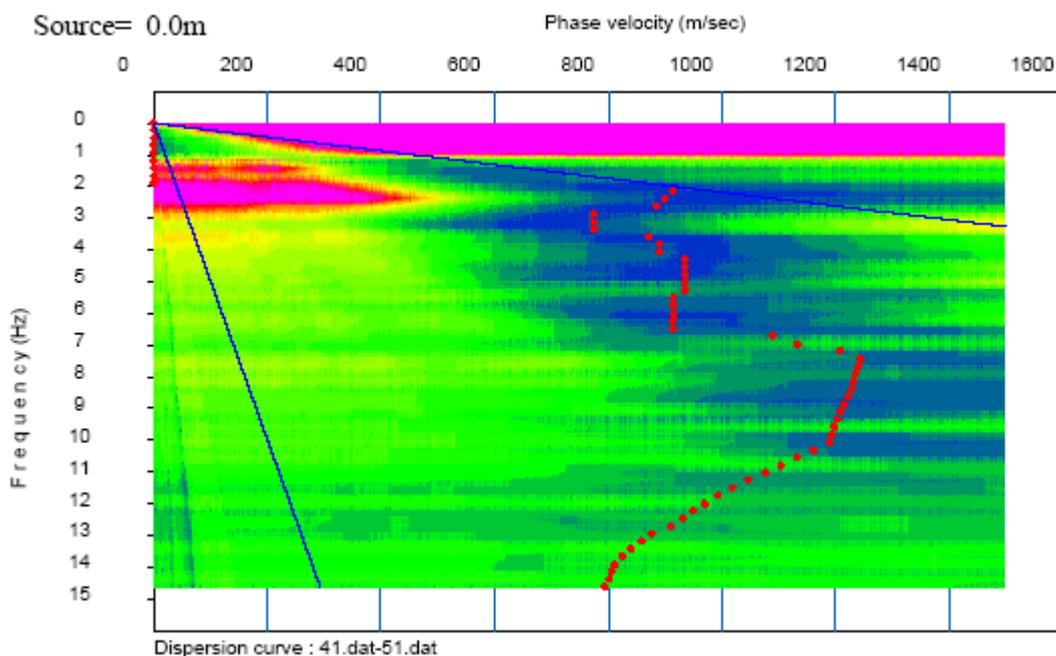
Profilo interpretativo più rappresentativo

Prof.tà (m)	Vs (m/s)
0,0	133,2
1,1	198,4
2,0	259,4
3,6	213,6
4,9	256,7
6,2	311,6
7,6	368,1
9,1	391,6
10,6	406,1
12,1	323,8
13,7	325,1
15,4	381,2
17,1	400,3
18,9	423,3
20,7	448,6
22,6	471,0
24,5	484,0
26,5	510,7
28,5	528,3
30,6	550,4
32,8	592,3
35,0	629,3
37,2	642,6
39,5	680,7
41,9	726,3
44,3	750,1
46,7	773,4
49,2	801,6
51,8	821,2
54,4	843,9
57,1	880,8
59,8	1026,2
62,6	1236,9
65,4	1277,3
68,3	1297,3
71,2	1315,8
74,2	1346,6
77,2	1358,2
80,3	1374,6
83,5	1396,8
86,7	1414,0
89,9	1432,1
93,2	1445,8
96,6	1438,6

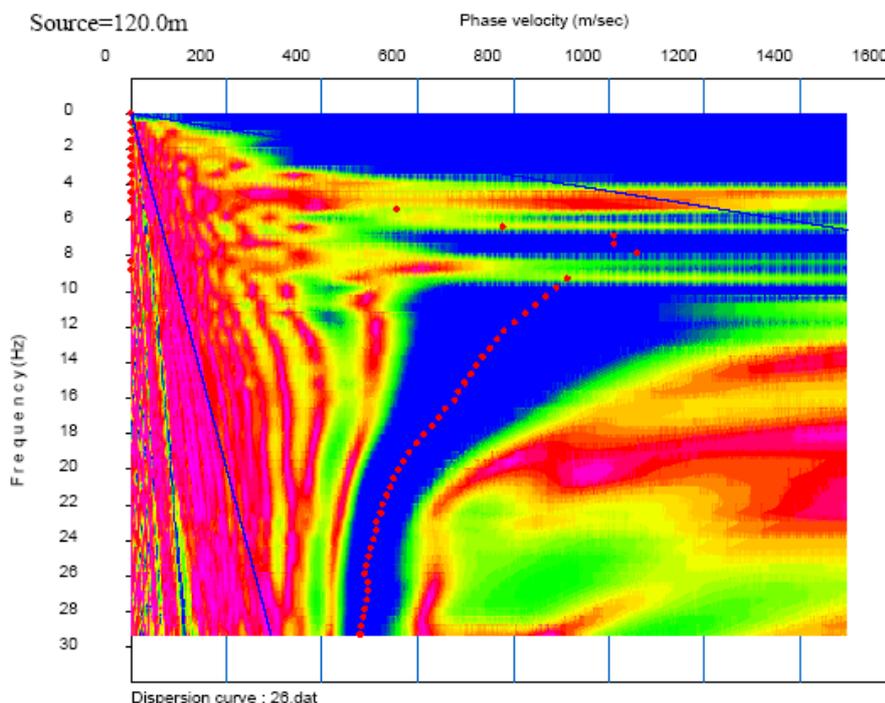


Curva Vs/z delle litologie sabbioso-limose (tipo2)

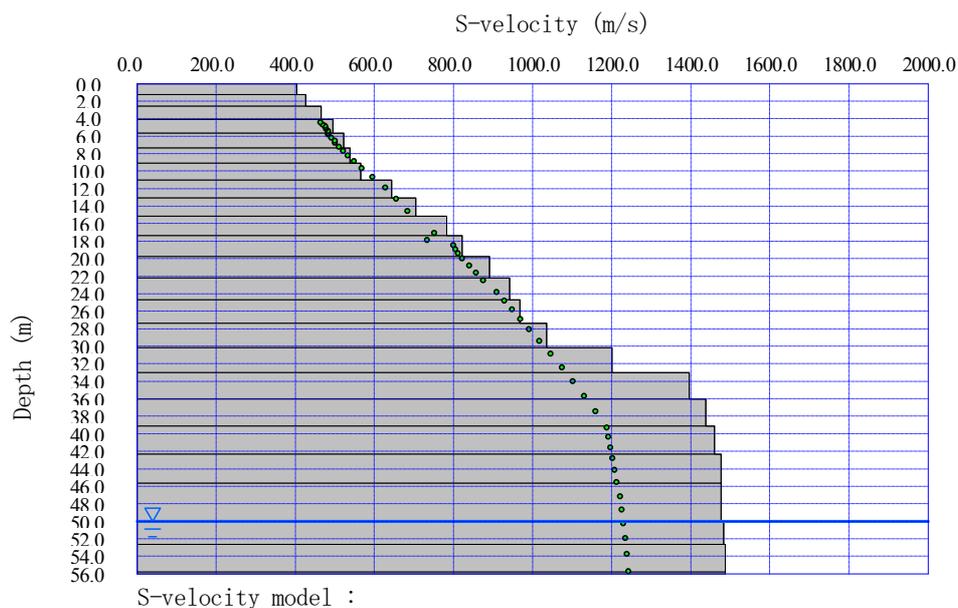
SITO C (a sud area industriale – su terreni naturali)



Curva di dispersione REMI

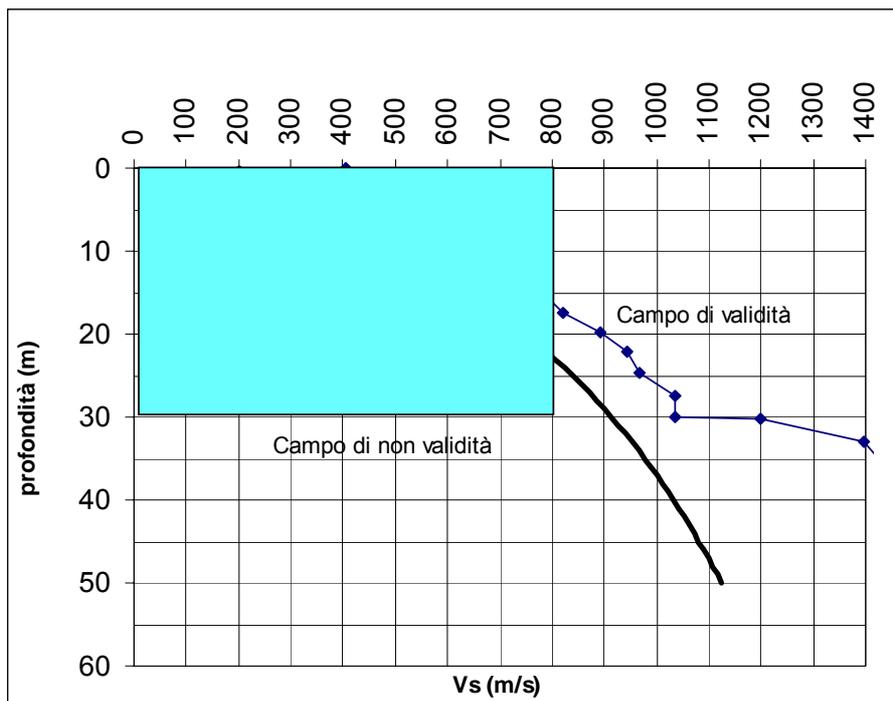


Curva di dispersione MASW



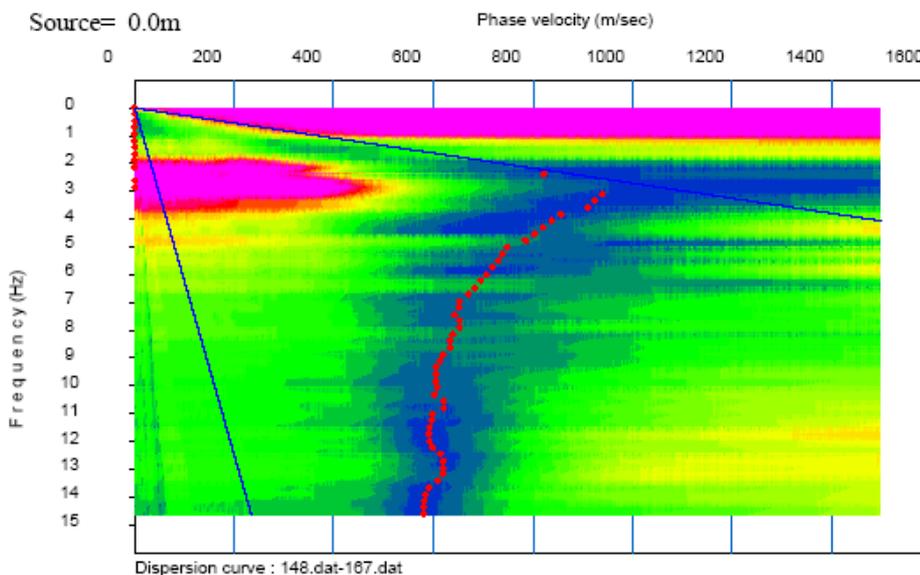
Profilo interpretativo più rappresentativo

Prof.tà (m)	Vs (m/s)
0,0	404,7
1,3	426,5
2,6	465,6
4,1	496,1
5,7	522,8
7,3	537,9
9,1	565,7
11,0	644,0
13,0	705,0
15,2	783,3
17,4	822,5
19,7	891,5
22,2	942,6
24,7	968,7
27,4	1035,7
30,2	1200,6
33,0	1396,6
36,0	1438,6
39,1	1460,4
42,3	1477,8
45,7	1477,8
50,0	1483,9
52,6	1488,3

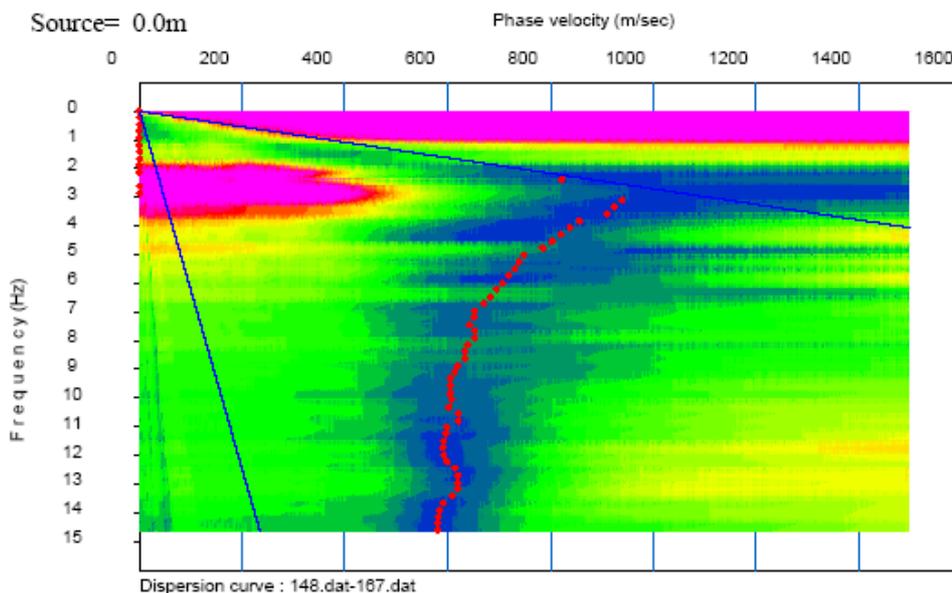


Curva Vs/z delle ghiaie

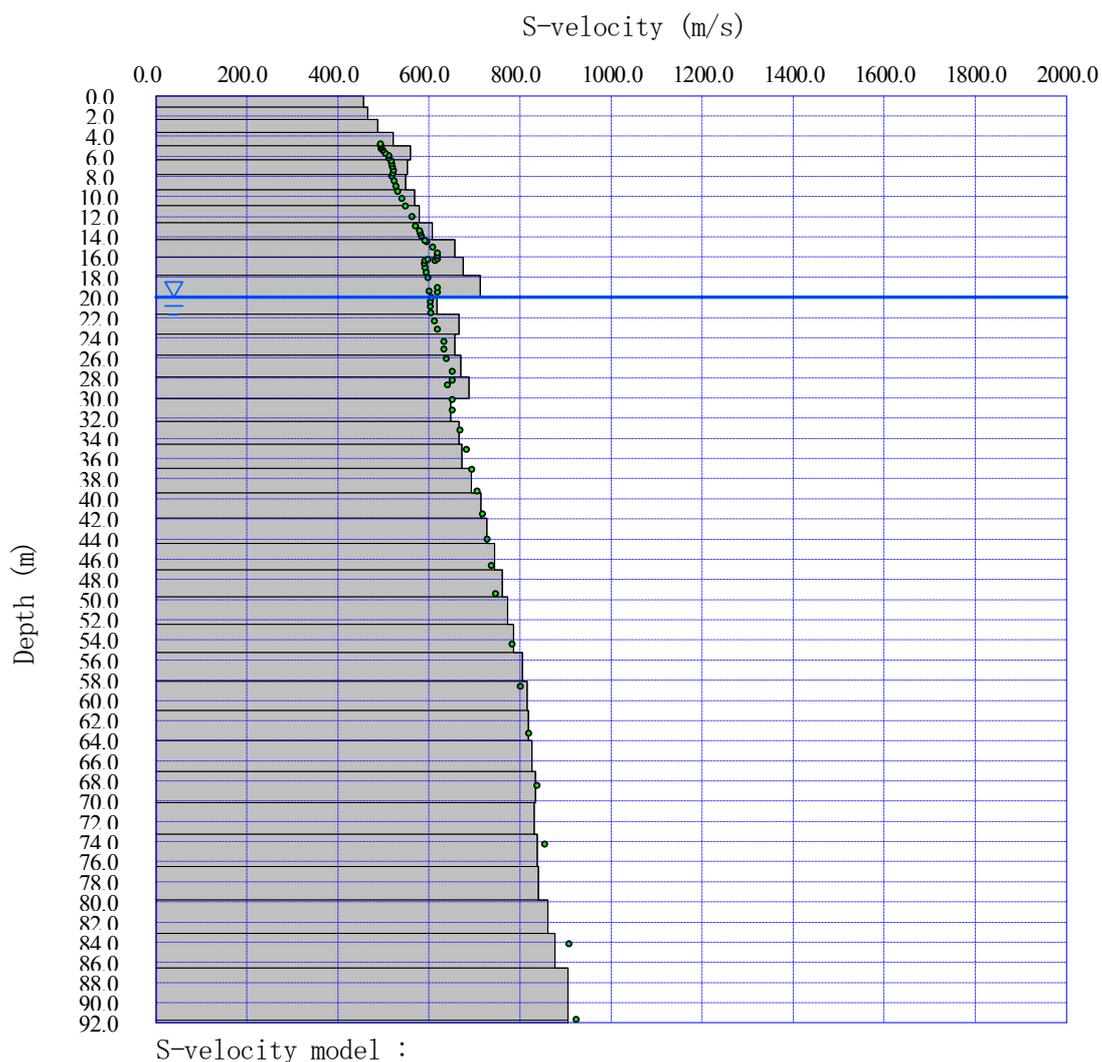
SITO D (a lato ex-ristorante La Vacherie)



Curva di dispersione REMI



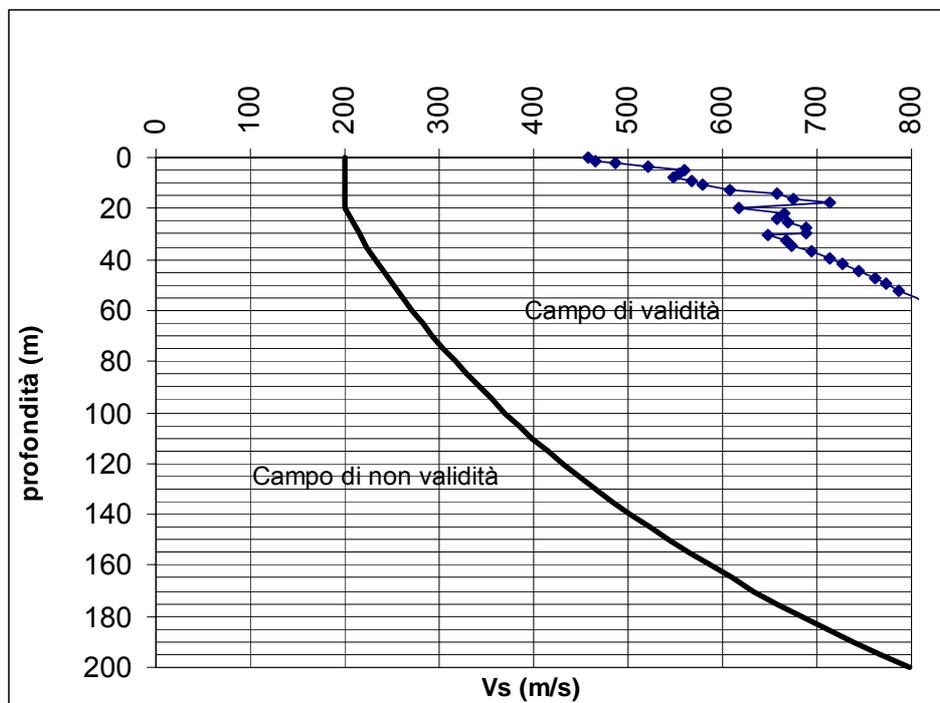
Curva di dispersione MASW



Profilo interpretativo più rappresentativo

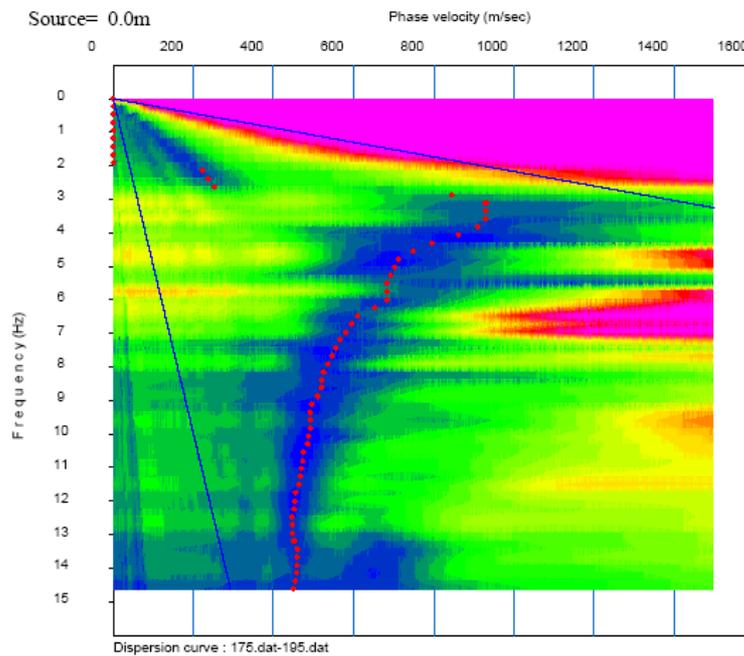
Prof.tà (m)	Vs (m/s)
0,0	456,9
1,2	465,6
2,4	487,4
3,6	521,8
5,0	559,5
6,4	553,1
7,8	548,6
9,4	568,2
10,9	578,5
12,6	607,7
14,3	657,1
16,0	674,5

17,9	713,4
20,0	617,3
21,7	665,4
23,7	656,9
25,7	670,1
27,9	687,6
30,1	648,3
32,3	666,5
34,6	672,2
37,0	693,7
39,4	714,1
41,9	726,7
44,5	744,1
47,1	761,5
49,7	772,8
52,5	785,9
55,3	805,0
58,1	816,4
61,0	818,1
64,0	826,8
67,0	833,8
70,1	831,2
73,3	838,1
76,5	839,9
79,8	861,6
83,1	877,3
86,5	905,1

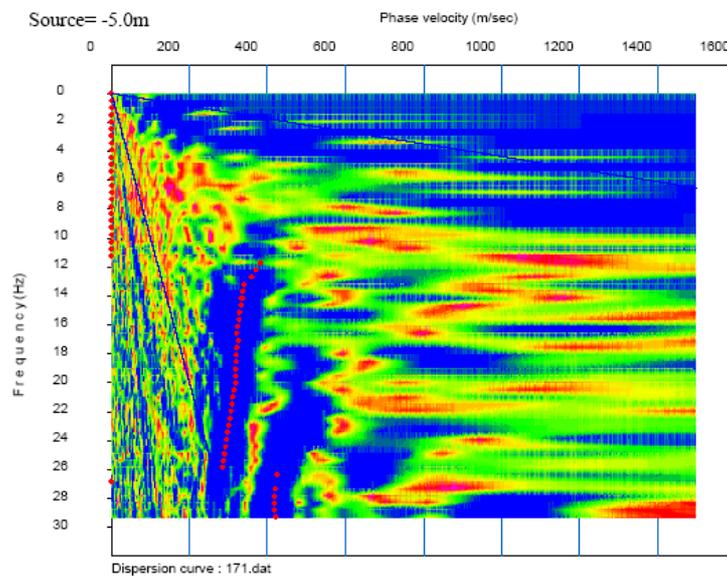


Curva Vs/z delle litologie sabbiose

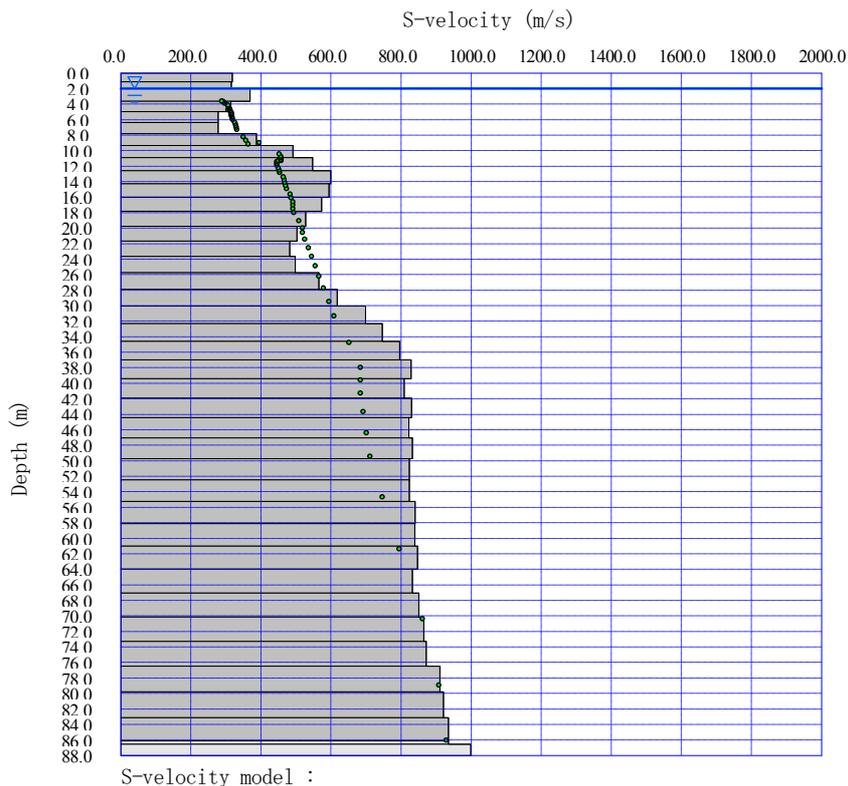
SITO E (a ovest ex-maneggio)



Curva di dispersione REMI



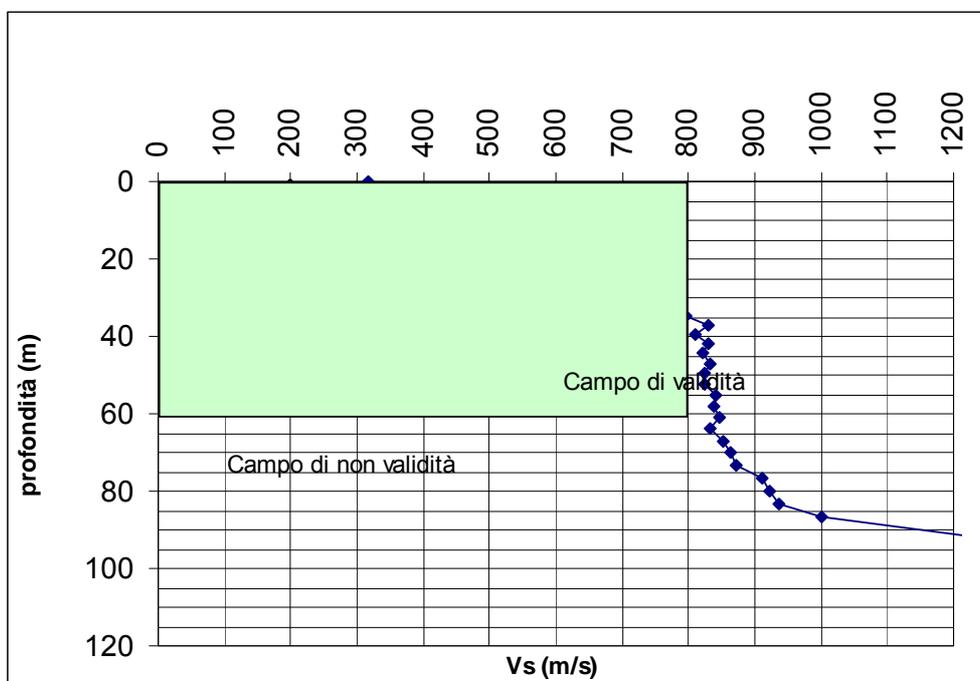
Curva di dispersione MASW



Profilo interpretativo più rappresentativo

Prof.tà (m)	Vs (m/s)
0,0	318,0
1,2	316,2
2,0	369,7
3,6	314,4
5,0	278,2
6,4	277,4
7,8	387,6
9,4	492,1
10,9	547,0
12,6	600,0
14,3	594,6
16,0	573,4
17,9	528,3
19,7	503,7
21,7	482,4
23,7	498,0
25,7	566,0
27,9	617,3
30,1	698,9
32,3	746,9
34,6	795,7
37,0	829,4

39,4	809,5
41,9	829,8
44,5	822,3
47,1	832,3
49,7	823,8
52,5	823,6
55,3	840,6
58,1	839,6
61,0	847,6
64,0	832,6
67,0	850,9
70,1	864,9
73,3	872,1
76,5	910,4
79,8	921,9
83,1	935,2
86,5	999,8



Curva Vs/z delle litologie sabbioso-limose (tipo2)

Allegato n.2

Definizione della categoria sismica di sottosuolo di fondazione

Per il comune di Brusaporto (cod. ISTAT: 03016042), la cartografia della pericolosità di base (vedi Albarello et alii, 2001; CD-ROM Rischio Sismico 2001 con aggiornamento classificazione sismica al 2003) indica i seguenti parametri di accelerazione convenzionale massima (Pga atteso) rispettivamente per tempi di ritorno di T=475 anni e T=975 anni.

PGA_475S	PGA_975S
0,12347	0,15923

Tali valori sono stati quindi ripresi ed aggiornati dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008 – vedi tabella n.1) che forniscono accelerazioni e relative forme spettrali per la valutazione delle azioni sismica di progetto (per vari tempi di ritorno) di ogni sito in funzione della sua longitudine e della sua latitudine (vedi tabella n.2 in relazione).

Tali valori sono stati riportati anche sulle schede di classificazione relative ai siti d'indagine e di seguito allegate.

Per la valutazione della categoria sismica del suolo di fondazione è necessario il calcolo del valore di $V_{s,30}$ che è stato ottenuto mediante la seguente espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{(i=1, N)} h_i / V_{si}} \quad [1]$$

Il valore del periodo fondamentale di vibrazione del terreno è stato calcolato mediante la seguente espressione:

$$T_0 = \frac{4 * \sum_{(i=1, N)} h_i}{\sum_{(i=1, N)} (V_{si} * h)_i / (\sum_{(i=1, N)} h_i)} \quad [2]$$

dove: h_i e V_{si} indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}\%$,) dello strato i -esimo per il totale degli N strati riconosciuti nei primi 30 metri di sottosuolo a partire dalla superficie per la prima formula e considerando tutta la successione stratigrafica sino al raggiungimento del bedrock-like, per la seconda formula.

Le tabelle sottostanti indicano la categoria sismica di sottosuolo di fondazione ed i parametri dello spettro di risposta elastico di normativa. Come è possibile constatare, in base ai valori di V_s desunti dalle indagini geofisiche effettuate, il terreno rientra nella “categoria B” per quattro dei cinque siti di indagine. Il sito B risulta in “categoria C”.

CLASSIFICAZIONE DEL SITO secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)	
Località:	Brusaporto Sito A
Metodo di indagine:	RE.MI.+ MASW
Strumentazione utilizzata:	Sismografo Geode, 24 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione:	Rumore naturale + mazza da 5 kg
Geometria dello stendimento:	lineare con 24 geofoni - interasse 5 m
VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)	
659,3	
Dati i risultati, il sito in esame risulta rispondere alla categoria di suolo di tipo: (si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori di ag e del coeff. S _s)	
B	
Classificazione sismica della zona	
3	
Vita nominale (V _N)	50
Classe d'uso / (C _U)	2
Periodo di riferimento (V _R)	(V _R =C _U •V _N)
50	
Probabilità di superamento (P _{VR})	allo SLC
0,05	
Periodo di ritorno (T _{VR}), valori 30≤T _{VR} ≤2475a _t	T _{VR} =V _R /(ln(1-P _{VR}))
975	
vedi tabella n.1 (allegato b) - Tr (anni)	
30	
50	
101	
475	
975	
2475	
accel. orizz.le max di norma per il sito in questione ag (in frazioni di g (m/sq)/ 9,	0,033
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F ₀ (-)	2,422
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T _c * (sec)	0,201

Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	
		S _s	C _c
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V _{s30} > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1	1
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s oppure di N _{sp30} >50 o Cu ₃₀ >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F ₀ •(a _g /g)≤1,2	1,1•(T _c ⁺) ^{-0,2}
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s oppure di 15<N _{sp30} <50 o 70<Cu ₃₀ <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F ₀ •(a _g /g)≤1,5	1,05•(T _c ⁺) ^{-0,33}
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} <180 m/s oppure di N _{sp30} <15 o Cu ₃₀ <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F ₀ •(a _g /g)≤1,8	1,25•(T _c ⁺) ^{-0,5}
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30>800 m/s)	1,0≤2,0-1,1•F ₀ •(a _g /g)≤1,6	1,15•(T _c ⁺) ^{-0,4}
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V _{s30} <100 m/s (oppure con 10<Cu ₃₀ <20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	necessarie specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche	
S2	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.		

con S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica e C_c = coefficiente in funzione della categoria del sottosuolo

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

CLASSIFICAZIONE DEL SITO secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)						
Località:	Brusaporto Sito B					
Metodo di indagine:	RE.MI.+ MASW					
Strumentazione utilizzata:	Sismografo Geode, 24 canali, 24 bits					
Metodo di energizzazione:	Rumore naturale + mazza da 5 kg					
Geometria dello stendimento:	lineare con 24 geofoni - interasse 5 m					
VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)						
333,3						
Dati i risultati, il sito in esame risulta rispondere alla categoria di suolo di tipo: (si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori di ag e del coeff. S _s)						
C						
Classificazione sismica della zona						
3						
Vita nominale (V _N)	50					
Classe d'uso / (C _U)	2					
Periodo di riferimento (V _R)	(V _R =C _U •V _N) 50					
Probabilità di superamento (P _{VR})	allo SLC 0,05					
Periodo di ritorno (T _{VR}), valori 30≤T _{VR} ≤2475a _r	T _{VR} =-V _R /(ln(1-P _{VR})) 975					
vedi tabella n.1 (allegato b) - Tr (anni)						
	30	50	101	475	975	2475
accel. orizz.le max di norma per il sito in questione ag (in frazioni di g (m/sq)/ 9,81(r	0,033	0,044	0,063	0,125	0,162	0,218
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F _o (-)	2,421	2,418	2,402	2,425	2,477	2,520
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T _c * (sec)	0,202	0,228	0,249	0,270	0,276	0,290

Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	
		S _s	C _c
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V _{s30} > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1	1
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s oppure di N _{spt30} >50 o C _{u30} >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F _o •(a _g /g)≤1,2	1,1•(T _c ⁺) ^{-0,2}
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s oppure di 15<N _{spt30} <50 o 70<C _{u30} <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F _o •(a _g /g)≤1,5	1,05•(T _c ⁺) ^{-0,33}
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} <180 m/s oppure di N _{spt30} <15 o C _{u30} <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F _o •(a _g /g)≤1,8	1,25•(T _c ⁺) ^{-0,5}
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30>800 m/s)	1,0≤2,0-1,1•F _o •(a _g /g)≤1,6	1,15•(T _c ⁺) ^{-0,4}
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V _{s30} <100 m/s (oppure con 10<C _{u30} <20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	necessarie specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche	
S2	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.	necessarie specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche	

con S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica e C_c = coefficiente in funzione della categoria del sottosuolo

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

CLASSIFICAZIONE DEL SITO secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)						
Località:	Brusaporto Sito C					
Metodo di indagine:	RE.MI.+ MASW					
Strumentazione utilizzata:	Sismografo Geode, 24 canali, 24 bits					
Metodo di energizzazione:	Rumore naturale + mazza da 5 kg					
Geometria dello stendimento:	lineare con 24 geofoni - interasse 5 m					
VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)						
663,5						
Dati i risultati, il sito in esame risulta rispondere alla categoria di suolo di tipo: (si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori di ag e del coeff. S _e)						
B						
Classificazione sismica della zona						
3						
Vita nominale (V _N)	50					
Classe d'uso / (C _U)	2 1					
Periodo di riferimento (V _R) (V _R =C _U •V _N)	50					
Probabilità di superamento (P _{VR})	allo SLC 0,05					
Periodo di ritorno (T _{VR}), valori 30≤T _{VR} ≤2475anni (T _{VR} =-V _R /ln(1-P _{VR}))	975					
vedi tabella n.1 (allegato b) - Tr (anni)						
	30	50	101	475	975	2475
accel. orizz.le max di norma per il sito in questione ag (in frazioni di g (m/sq)/ 9	0,033	0,043	0,063	0,124	0,161	0,217
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F ₀ (-)	2,421	2,427	2,407	2,424	2,476	2,518
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T _c * (sec)	0,201	0,225	0,248	0,270	0,275	0,289

Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	
		S _e	C _c
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V _{s30} > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1	1
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s oppure di N _{spt30} >50 o C _{u30} >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F ₀ •(a _g /g)≤1,2	1,1•(T _c [*]) ^{-0,2}
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s oppure di 15<N _{spt30} <50 o 70<C _{u30} <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F ₀ •(a _g /g)≤1,5	1,05•(T _c [*]) ^{-0,33}
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} <180 m/s oppure di N _{spt30} <15 o C _{u30} <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F ₀ •(a _g /g)≤1,8	1,25•(T _c [*]) ^{-0,5}
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30>800 m/s)	1,0≤2,0-1,1•F ₀ •(a _g /g)≤1,6	1,15•(T _c [*]) ^{-0,4}
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V _{s30} <100 m/s (oppure con 10<C _{u30} <20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	necessarie specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche	
S2	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.		

con S_e = coefficiente di amplificazione stratigrafica e C_c = coefficiente in funzione della categoria del sottosuolo

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

CLASSIFICAZIONE DEL SITO secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)						
Località:	Brusaporto Sito D					
Metodo di indagine:	RE.MI.+ MASW					
Strumentazione utilizzata:	Sismografo Geode, 24 canali, 24 bits					
Metodo di energizzazione:	Rumore naturale + mazza da 5 kg					
Geometria dello stendimento:	lineare con 24 geofoni - interasse 5 m					
VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)						
558,6						
Dati i risultati, il sito in esame risulta rispondere alla categoria di suolo di tipo: (si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori di ag e del coeff. S _e)						
B						
Classificazione sismica della zona						
3						
Vita nominale (V _N)	50					
Classe d'uso / (C _U)	2 1					
Periodo di riferimento (V _R) (V _R =C _U •V _N)	50					
Probabilità di superamento (P _{VR})	allo SLC 0,05					
Periodo di ritorno (T _{VR}), valori 30≤T _{VR} ≤2475anni (T _{VR} =-V _R /(ln(1-P _{VR})))	975					
vedi tabella n.1 (allegato b) - Tr (anni)						
	30	50	101	475	975	2475
accel. orizz.le max di norma per il sito in questione ag (in frazioni di g (m/sq)/ 9	0,033	0,044	0,063	0,125	0,162	0,219
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F ₀ (-)	2,421	2,418	2,403	2,425	2,477	2,520
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T _c * (sec)	0,202	0,227	0,249	0,270	0,276	0,290

Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	
		S _e	C _c
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V _{s30} > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1	1
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s oppure di N _{spt30} >50 o C _{u30} >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F ₀ •(a _g /g)≤1,2	1,1•(T _c [*]) ^{-0,2}
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s oppure di 15<N _{spt30} <50 o 70<C _{u30} <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F ₀ •(a _g /g)≤1,5	1,05•(T _c [*]) ^{-0,33}
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} <180 m/s oppure di N _{spt30} <15 o C _{u30} <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F ₀ •(a _g /g)≤1,8	1,25•(T _c [*]) ^{-0,5}
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30>800 m/s)	1,0≤2,0-1,1•F ₀ •(a _g /g)≤1,6	1,15•(T _c [*]) ^{-0,4}
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V _{s30} <100 m/s (oppure con 10<C _{u30} <20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	necessarie specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche	
S2	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.		

con S_e = coefficiente di amplificazione stratigrafica e C_c = coefficiente in funzione della categoria del sottosuolo

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

CLASSIFICAZIONE DEL SITO secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)	
Località:	Brusaporto Sito E
Metodo di indagine:	RE.MI.+ MASW
Strumentazione utilizzata:	Sismografo Geode, 24 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione:	Rumore naturale + mazza da 5 kg
Geometria dello stendimento:	lineare con 24 geofoni - interasse 5 m
VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)	
424,9	
Dati i risultati, il sito in esame risulta rispondere alla categoria di suolo di tipo: (si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori di ag e del coeff. S _s)	
B	
Classificazione sismica della zona	
3	
Vita nominale (V _N)	50
Classe d'uso / (C _U)	2 1
Periodo di riferimento (V _R) (V _R =C _U •V _N)	50
Probabilità di superamento (P _{VR})	allo SLC 0,05
Periodo di ritorno (T _{VR}), valori 30≤T _{VR} ≤2475anni (T _{VR} =V _R /(ln(1-P _{VR})))	975
vedi tabella n.1 (allegato b) - Tr (anni)	
	30 50 101 475 975 2475
accel. orizz.le max di norma per il sito in questione ag (in frazioni di g (m/sq)/g)	0,033 0,043 0,062 0,123 0,160 0,215
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F ₀ (-)	2,422 2,432 2,410 2,423 2,475 2,518
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T _c * (sec)	0,201 0,225 0,248 0,270 0,275 0,289

Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	
		S _s	C _c
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V _{s30} > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1	1
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s oppure di N _{sp130} >50 o Cu ₃₀ >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F ₀ •(a _g /g)≤1,2	1,1•(T _c *) ^{-0,2}
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s oppure di 15<N _{sp130} <50 o 70<Cu ₃₀ <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F ₀ •(a _g /g)≤1,5	1,05•(T _c *) ^{-0,33}
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} <180 m/s oppure di N _{sp130} <15 o Cu ₃₀ <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F ₀ •(a _g /g)≤1,8	1,25•(T _c *) ^{-0,5}
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30>800 m/s)	1,0≤2,0-1,1•F ₀ •(a _g /g)≤1,6	1,15•(T _c *) ^{-0,4}
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V _{s30} <100 m/s (oppure con 10<Cu ₃₀ <20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	necessarie specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche	
S2	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.		

con S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica e C_c = coefficiente in funzione della categoria del sottosuolo

Figura n. 3 Schede riassuntive di classificazione del sottosuolo secondo la normativa nazionale.

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Brusaporto (Bergamo)

Analisi della pericolosità sismica locale

ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008