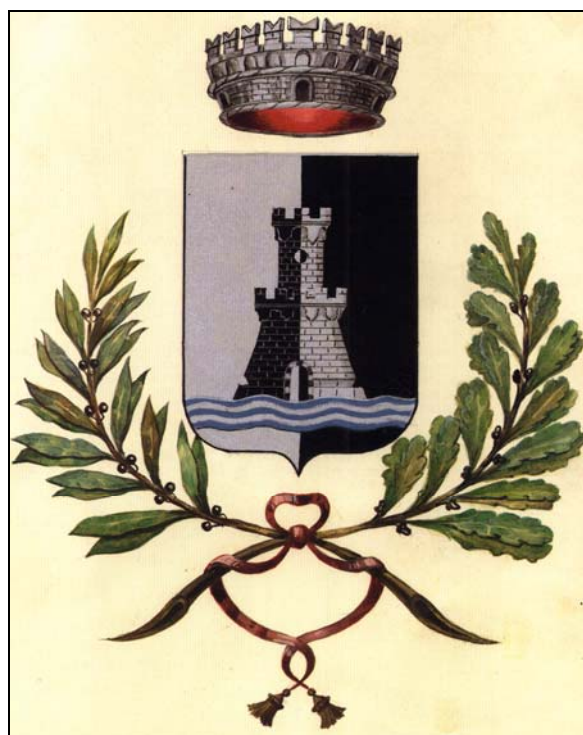


COMUNE DI SUISIO

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA
DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

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



**ADEGUAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL P.G.T.**
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 e s.m.i.

INDICE

1. COMPONENTE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE	2
1.1. Premessa	2
1.2. Terremoto di riferimento (imput sismico)	4
1.3. Analisi di primo livello	11
1.3.1. Metodologia analisi di primo livello	11
1.3.2. Risultati analisi di primo livello	12
1.4. Analisi di secondo livello	14
1.4.1. Metodologia analisi di secondo livello	14
1.4.2. Risultati analisi di secondo livello	20
1.5. Prescrizioni per gli scenari di pericolosità sismica locale	28
2. CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI	31
3. CARTA DI SINTESI O DELLA PERICOLOSITA'	41
4. NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE E CARTA DI FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO	45
5. CARTA DEL QUADRO DI DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI	56

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.

Bergamo, aprile 2009

Aggiornamento: Agosto 2012

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

1

COMUNE DI SUISIO
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT
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 e s.m.i.

1. COMPONENTE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

1.1. 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”, la D.G.R. n. 8/7374 del 28/05/2008 e la successiva D.G.R. del 30/11/2011, 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 Suisio è provvisto di componente geologica del territorio comunale redatta dal sottoscritto nel ottobre 1997 – aprile 1998. Lo studio ha ottenuto un primo parere con richiesta di adeguamento da parte della competente Struttura Geologia per la Pianificazione con lettera prot. Z1-2002-28931 del 25/06/2002 ed un secondo parere favorevole della competente Struttura Geologia per la Pianificazione, con lettera prot. Z1-2003-10782 del 05/03/2003.

L’Amministrazione comunale di Suisio, alla luce di alcune modificazioni del territorio indotte da recenti interventi antropici, ha richiesto l’aggiornamento della documentazione di “Adeguamento dello studio geologico prodotta nel 2009”. Affinché le rappresentazioni cartografiche tematiche fossero più aderenti alla situazione morfologica/urbanistica attuale, l’Amministrazione Comunale, ha fornito l’aereofotogrammetrico comunale aggiornato al 2012 (esclusivamente per quanto riguarda l’edificato).

L’aggiornamento dello studio geologico del 1998 ha comportato la stesura di una nuova cartografia dei vincoli, di sintesi e della fattibilità oltre alla stesura della carta di proposta di aggiornamento del Quadro del dissesto PAI.

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 degli effetti di sito e del fenomeno di amplificazione sismica locale.

La metodologia regionale prevede 3 livelli di studio a crescente grado di approfondimento, si passa rispettivamente dal 1° livello, dove ci si limita all’individuazione delle aree potenzialmente sensibili dal punto di vista dell’aspetto sismico, al 2° e 3° livello, dove viene effettuata una valutazione dell’effetto di amplificazione sismica (risposta sismica locale) in corrispondenza delle aree sensibili

individuate nella prima fase d'indagine. La valutazione del fattore di amplificazione è di tipo semi-quantitativo per il secondo livello e di tipo quantitativo per il terzo.

Nel caso del comune di **Suisio**, comune classificato in **zona sismica 4** (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 (individuazione delle aree sensibili potenzialmente soggette a fenomeni di amplificazione sismica oppure a fenomeni indotti dall'evento - effetti cosismici). Tali aree sono riportate sulla **tavola n.1** allegata allo studio.

L'effettuazione del successivo **2° livello** di approfondimento per i comuni classificati in zona sismica 4 è discrezionale; tuttavia l'Amministrazione Comunale di Suisio ha ritenuto utile effettuare verifiche di secondo livello in corrispondenza di **due** siti campione.

I risultati ottenuti sono riportati sulla carta di **tavola n.2**.

Le verifiche di secondo livello si sono limitate a quelle aree edificate o di prossima edificazione, che l'analisi di primo livello aveva identificato come aree stabili ma soggette a possibili fenomeni di amplificazione topografica e morfologica.

Per i comuni già dotati di studio geologico ai sensi della ex-l.r. 41/97, la delibera regionale sopra citata, prevede l'esclusiva valutazione della pericolosità sismica locale ad integrazione allo 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 adeguamento dovrà essere inserito, assieme **Relazione Geologico Tecnica** (Componente Geologica, aprile 1998) redatta ai sensi della L.R. 41/97, nel "**Documento di Piano**" del Piano di Governo del Territorio (l.r.12/2005, art.8 comma 1, lettera c)) laddove si definisce l'assetto geologico, idrogeologico e sismico ai sensi dell'art.57 comma 1, lettera a);
- nel **Piano delle Regole** del Piano di Governo del Territorio (l.r.12/2005, art.8 comma 1, lettera d) deve essere contenuto quanto previsto nell'art.57 comma 1 lettera b) e in particolare l'individuazione delle aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, nonché le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate

indirizzando così le future scelte di pianificazione urbanistica..

Pertanto vi saranno comprese: la **Carta dei Vincoli** (tavola n.3, aggiorn. 2012), la **Carta di Sintesi** (tavola 4, aggiorn. 2012); la **Carta di Fattibilità geologica delle azioni di Piano** e relative **Norme e Prescrizioni geologiche di attuazione** (tavola 5, aggiorn. 2012) oltre alle **“Prescrizioni analisi sismica”** contenute nel presente documento unitamente alla **Carta di Pericolosità Sismica Locale** (tavola n.1).

Lo studio in questione, mira quindi ad una prima valutazione della pericolosità sismica locale che rappresenta 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'input sismico delle strutture esistenti. La vulnerabilità è la variabile più difficilmente quantificabile. Gli elementi fondamentali che condizionano 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 (fenomeni di risonanza dei terreni e di doppia risonanza terreno-edifici) delle onde sismiche dovute principalmente a condizioni locali di tipo geologico-geotecnico e di tipo topografico.

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

1.2. Terremoto di riferimento (imput sismico)

Per 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 Suisio,) 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 CPT104	descrizione	contenuto	Codice CPT199	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 CPT199	Ma	Magnitudo media (calibrata a Ms)
Das	Errore associato alla stima di Mas	fino al 1980 coincide con Da di CPT199	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 Ms>5.5: Msp=Ms per Ms≤5.5: Msp=(Ms+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 CPT199		--	

CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI

CPTI04 - Risultato dell'interrogazione per parametri

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

Area circolare con centro C (45.658, 9.501) 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	Nnt	Ncpt	
27	DI	1065	3	27	6			Brescia	CFTI	6	80	70	M	45.55	10.22	A	5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	907	G	90	248	27	
43	DI	1197						Brescia	CFTI	8	65	65		45.55	10.22	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	907	G	107		43	
47	DI	1222	12	25	11			Basso bresciano	CFTI	40	90	85	M	45.48	10.68	A	6.05	0.13		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	5.11	0.12		4.71	0.18		4.91	0.17	911	G	119	516	59	
74	DI	1303	3	22	23			PIACENZA	DOM	1	55	55		45.052	9.693	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	911	G			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	A			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	
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			165	
212	CP	1512	2	8				CHIAVENNA	VGL91			60		46.3	9.367		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36					212	
219	DI	1521	1	26	10	30		BRESCIANO	DOM	1	60	60		45.55	10.217	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	907	G			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			2011	221		
235	CP	1540	9	1				BRESCIA	POS85			60		45.533	10.217		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	907	G			235	
271	CP	1576	9	26	6			BERGAMO	POS85			60		45.667	9.667		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	907	G			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			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			302	
322	CP	1623	2	20				CHIESA	VGL91			60		46.3	9.767		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	903	G			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			346	
365	DI	1661	3	12				Montecchio	CFTI	8	75	70		45.73	10.07	A	5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	907	G	261	286	365	
411	DI	1693	7	6	9	15		GOITO	DOM	13	70	70		45.28	10.644	A	5.27	0.14		4.95	0.21		5.13	0.19	906	G			411	
511	DI	1738	11	5	30			PARMA	DOM	10	70	70		44.906	10.028	A	5.40	0.20		5.15	0.30		5.31	0.28	913	G			511	
583	CP	1771	8	15				SARNICO	POS85			60		45.667	10		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	907	G			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			620	
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			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			686	
694	DI	1802	5	22	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	
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			761	
776	DI	1828	10	9	2	20		Valle dello Staffora	CFTI	105	80	75		44.82	9.05	A	5.67	0.08		5.55	0.12		5.55	0.12	911	G	375	523	776	
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		BAGNOLO MELLA	POS85			60		45.5	10.167		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	907	G			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		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	903	G			882	
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			956	
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			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			1076	
1082	DI	1882	9	18	19	25		Monte Baldo	CFTI	7	70	70		45.72	10.77	A	5.17	0.30		4.80	0.45		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			1099	
1103	DI	1885	2	26	20	48		SCANDIANO	DOM	78	60	60		45.208	10.169	A	5.22	0.10		4.88	0.15		5.06	0.14			622	1103		
1131	CP	1887	5	20	4	12		OGGIONO	POS85			55		45.833	9.4		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19			301	1131		
1180	DI	1891	12	22				SONDRIO	DOM	7	55	55		46.139	9.829	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	903	A			2050	1180
1181	DI	1892	1	5				GARDA OCC.	DOM	100	75	65		45.591	10.482	A	4.96	0.12		4.49	0.18		4.70	0.17	906	G			267	1181
1217	DI	1894	11	27				FRANCIACORTA	DOM	168	65	65		45.568	10.192	A	4.95	0.08		4.48	0.12		4.69	0.11	907	G			292	1217
1245	CP	1895	11	2	6	30		SOMMA LOMBARDO	POS85			55		45.667	8.75		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19			2057	1245		
1305	DI	1898	11	16				SALO'	DOM	23	60	55		45.636	10.458	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	906	G			269	1305
1353	DI	1901	10	30	14	49	58	Salò	CFTI	191	80	80		45.58	10.5	A	5.67	0.07		5.55	0.11		5.55	0.11	906	G	457	270	1353	
1523	CP	1910	1	23	1	50		PONTE DELL'OLIO	POS85			55		44.9	9.633		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	911	G			525	1523
1664	CP	1918	1	13	12			LODI	POS85			45		45.333	9.5		4.86	0.14		4.34	0.21		4.56	0.19	911	A			2086	1664
1672	DI	1918	4	24	14	21		LECCESE	DOM	34	60	60		45.778	9.631	A	5.07	0.07		4.66	0.11		4.86	0.10	907	A			293	1672
1674	DI	1918	7	19	19	3		SALO'	DOM	8	40	40		45.326	10.438	A	4.58	0.14		3.92	0.21		4.17	0.19	906	G			271	1674
1698	CP	1919	9	16	2	18	37	SVIZZERA	POS85			50		46.4	10		4.68	0.14		4.08	0.21		4.32	0.19	903	G			364	1698
1696	DI	1919	11	23	1	50		BRESCIANO	DOM	9	45	40		45.656	10.245	A	4.78	0.14		4.23	0.21		4.46	0.19	907	G			294	1696
1792	DI	1927	8	13	57			ALTA ENGADINA	DOM	19	50	55		46.274	9.698	A	4.79	0.05		4.24	0.08		4.47	0.07	903	A			365	1792
1854	DI	1931	4	14	22	13		GIUDICARIE	DOM	160	60	60		45.973	10.665	A	4.89	0.09		4.38	0.13		4.60	0.12			272	1854		
1872	DI	1932	2	19	12	57	11	Monte Baldo	CFTI	21	80	75		45.63	10.73	A	5.01	0.10		4.56	0.15		4.77	0.14	906	G	500	273	1872	
1889	CP	1934	3	23	1	46	50	PISOGNE	POS85			55		45.8	10.1		4.63	0.11		4.00	0.16		4.25	0.15	907	A			295	1889
1995	DI	1945	6	29	15	37	13	Valle dello Staffora	CFTI	31	75	75		44.83	9.13	A	5.15	0.11		4.78	0.17		4.97	0.16	911	G	509	527	199	

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 i comuni della Lombardia è già stata effettuata dal Politecnico di Milano (p.c. della Regione Lombardia).

Sono stati individuati gli eventi relativi a sorgenti sismiche compatibili con le caratteristiche sismogenetiche del territorio lombardo (ZS9), che prevedono un **meccanismo prevalentemente compressivo, con profondità comprese tra 8-12 km** (Gruppo di Lavoro, 2004 *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003*), **caratterizzati da una magnitudo massima attesa di 5.5 e distanze variabili tra 5 e 80 km** (Spallarossa e Barani, 2007).

Il territorio regionale è stato suddiviso in fasce omogenee caratterizzate da diversa severità sismica. In particolare sono state individuate **8 fasce** (il comune di Suisio ricade in **fascia 5**) nelle quali i comuni presentano diversi valori di accelerazione massima attesa al suolo (Gruppo di Lavoro, 2004) e valori dell'ordinata spettrale massima (NTC 2008) compresi in un range del $\pm 10\%$ rispetto al valore medio del valore di accelerazione $A_{g_{orif}}$ di riferimento. Per la scelta degli accelerogrammi relativi agli eventi sismici si è avvalso della banca dati accelerometrica degli eventi italiani "ITACA" (Luzi L., Sabetta F., 2006). Utilizzando gli accelerogrammi presenti nella banca dati, sono state selezionate le registrazioni caratterizzate da picchi di accelerazione più simili alle **massime accelerazioni orizzontali attese** in modo da limitare al massimo l'operazione di scalatura degli accelerogrammi stessi.

Per ogni fascia di severità sismica sono stati estratti pertanto 5 accelerogrammi naturali (o registrati) compatibili come previsto dalla normativa (D.M. 14/01/2008).

Nella banca dati regionale sono disponibili rispettivamente:

- 5 accelerogrammi naturali 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 accelerazione atteso nell'area di studio;
- i valori di soglia (S) relativi ad ogni comune lombardo valutati, rispetto allo spettro di norma, per i due intervalli di periodo fondamentale 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 (FA) determinato effettuando l'analisi di secondo livello o di terzo livello;

COMUNE	Intervallo di periodo T in sec	Valori soglia per cat. Sottosuolo			
		B	C	D	E
Suisio	0.1 - 0.5	1,4	1,9	2,2	2,0

COMUNE	Intervallo di periodo T in sec	Valori soglia per cat. Sottosuolo			
		B	C	D	E
Suisio	0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

Tabella n. 1 Valori di soglia aggiornati al 28/05/2008 (Regione Lombardia).

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

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 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 Suisio nei punti oggetto d'indagine sismica (per normali edifici residenziali).

Comune di Suisio
Da Spettri - NTC (vers. 1.0.3)
Consiglio Superiore Lavori Pubblici
per edifici con Vn=50 anni e Cu=1

Sito A	lat	45,4964	long	9,65354
	Tr (anni)	Ag [g]	Fo (-)	Tc* (s)
Operatività (SLO)	30	0,025	2,482	0,185
Danno (SLD)	50	0,033	2,499	0,208
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,085	2,490	0,276
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,113	2,467	0,285

Tr (anni)	Ag [g]	Fo (-)	Tc* (s)
30	0,025	2,482	0,185
50	0,033	2,499	0,208
72	0,038	2,524	0,220
101	0,044	2,494	0,238
140	0,051	2,488	0,244
201	0,060	2,503	0,262
475	0,085	2,490	0,276
975	0,113	2,467	0,285
2475	0,156	2,498	0,291

Sito B	lat	45,6565	long	9,51008
	Tr (anni)	Ag [g]	Fo (-)	Tc* (s)
Operatività (SLO)	30	0,025	2,479	0,187
Danno (SLD)	50	0,033	2,498	0,209
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,086	2,484	0,276
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,114	2,465	0,284

Tr (anni)	Ag [g]	Fo (-)	Tc* (s)
30	0,025	2,479	0,187
50	0,033	2,498	0,209
72	0,038	2,521	0,220
101	0,045	2,488	0,238
140	0,052	2,485	0,245
201	0,061	2,496	0,261
475	0,086	2,484	0,276
975	0,114	2,465	0,284
2475	0,158	2,499	0,290

Tabella n. 2 Parametri di spettro (NTC). Con Tr= tempo di ritorno; a_g=accelerazione orizzontale massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento 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 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. Tali modificazioni inducono talora effetti di superficie tali da risultare 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 litostratigrafia 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. Queste particolari 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 questi fenomeni 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 e degli edifici soprastanti.

1.3. Analisi di primo livello

1.3.1. 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 come 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.

SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
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	
Z2a	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	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 topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	
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 tratto dalla normativa regionale.

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 delle Azioni di Piano aggiornata (**tavola 5**) contenuta nel presente studio.

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 successivo livello d'indagine.

Secondo quanto previsto dalla normativa regionale per in comuni ricadenti in zona 4, le verifiche di **2° livello** appaiono obbligatorie, in **fase pianificatoria** nelle zone a PSL Z3 e Z4, per i soli edifici strategici e rilevanti (ai sensi della d.g.r. n.14964/2003, vedi elenco tipologico di cui alla d.d.u.o. n.19904/2003) fermo restando la facoltà dei comuni di estendere l'applicazione di tale livello di verifica, anche ad altre categorie di edifici.

In **fase progettuale** le verifiche di **3° livello**, risultano obbligatorie 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, oltre che per le zone PSL Z1, Z2 e Z5 (sempre per gli edifici strategici e rilevanti).

1.3.2. Risultati analisi di primo livello

Come detto sopra la carta di PSL del comune di Suisio, 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.

Pertanto complessivamente sono stati individuati i seguenti scenari a PSL:

- **Zone Z1a:** corrispondono alle aree dove sono stati individuati movimenti franosi attivi;
- **Zone Z1b:** corrispondono alle aree dove sono stati segnalati movimenti di scivolamento quiescenti;
- **Zone Z1c:** corrispondono alle aree di scarpata acclivi dove sono presenti terreni fini limoso argillosi oppure terreni granulari sciolti facilmente rimobilizzabili;
- **Zone Z2a:** corrispondono alle aree dove sono stati individuati consistenti riporti di terreno eterogenei e poco addensati che possono essere suscettibili di cedimenti-assesamenti in seguito ad un evento sismico. (es: vecchio depuratore e le aree di riporto del ex-piano di cava);
- **Zone Z3a:** corrispondono alle zona di ciglio di scarpata che limita ad ovest il Pianalto e quella che delimita sempre verso ovest il Livello Fondamentale della Pianura (L.F.D.P.) sul

12

Cañon del fiume Adda;

- **Zone Z4a:** sono le zone di fondovalle/pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

Nel caso di Suisio vale per tutta la superficie del “**Pianalto**” e per i “**terrazzi fluvioglaciali**” più recenti presenti nel settore ovest del territorio comunale. All’interno di tale zona si possono distinguere **due “aree tipo”** corrispondenti alle due unità fisiografiche sopracitate che si differenziano essenzialmente per le diverse caratteristiche granulometriche (diverso comportamento geotecnico) dei terreni che li costituiscono: prevalente fini e coesivi per la prima unità; da fini a grossolani e di natura incoerente per la seconda unità.

Tali litofacies sono riconoscibili a partire dal piano campagna sino alla sommità del conglomerato del Ceppo del Brembo alla base:

- **Zona a prevalente componente limoso-argilloso-sabbiosa:**

In corrispondenza del Pianalto, a partire dalla superficie sono presenti limi argillosi, limi sabbiosi, sino alla profondità massima di circa 3 metri. Seguono terreni limoso-argillosi debol. ghiaiosi sino ad almeno 10 metri di profondità. Oltre tale profondità crescono sia la frazione sabbiosa che quella ghiaiosa sino a circa 25 metri di profondità, dove s’incontra mediamente la sommità del conglomerato. Tali terreni, durante un evento sismico particolarmente intenso, potrebbero essere soggetti a importanti fenomeni di assestamento/cedimenti.

- **Zona a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa:**

Al di sotto di una coltre di diversi metri di spessore, di prevalenti limi con sabbie e sabbie limose sciolte, si assiste ad un graduale incremento con la profondità della frazione ghiaiosa e del grado di addensamento sino alla profondità massima di 15 metri dove si incontra la sommità del conglomerato del Ceppo del Brembo. Questi terreni risultano da sciolti a poco addensati.

In entrambi le situazioni sopradescritte la falda è situata a notevole profondità (>15 metri).

- il fondo del piano di cava (non attiva) adiacente al fiume è invece costituito da depositi naturali granulari grossolani sciolti
- **Zona Z4b** corrisponde alla falda detritica sviluppatasi in corrispondenza della scarpata del Cañon dell’Adda.

Per le aree a pericolosità sismica locale (PSL) di tipo **Z4** interferenti con l’urbanizzato e/o con aree di prevista espansione urbanistica (siti campione), si è proceduto ad effettuare l’ulteriore approfondimento previsto dalla procedura regionale (**analisi di secondo livello** su 2 aree campione).

1.4. Analisi di secondo livello

1.4.1. Metodologia analisi di secondo livello

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

La verifica di secondo livello, con valutazione semi-quantitativa del valore di amplificazione sismica attesa in corrispondenza del sito in esame, 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;

Per il caso di Suisio, la presenza della scarpata morfologica della Valle dell'Adda ha comportato l'utilizzo della scheda effetti morfologici relativa allo scenario Scarpate (Z3a) in corrispondenza di alcune sezioni campione.

Per i due siti campione oggetto invece di indagini sismiche superficiali di tipo indiretto (MASW + Remi), essendo situati in aree pianeggianti, sono state utilizzate le sole schede effetti litologici.

Per individuare la “scheda effetti litologici” più adatta ai terreni presenti, 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;
- 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. 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, dovrà essere scelta

14

un'altra scheda che presenti un andamento delle Vs 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.

Il grado di precisione della metodologia di valutazione del fattore di amplificazione **f.a.**, attraverso la procedura regionale, consente di determinare un numero approssimato alla prima cifra decimale (errore del +0,1); ciò è legato ad un certo 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 risulta non sufficientemente cautelativo nei riguardi dell'amplificazione sismica realmente presente nel sito di studio.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- laddove il valore di Fa determinato tramite scheda, risulta **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 Fa determinato risulta **superiore** al valore di soglia corrispondente, lo spettro di normativa è da considerarsi insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale, quindi in fase di progettazione edilizia è necessario effettuare o le analisi più approfondite di 3° livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di spettro della normativa nazionale caratteristici della 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.

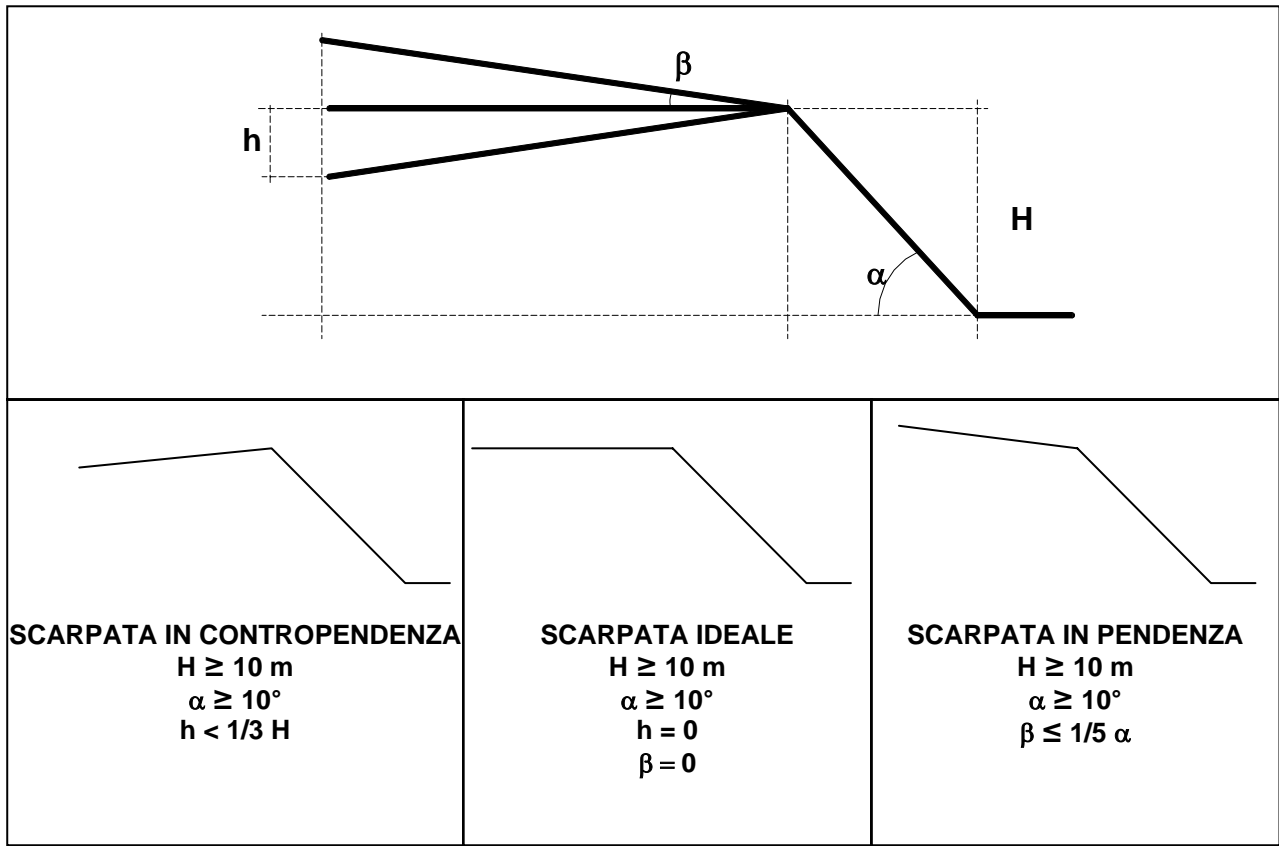
Al termine della fasi di analisi di secondo livello, in relazione ai risultati ottenuti dalle verifiche, sulla cartografia di tavola n.2 (carta della Classe di pericolosità sismica) è stata riportata

***Dott. Geol. Pedrali Carlo, via G. Crescenzi n. 65/L, 24123 Bergamo
Tel. 035/235559; Cell. 340/2392258***

l'ubicazione dei siti campione per la valutazione degli "effetti morfologici" e quella dei siti oggetto di valutazione "effetti litologici", distinguendo tra i casi ove è avvenuto il supero del valore di soglia (**indicati in rosso**) e quelli ove non si è verificato (**indicati in verde**), rispettivamente per i due intervalli di periodo di vibrazione considerati.

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

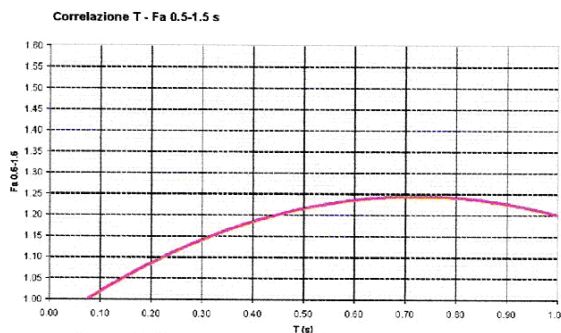
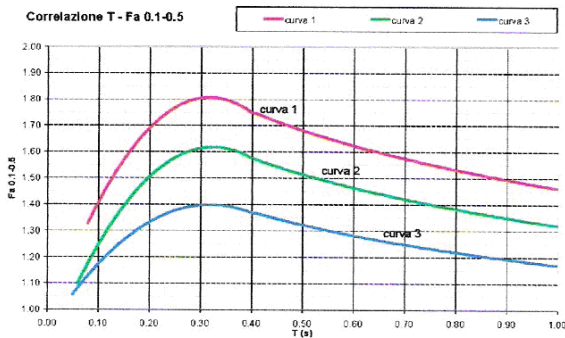
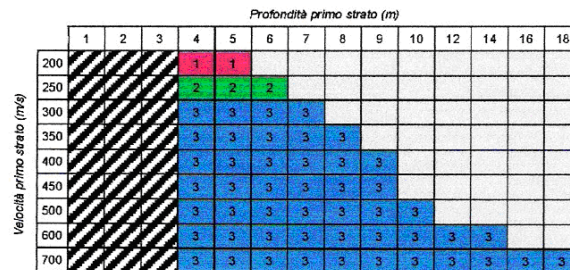
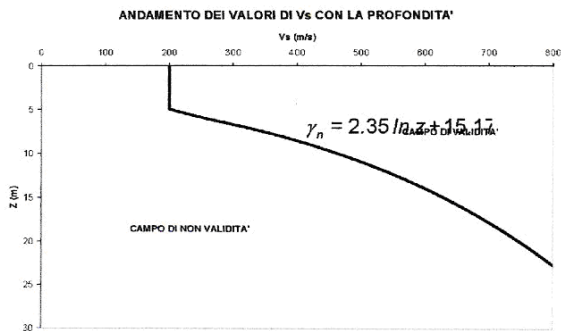
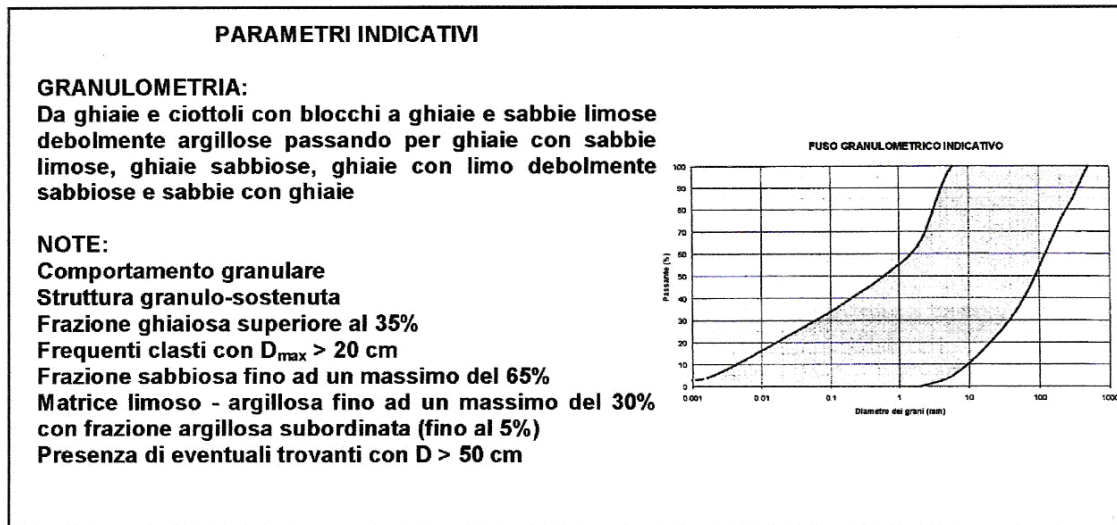
SCHEDA EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATE - SCENARIO Z3a



Schema identificativo valido solo per il periodo $T=0,1-0,5$ 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	

SCHEDA EFFETTI LITOLOGICI – SCENARIO Z4a – LITOLOGIA GHIAIOSA



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

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

Figura n.4

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

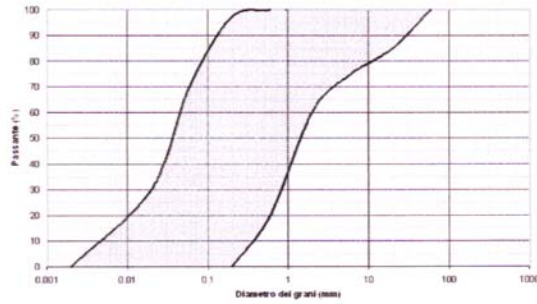
GRANULOMETRIA:

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

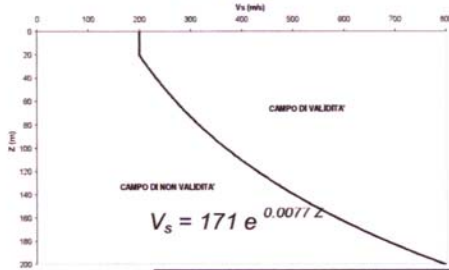
NOTE:

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



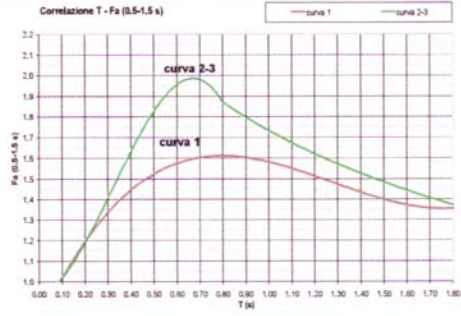
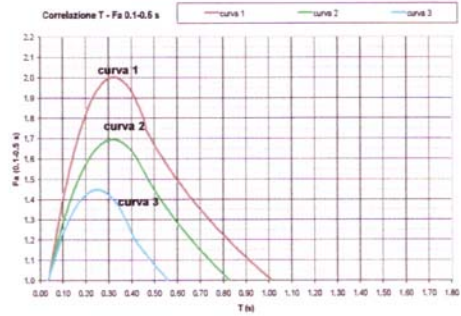
Profondità primo strato (m)	Profondità primo strato (m)																					
	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
300	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3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

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	5-12m



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	0.08 ≤ T ≤ 1.80
1	$F_{R_{0.515}} = 0.57 T^2 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T \leq 0.80$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{R_{0.515}} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$ $F_{R_{0.515}} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Figura n.5

COMUNE DI SUISIO
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT
in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 e s.m.i.

EFFETTI LITOLGICI – 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

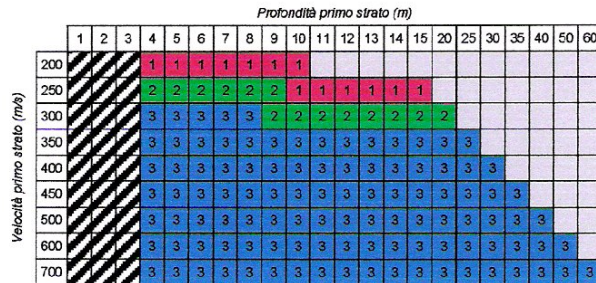
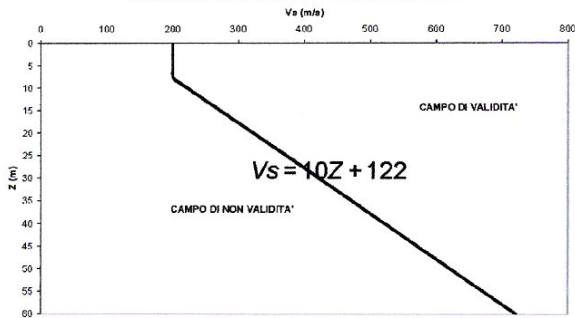
NOTE:
Comportamento coesivo
Frazione limosa ad un massimo del 95%
Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%

A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi

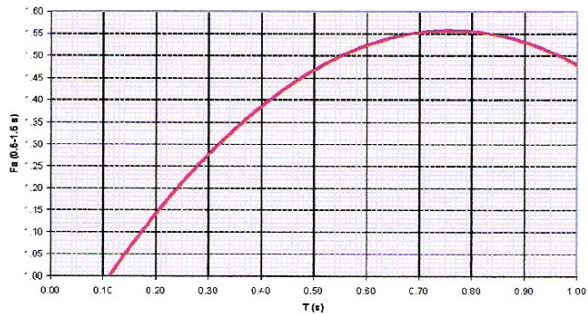
FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO

PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale	γ_t [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 nonlaminamento	C _i 0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondarie	C _s 0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N _{spt} 0-20

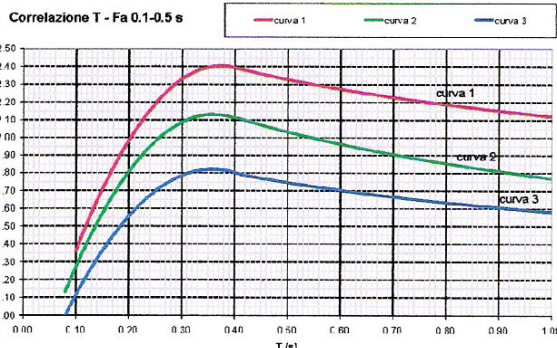
ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'



Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



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



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	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

1.4.2. Risultati analisi di secondo livello

COMUNE DI SUISIO
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT
in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 e s.m.i.

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 (classe di fattibilità 4)**. Inoltre per le aree a pericolosità sismica locale (PSL) Z1, 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 le zone **Z3a** e **Z4a** individuate in corrispondenza del comune di Suisio, si è proceduto ad effettuare le analisi di secondo livello nei siti campione.

1.4.2.1. Verifica di secondo livello - effetti morfologici

La metodologia indicata dalla normativa regionale, prevede che venga effettuata tra le altre, l'analisi delle creste rocciose appuntite o arrotondate con inclinazione del pendio sottostante maggiore o uguale a 10° e quella delle scarpate morfologiche in roccia, con altezza superiore o uguale a 10 metri e con inclinazione del fronte principale maggiore o uguale a 10°. Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una $V_s \geq 800$ m/s.

Vista la presenza di conglomerato cementato ($V_s \geq 800$ m/s) in corrispondenza del pendio che delimita il canjon dell'Adda, anche se discontinua e a diversa quota, sono state effettuate le verifiche morfologiche richieste dalla normativa. Cautelativamente tale verifica è stata fatta anche per un tratto di scarpata che delimita i due terrazzi fluvioglaciali (Pianalto e L.F.D.P.) anche se il conglomerato qui non affiora.

In corrispondenza di zone di scarpata con presenza a ridotta profondità del bedrock sismico, il fenomeno di amplificazione realmente verificabile è 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 quali analisi numeriche o rilievi strumentali.

Conseguentemente si è proceduto ad individuare sulla carta i tratti di scarpata che rispondono alle condizioni indicate nella **Scheda – Effetti Morfologici** e a sottoporre a verifica alcuni profili campione.

L'ubicazione dei profili di scarpata sottoposti a verifica, è riportata sulla carta di tavola 2. Per ognuna di essi, nella sottostante tabella n.4 è riportato il relativo valore di F.a. calcolato .

La valutazione del grado di protezione per gli scenari 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

Per individuare la categoria topografica nella quale ci si trova, 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 determinato, con il valore di St di norma, a meno di un'approssimazione di +0,1 per tener conto della variabilità del valore F.a. ottenuto dalla procedura semplificata (il valore fornito è indicativo per edifici ordinari e per valori di periodo 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 Fa è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;**
- ⇒ **il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa non è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di programmazione edilizia.**

Risultati verifiche lungo i profili topografici					
profilo	tipologia	F.a. calcolato	area influenza rispetto al ciglio (m)	St di norma	risultato confronto F.a.+0,1
P - 1	scarpata	1,10	12	1,2	adeguato
P - 2	scarpata	1,10	10	1,2	adeguato
P - 3	scarpata	1,10	11	1,2	adeguato
P - 4	scarpata	no scarpata	-	1,2	1,0
P - 5	scarpata	1,20	37,5	1,2	adeguato
P - 6	scarpata	1,20	32	1,2	adeguato
P - 7	scarpata	1,20	45,3	1,2	adeguato
P - 8	scarpata	1,20	37,3	1,2	adeguato
P - 9	scarpata	1,20	18	1,2	adeguato
P - 10	scarpata	1,20	22,5	1,2	adeguato
P - 11	scarpata	1,20	41,3	1,2	adeguato
P - 12	scarpata	1,20	42,6	1,2	adeguato
P - 13	scarpata	1,20	30,6	1,2	adeguato

Tabella n.4 Risultati verifiche morfologiche di secondo livello.

1.4.2.2. 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 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 2 indagini sismiche di tipo indiretto sia di tipo attivo (MASW) che di tipo passivo (Microtremori) ubicate, in accordo con l'ufficio tecnico comunale, in corrispondenza dell'area edificata e di possibile prossima espansione urbanistica.

Per la valutazione dei fattori di amplificazione (Fa) relativi agli effetti litologici, nel caso specifico di Suisio, cautelativamente sono state utilizzate: la "Scheda - Litologia Sabbiosa" per l'unità di Carvico (L:F.d.P.) e la "Scheda - Litologia Limoso-Sabbiosa TIPO 2" per l'Unità di Medolago che costituisce il Pianalto.

La scelta di tali schede per le valutazioni del F.a. è determinata dalle caratteristiche granulometriche che possiedono i depositi fluvio-glaciali del Pianalto e di quelli più recenti appartenenti all'Unità di Carvico e a quella di Cantù.

Allo stadio attuale, purtroppo risultano ancora limitate le conoscenze relative alla granulometria di questi depositi (assenza di campioni di terreno prelevati in profondità), pertanto si è seguito anche l'approccio indicato nell'allegato 5 della normativa regionale, di confrontare l'andamento del gradiente di Vs con la profondità rispetto al **campo di validità** del grafico proposto dalla normativa sulle varie schede utilizzate, in definitiva si è scelto quindi di utilizzare le schede sopracitate.

I dati così acquisiti hanno consentito di completare il quadro delle informazioni richieste dalle schede degli effetti litologici e di poter affermare che i terreni oggetto di verifica e presenti nel territorio di Suisio, al di sopra del cosiddetto bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s), sono inquadrabili dal punto di vista del comportamento geotecnico come:

- **terreni a comportamento granulare:** le litologie **sabbiose (ghiaiose)** dell'Unità di Carvico – Unità di Cantù;
- **terreni a comportamento prevalentemente coesivo:** le litologie **limoso-sabbiose (argillose)** dell'Unità di Medolago.

I terreni sottoposti a verifica ed appartenenti all'Unità di Carvico – Unità di Cantù ricadono nella **categoria di sottosuolo B**, i terreni appartenenti all'Unità di Medolago risultano appartenere alla **categoria di sottosuolo C** come evidenziato nell'allegato 2 alla relazione.

Le informazioni acquisite hanno consentito di ricostruire modelli geologico-geotecnici semplificati del sottosuolo, rappresentativi della sequenza stratigrafica in corrispondenza dei siti d'indagine geofisica.

Nell'impossibilità di effettuare indagini geognostiche ad hoc, sono stati utilizzati i dati stratigrafici derivanti perforazioni per pozzi e sondaggi. Si ritiene pertanto che l'attendibilità del dato sia da discreta a buona.

Di seguito sono riportati i valori dei parametri adottati per i 2 modelli interpretativi locali.

Sito A (zona sud-ovest abitato, terrazzi flgl recenti)

UNITA'	profondità m	litologia prevalente	Nspt	Peso volume t/mc	angolo attrito °	Cu kg/cmq	E' MPa	Eed MPa	μ	Vs m/s
1	0 - 4	sabbia fine limosa	3 - 6	1,7	22-24	0,3-0,7	2 - 7	1 - 3	0,35	150-250
2	4 - 7	sabbia fine debil. ghiaiosa	3 - 6	1,7-1,75	24-26	0,3-0,7	6 - 10	1 - 3	0,34	350
2	7 - 10	sabbia con ghiaia limosa	8 - 12	1,8	25-28		10 - 15		0,33	350
2	10 - 15	sabbie a variabile componente ghiaiosa	5 - 15	1,8-1,9	24-32		10 - 25		0,30-0,34	500-580
3	>15	Conglomerato alluvionale cementato (Ceppo del Brembo) con intercalazioni limoso-argillose sottili	-	2,2	-	-				>800

Sito B (zona est abitato – area industriale, Pianalto)

UNITA'	profondità m	litologia prevalente	Nspt	Peso volume t/mc	angolo attrito °	Cu kg/cmq	E' MPa	Eed MPa	μ	Vs m/s
1	1-3	Loess (limi argilloso debil. sabbioso)	1-4	1,6-1,7	19-22	0,1-0,4	-	0,5-3	0,35	150-200
2	3-5	Flgl alterato (limi argillosi sabbiosi debil. ghiaiosi con locali intercalazioni sabbioso-ghiaiose)	4-8	1,7-1,8	22-24	0,4-0,6	4-6	3-5	0,34	200-250
2	5-7/10	Flgl alterato (limi argillosi sabbiosi debil. ghiaiosi con locali intercalazioni sabbioso-ghiaiose)	8-15	1,8-1,9	25-26	0,6-1,0	6-12	-	0,32-0,33	280-350
3	7/10-16/17	Flgl poco/non alterato (sabbie ghiaioso limose / ghiaie sabbioso limose)	10-30	1,8-2,0	28-33	-	20-30	-	0,28-0,30	400-450
3	17-25	Flgl poco/non alterato (sabbie ghiaioso limose / ghiaie sabbioso limose)	20->30	1,9-2,0	28-33	-	30	-	0,26-0,28	600
4	17/25-71/74	Conglomerato alluvionale cementato (Ceppo del Brembo) con intercalazioni limoso-argillose sottili	-	2,2	-	-	-	-	-	>800

Tabelle n.5 e 6 Profilo geotecnico dei terreni individuati.

Ad ogni modello stratigrafico-geotecnico interpretativo è stato associato, in relazione ai dati a disposizione e ai risultati ottenuti con le indagini sismiche, un modello geofisico (litologia/velocità onde di taglio/profondità) di cui gli elementi salienti sono riportati nell'allegato n.1.

Per ogni sito è stato calcolato il valore del periodo fondamentale di risonanza del terreno (**To**) (vedi formula [2] riportata nell'allegato 2) partendo dal valore di velocità delle onde di taglio e di spessore

di ciascun strato individuato dal modello geofisico ricostruito. (considerando tutto il materasso alluvionale sino al bedrock sismico con $V_s > 800$ m/s).

Punto di verifica	Periodo fondamentale (T_0)
Zona A	0,16 sec
Zona B	0,249 sec

Tabella n. 7 Stima del valore del periodo di vibrazione fondamentale dei terreni studiati.

In relazione ai dati bibliografici resisi disponibili (soprattutto in funzione delle caratteristiche stratigrafiche, delle caratteristiche granulometriche e delle proprietà indice dei terreni), all'andamento della velocità delle onde di taglio con la profondità e dello spessore del primo strato significativo a partire dalla superficie (strato superficiale), è stato possibile valutare 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 regionale**:

Punto di verifica	0,1-0,5 sec		0,5-1,5 sec	
	Fa da scheda	Soglia in funzione della categoria di sottosuolo di appartenenza	Fa da scheda	Soglia in funzione della categoria di sottosuolo di appartenenza
Zona A	1,49	1,4	1,12	1,7
Zona B	2,19	1,9	1,21	2,4

Tabella n. 8 Confronto tra i Valori di Soglia, riferiti alla relativa categoria di sottosuolo (Regione Lombardia -vedi tabella n.1) e quelli ottenuti attraverso l'uso delle schede effetti litologici.

La tabella sopra consente, attraverso la **verifica** della condizione $FA < (S+0,1)$ come illustrato nel paragrafo precedente, di valutare il grado di protezione offerto dall'applicazione dei parametri stabiliti dalla normativa nazionale per la relativa categoria di sottosuolo di appartenenza.

Le analisi condotte dimostrano che:

- ⇒ per il **sito A**, **il valore di F.a. stimato risulta superiore, anche se di poco, al valore di soglia (condizione “non verificata”) per il range di periodi compresi tra $0,1 < T < 0,5$ sec. Pertanto per tale intervallo**, si ritiene che l'applicazione dei parametri di spettro di normativa relativi alla categoria di sottosuolo B, non sia in grado di offrire un adeguato

*Dott. Geol. Pedrali Carlo, via G. Crescenzi n. 65/L, 24123 Bergamo
Tel. 035/235559; Cell. 340/2392258*

grado di protezione. Pertanto in relazione ai risultati ottenuti con l'analisi di 2° livello (limitatamente agli edifici strategici e rilevanti), secondo quanto stabilito dalla normativa regionale, lo scrivente consiglia di effettuare analisi di 3° livello in fase di progettazione esecutiva oppure, in alternativa, di adottare i parametri di normativa relativi alla categoria di **categoria di sottosuolo C** o meglio alla **categoria E** visto lo spessore presumibilmente inferiore ai 20 metri dei depositi sciolti sul sottostante bedrock sismico rappresentato dal conglomerato (**Ceppo del Brembo**).

⇒ per il **sito B**, **il valore di F.a. stimato risulta superiore al valore di soglia (condizione “non verificata”) per il range di periodi compresi tra $0,1 < T < 0,5$ sec. Pertanto per tale intervallo**, si ritiene che l'applicazione dei parametri di spettro di normativa relativi alla categoria di sottosuolo C, non sia in grado di offrire un adeguato grado di protezione. In relazione ai risultati ottenuti con l'analisi di 2° livello (limitatamente agli edifici strategici e rilevanti), secondo quanto stabilito dalla normativa regionale, c'è l'obbligo quindi di effettuare analisi di 3° livello in fase di progettazione esecutiva oppure, in alternativa, di adottare i parametri di normativa relativi alla **categoria di sottosuolo D**.

Le aree campione investigate sono state delimitate sulla Carta della Classe di Pericolosità Sismica Locale (tavola n.2).

1.5. Prescrizioni per gli scenari di pericolosità sismica locale

Per il comune di Suisio 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 da assoggettare a verifica di 2° o di 3° livello (per il caso di edifici strategici o rilevanti) e la “**Carta della classe di pericolosità sismica locale**” (tavola n.2) con individuate le aree campione ove è stato effettuato l’approfondimento di 2° livello.

Per il comune di Suisio, classificato in zona sismica 4 (bassa sismicità) le verifiche di secondo livello, in fase pianificatoria sono richieste dalla normativa esclusivamente per edifici di tipo strategico o rilevante. Nulla toglie che l’Amministrazione Comunale possa richiederlo anche per altre tipologie di edifici.

Come indicato nella normativa regionale (cfr. figura n.1 allegato 5 D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008 e s.m.i.), per le zone omogenee **Z1** e **Z2**, il livello di approfondimento da effettuare in fase di progettazione, è direttamente il terzo (3° livello).

Considerando le premesse sopra, le **prescrizioni** relative alle zone omogenee individuate sono diverse in relazione allo scenario di pericolosità sismica locale correlato e più precisamente:

1. in generale i progetti relativi a future edificazioni dovranno tenere attentamente in considerazione oltre alle caratteristiche geologiche dell’area di edificazione, anche la situazione stratigrafica-geomorfologica-idrogeologica circostante;
2. per le zone a PSL **Z1** – Zone caratterizzate da eventi franosi attivi o quiescenti o d’instabilità potenziale, si ritiene indispensabile, come indicato nella normativa, **l’analisi di 3° livello**;
3. per le zone a PSL **Z2a** – “Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (terreni di riporto poco addensati)”. In queste zone si possono avere elevati cedimenti in fondazione, pertanto si ritiene necessario, come indicato nella normativa, l’accertamento, in fase di progettazione, di tali proprietà (**analisi di 3° livello**);
4. per le zone omogenee **Z3a** – “Zona di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)” è richiesta la verifica di **2° livello** in fase pianificatoria, per valutare le possibili amplificazioni di natura morfologica;
5. per le zone omogenee **Z4a** – “Aree di fondovalle o di pianura con presenza di depositi

alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi”, si devono effettuare, in fase di pianificazione, verifiche di **2° livello** attraverso l’impiego delle schede e degli abachi allegati alla normativa regionale relativamente agli effetti litologici.

L’utilizzo della metodologia regionale per la stima del valore del fattore di amplificazione (F.a. calcolato) da confrontare con il valore di Soglia fornito da Regione Lombardia per il comune di Suisio (**Fa calcolato ≤ Fa atteso cioè al valore di soglia S**), limitatamente alle aree sottoposte all’approfondimento di 2° livello e alla categoria “**edifici strategici e rilevanti**”, ha fornito i seguenti risultati ai quali si allegano le relative prescrizioni:

- ⇒ per il **sito A**, il valore di F.a. stimato risulta superiore, anche se di poco, al valore di soglia (condizione “**non verificata**”) per il range di periodi compresi tra $0,1 < T < 0,5$ sec. Pertanto per tale intervallo, si ritiene che l’applicazione dei parametri di spettro di normativa relativi alla categoria di sottosuolo B, non sia in grado di offrire un adeguato grado di protezione. In tale area campione, in relazione ai risultati ottenuti (limitatamente agli edifici strategici e rilevanti), secondo quanto stabilito dalla normativa regionale, si consiglia l’effettuazione di analisi di 3° livello in fase di progettazione esecutiva oppure, in alternativa, di adottare i parametri di normativa relativi alla **categoria di sottosuolo C** o meglio alla **categoria E**, visto lo spessore inferiore ai 20 metri dei depositi sciolti che ricoprono il bedrock sismico rappresentato dal conglomerato (**Ceppo del Brembo**). Non si verifica invece il supero per il range dei periodi compreso tra $0,5 < T < 1,5$ sec.
- ⇒ per il **sito B**, il valore di F.a. stimato risulta superiore, al valore di soglia (condizione “**non verificata**”) per il range di periodi compresi tra $0,1 < T < 0,5$ sec. Pertanto per tale intervallo si ritiene che l’applicazione dei parametri di spettro di normativa relativi alla categoria di sottosuolo C, non sia in grado di offrire un adeguato grado di protezione. In tale area campione, in relazione ai risultati ottenuti con l’analisi di 2° livello (limitatamente agli edifici strategici e rilevanti), secondo quanto stabilito dalla normativa regionale, c’è l’obbligo di effettuare analisi di 3° livello in fase di progettazione esecutiva oppure, in alternativa, di adottare i parametri di normativa relativi alla **categoria di sottosuolo D**. Non si verifica invece il supero per il range dei periodi compreso tra $0,5 < T < 1,5$ sec

Più in generale, come è stato fatto per le aree campione (zone Z3a e zona Z4a), in futuro, sulle nuove aree di possibile espansione urbanistica (in **fase di pianificazione** per edifici strategici o

rilevanti) sarà necessario effettuare indagini di secondo livello.

Nel caso in cui risulterà che l'**F.a. calcolato** con la procedura regionale risulti **maggiore** dell'**F.a. atteso (valore di soglia)**, nella successiva **fase edificatoria - progettuale**, occorrerà effettuare analisi di **3° livello** oppure, in alternativa, si potranno adottare i parametri di spettro di normativa caratteristici della tipologia di sottosuolo il cui valore di soglia sia superiore al valore di F.a. calcolato con la procedura semplificata regionale.

In questi casi lo spettro di norma da attribuire deve essere individuato scegliendo 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 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.

**Adeguamento della cartografia ed elaborati grafici rispetto allo studio geologico
precedente (agosto 2002)**

Normativa geologica di Piano

Per quanto riguarda i dati e la cartografia esistente, i nuovi elementi acquisiti, non hanno determinato la necessità del rifacimento della cartografia d'inquadramento, mentre è risultato necessario l'adeguamento della carta dei vincoli, della carta di sintesi, della carta di fattibilità delle azioni di piano e la stesura della carta del quadro del dissesto PAI secondo quanto indicato dalla D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 e s.m.i..

2. CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI

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

In corrispondenza del territorio di Suisio sono presenti:

- i vincoli derivanti dalla normativa del Piano per l'Assetto Idrogeologico
 - fasce fluviali PAI;
 - aree in dissesto.
- i vincoli di polizia idraulica sul reticolo idrografico principale;
- le zone di rispetto di 10 metri di raggio attorno alle sorgenti;
- la zona di tutela assoluta (10 metri di raggio) è la zona di rispetto stabilita con criterio geometrico attorno alle captazioni ad uso idropotabile denominate sorgenti Molino;

1. Vincoli derivanti dalla normativa del Piano per l'Assetto Idrogeologico

Ci si riferisce ai seguenti documenti:

- **Fasce Fluviali dell'Autorità di Bacino fiume Po:** d.c.p.m. 24 luglio 1998 "Approvazione piano stralcio fasce fluviali";

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, adottato con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino fiume Po, n.18/2001, il 26 aprile 2001.

Per quanto riguarda il PAI, in corrispondenza del fiume Adda sono presenti le già citate fasce fluviali così definite:

Fascia A del P.A.I.

Il limite della Fascia A è il limite esterno della **Fascia di deflusso della piena**; tale fascia rappresenta la porzione di alveo sede prevalente di deflusso della corrente per la piena di riferimento (Q_{200}), così come definita nell'Allegato 3 "Metodo di delimitazione delle Fasce Fluviali" al Titolo II delle N.d.A., ovvero è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena".

Per quanto riguarda le porzioni di territorio che ricadono in fascia A valgono le disposizioni elencate all'**Art.29, 38, 38-bis, 38-ter, 39 e 41** delle N.d.A. del PAI.

Fascia B del P.A.I.

Il limite della Fascia B rappresenta il limite esterno della **Fascia di esondazione**. Esterna alla fascia A, è costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento (Q_{200}). Il limite di tale fascia si intende sino al punto in cui le quote naturali del terreno risultano superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento).

Per le porzioni di territorio che ricadono in fascia B valgono le disposizioni elencate all'**Art.30, 38, 38-bis, 38-ter, 39 e 41** delle N.d.A. del PAI.

Fascia C del P.A.I.

Il limite della fascia C rappresenta il limite dell'**area soggetta ad inondazione per piena catastrofica (Q_{500})**. Tale area corrisponde alla porzione di territorio, esterna alla Fascia B (Q_{200}), che può essere interessata da inondazione esclusivamente al verificarsi di eventi di piena più gravosi rispetto alla piena di riferimento.

Per quanto riguarda le porzioni di territorio che ricadono in "**Fascia C - Area d'inondazione per piena catastrofica**" valgono le N.d.A. del PAI (all'**Art.31, e 41**). **L'articolo 31 comma 4 demanda agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, la regolamentazione delle attività consentite, i limiti e i divieti su tali terreni.**

Nel caso di Suisio il limite di norma di **Fascia A** interessa solo parte della vasta piana prodotta in passato dall'attività estrattiva e per il resto del territorio comunale, coincide con i limiti di fascia B e C in prossimità della sponda del fiume Adda.

Il limite della **Fascia B** coincide sempre con quello della **Fascia C**.

In relazione a quanto consentito dalle N.d.A. del PAI (Art. 27 comma 3 “in sede di adeguamento, gli strumenti di pianificazione provinciali e comunali, possono fare coincidere i limiti delle Fasce A, B e C, così come riportati nelle tavole grafiche di cui all’art. 26, con elementi fisici rilevabili alla scala di maggior dettaglio della cartografia dei citati piani rispettandone comunque l’unitarietà.”), l’adeguamento dei limiti è già stato effettuato nel primo studio geologico (2002) in relazione ai seguenti elementi:

- il piano di cava, nel corso degli eventi alluvionali del 1987 era stato completamente ricoperto da acqua (riferito da testimoni oculari). Non è stato possibile accertare tuttavia se l’allagamento si è verificato per l’ingresso delle acque da monte o per risalita delle stesse da valle oppure, più semplicemente, se si è verificata la risalita del livello dell’acqua all’interno degli specchi d’acqua di falda presenti sul piano cava;
- alla luce di quanto sopra, per un corretto adeguamento di tale limite, sono state riposizionate le sezioni dell’Autorità di bacino del fiume Po sull’aereofotogrammetrico comunale ed in relazione al livello della piena di riferimento (livello Q200), si è risaliti al limite di fascia A (assunto come limite esterno della porzione di alveo ove defluisce almeno l’80% della portata di riferimento).
- laddove è stato tracciato il limite di fascia A (originario), gli elementi topografici di dettaglio riportati sull’aereofotogrammetrico comunale, non evidenziano rilevanti differenze di quota se si esclude il torrione centrale (alto circa una trentina di metri) sul quale era posizionato un traliccio dell’Alta Tensione. Anche questo rilievo residuale dell’attività estrattiva è stato asportato tra il 2002 e il 2004 (sull’aereofotogrammetrico tale elemento non è stato aggiornato);

➤ **Aree di dissesto soggette all’Art. 9 delle N.d.A.**

Le aree in dissesto individuate nell’ambito del territorio comunale sono classificabili come frane attive (Fa) e frane quiescenti (Fq), aree ad elevata pericolosità di esondazione (Ee) e aree a pericolosità media o moderata di esondazione (Em).

Per quanto riguarda le aree interessate da frane in evoluzione (Fa), si tratta di frane in detrito

incoerente di riporto e/o fluvio-glaciale scalzato al piede dall'attività di cava che, al trascorrere degli anni hanno subito una lenta estensione areale.

Per quanto riguarda la zona interessata da frana quiescente (Fq), si tratta dell'area dove è situato il vecchio depuratore di Suisio, abbandonato da circa un decennio a causa dei cedimenti subiti dalle vasche. Tale depuratore è stato realizzato su terreni di riporto.

Per quanto riguarda le aree ad elevata pericolosità di esondazione (Ee), si tratta dell'alveo del Rio Zender a valle di tutte le principali confluenze e della strada per Chignolo d'Isola.

Per quanto riguarda invece la delimitazione delle aree a pericolosità media o moderata di esondazione (Em), si è adottato il criterio morfologico e considerato incluse sia quel che rimane dell'alveo originario a monte del tratto precedente (non salvaguardato del reticolo idrico minore) che le aree depresse immediatamente adiacenti a lato dell'alveo.

Tali aree, riportate sulla Carta dei Vincoli (tavola 3) e sulla carta di aggiornamento del Quadro del dissesto (tavola 6) risultano 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"**.

Per le aree codificate con "Fa – Aree interessate da frana attiva (pericolosità molto elevata)" vale l'Art. 9 comma 2 delle N.d.A. del PAI:

Comma 2. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Fa sono esclusivamente consentiti:

- a. gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- b. gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- c. gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- d. gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere

pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;

- e. le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- f. le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- g. la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

Per le aree codificate con "Fq – Aree interessate da frana quiescente (pericolosità elevata)" vale quanto indicato nell'Art. 9 comma 2 e 3 delle N.d.A. del PAI.

Comma 3 Nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al comma 2, sono consentiti:

- a. gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- b. gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- c. gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purché consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;
- d. la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata

***Dott. Geol. Pedrali Carlo, via G. Crescenzi n. 65/L, 24123 Bergamo
Tel. 035/235559; Cell. 340/2392258***

dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo

Per le aree interessate da fenomeni di esondazione o fenomeni torrentizi, codificate con “**Ee** – Aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità molto elevata” vale l'Art. 9 comma 5 delle N.d.A. del PAI.

Comma 5. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree **Ee** sono esclusivamente consentiti:

- a. gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- b. gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- c. gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- d. gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- e. i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- f. gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- g. le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- h. la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di

36

COMUNE DI SUISIO
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT
in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 e s.m.i.

*Dott. Geol. Pedrali Carlo, via G. Crescenzi n. 65/L, 24123 Bergamo
Tel. 035/235559; Cell. 340/2392258*

compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;

- i. l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- j. l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

Per le aree codificate con “**Em** – Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata” di esondazione o fenomeni torrentizi vale l'Art. 9 comma 6bis delle N.d.A. del PAI..

Comma 6bis. Nelle aree **Em**, compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225.

Art. 27, Comma 12. Tutti gli interventi consentiti, di cui ai precedenti commi, sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988 (oggi NTC-2008) volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

2. Vincoli di polizia idraulica relativi al reticolo idrico comunale.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico comunale, vale quanto disposto dalla normativa.

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 e s.m.i).

In corrispondenza del territorio comunale, oltre all’Adda è presente il Rio Zender appartenente anch’esso al reticolo idrico principale (per il tratto riconosciuto ai sensi della D.G.R. 7/7868 del 15/02/2002 e successive).

Il Rio Zender assieme alle sue incisioni minori che vi confluiscono, rappresenta l’unico alveo che solca e drena il Pianalto comunale (superficie poco permeabile).

Tale asta fluviale, in relazione alla limitata estensione del bacino di alimentazione, risulta a carattere temporaneo con deflusso idrico superficiale presente solo in concomitanza di intensi e prolungati periodi piovosi.

Sulla carta sono state riportate pertanto le fasce di rispetto di 10 metri di larghezza secondo quanto stabilito nello studio “Criteri di individuazione del reticolo idrico minore” (EST srl, luglio 2008) adottato con d.c.c. n.11 del 06/02/2009 e sottoposto all’esame della competente struttura regionale per l’espressione del vincolante parere di competenza. Per quanto compete la relativa normativa sul reticolo e fasce di rispetto, occorre fare riferimento alle “Norme Tecniche di attuazione” contenute nello studio sopracitato.

3. Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Attorno alle opere di captazione ad uso idropotabile, sono riportate le aree di salvaguardia stabilite dal DPR 236/88, confermate dal D.lgs. n.152/1999 e riprese dal D.lgs. n.258/2000, Art. 5 comma 4; integrate dalle disposizioni regionali in materia (D.G.R. n. 6/15137 del 27 giugno 1996).

Nel caso specifico ci si riferisce alle Sorgenti Molino, situate in fregio alla sponda dell’Adda.

Le aree di salvaguardia si distinguono così:

Zona di tutela assoluta: è costituita dall’area immediatamente circostante le captazioni o le derivazioni; essa deve avere un’estensione, in caso di acque sotterranee e ove possibile, anche per le

acque superficiali, di almeno 10 metri di raggio dal punto di captazione. Tale area deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente a opere di captazione o di presa e alle infrastrutture di servizio.

Zona di rispetto: è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta. Tale zona è da sottoporre a vincoli e a destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata. Può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

In assenza dell'individuazione da parte della Regione della zona di rispetto, la medesima è definita con criterio geometrico attraverso un zona che ha un'estensione di 200 metri di raggio attorno al punto di captazione o di derivazione.

La normativa stabilisce che nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- h) gestione di rifiuti;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- m) pozzi perdenti;

*Dott. Geol. Pedrali Carlo, via G. Crescenzi n. 65/L, 24123 Bergamo
Tel. 035/235559; Cell. 340/2392258*

n) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Per gli insediamenti o le attività, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento: in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. Le regioni e le province autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture od attività:

- a) fognature;
- b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- c) opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- d) le pratiche agronomiche e i contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) del comma 5.

Per quanto riguarda inoltre la disciplina delle strutture o delle attività all'interno delle **zone di rispetto e di tutela assoluta**, occorre fare riferimento alla normativa regionale, la **DGR n.7/12693 del 10 aprile 2003 “Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto”, art.21 comma 6 del D.lgs.152/99 e s.m.”.**

Sulla cartografia sono state riportate inoltre le zone di salvaguardia/di rispetto, dell'estensione di 10 metri di raggio, attorno alle 2 sorgenti a carattere permanente presenti al piede della scarpata del canjon dell'Adda in prossimità del fiume. La prima situata più a nord, scaturisce in maniera naturale alla base della scarpata in Ceppo, mentre la seconda, attraverso un tunnel scavato alla base del ceppo (più a sud) alimenta un laghetto.

3. CARTA DI SINTESI O DELLA PERICOLOSITA'

La carta di sintesi o della pericolosità (**tavola n.4**), costituisce un elaborato fondamentale all'interno della procedura di pianificazione territoriale. Tale cartografia riporta tutto quanto si ritiene maggiormente significativo, dal punto di vista geologico-ambientale, nel condizionare il futuro sviluppo urbanistico del territorio comunale.

A tale scopo, si sono riprese dalle cartografie di inquadramento e dalla stessa carta di sintesi prodotte nell'Agosto-2002, tutte le informazioni di carattere geologico-geotecnico, geomorfologico, idraulico, idrogeologico ed ambientale. Tali informazioni sono state aggiornate allo stato attuale, attraverso sopralluoghi di verifica della situazione morfologica reale e dell'estensione dell'edificato.

La metodologia di realizzazione della carta di sintesi è stata indicata nelle normative regionali di cui la più recente è la D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011. Su tale carta sono riportate le aree in cui sono presenti elementi di pericolo o di vulnerabilità con riferimento allo specifico fenomeno geologico che li genera.

Pertanto il territorio comunale è stato suddiviso in una serie di poligoni caratterizzati dalla presenza di uno o più fenomeni di dissesto idrogeologico in atto o potenziale, o da vulnerabilità idraulica o idrogeologica.

Gli ambiti di pericolosità e di vulnerabilità che si possono riconoscere generalmente in un territorio comunale possono essere raggruppabili in quattro categorie principali:

- aree pericolose per instabilità dei versanti denominata problematica: “**St**”;
- aree con terreni di scadenti caratteristiche geotecniche denominata problematica: “**Gt**”;
- aree vulnerabili dal punto di vista idraulico denominata problematica: “**Id**”;
- aree vulnerabili/vulnerate dal punto di vista idrogeologico denominata problematica: “**Idg**”;

Una suddivisione più dettagliata di queste tipologie principali è proposta nella tabella di seguito allegata (vedi tabella n.1 “Classi d'ingresso” tratta dalla D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008 e s.m.i.) dove si vede la corrispondenza esistente tra la tipologia di pericolosità individuata e la classe di fattibilità geologica da attribuire.

Le sigle sopra riportate verranno utilizzate sulla carta di fattibilità per ricordare il legame tra sottoclasse di fattibilità e tipologia di pericolosità ad essa associata.

La sovrapposizione in una stessa area di più tipologie di pericolosità determina la formazione di

poligoni misti con presenza di più fattori limitanti.

Per la delimitazione dei poligoni si tiene in considerazione sia l'estensione dell'area direttamente coinvolta, che l'ampiezza della relativa zona d'influenza dei fenomeni desunta nella precedente fase di analisi.

Tabella 1 – classi di ingresso

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	
Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
Aree di frana attiva (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4
Aree di frana quiescente (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4
Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soffiasso)	4
Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprendenti di aree di distacco ed accumulo)	4
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4
Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide	4*
Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4
Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3
Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno	3
Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	
valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni	
Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4*
Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo (aree di influenza)	3
Aree interessate da valanghe già avvenute	4
Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4
Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3
Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area	3
Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	
Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3
Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezze delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	4
Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali nelle quali non siano state realizzate opere di difesa e quando non è stato possibile definire un tempo di ritorno	4
Aree soggette ad esondazioni lacuali	3
Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solidoliquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)	3
Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-planura	3
Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	
aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3
aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante (riportare gli spessori)	3
aree con consistenti disomogeneità strutturali verticali e laterali (indicare le ampiezze)	3
aree con riporti di materiale, aree colmate	3
*classe di fattibilità non modificabile	

Tabella 1bis – Classe di fattibilità per le aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali

	Classe	norme
Fascia A all'esterno dei centri edificati	4	artt. 29, 38, 38 bis, 38 ter, 39 e 41 N.d.A. del PAI
Fascia B all'esterno dei centri edificati	3	consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 30, 38, 38bis, 38 ter, 39 e 41 delle N.d.A. del PAI
Fasce A e B all'interno dei centri edificati		da attribuire sulla scorta degli studi idraulici per la valutazione del rischio realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4
Territori di fascia C delimitati con segno grafico indicato come "limite e progetto tra la fascia B e la Fascia C"		Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano anche all'interno dei centri edificati le norme riguardanti le fasce A e B
Fascia C		Da attribuire in base alle problematiche riscontrate
		Da definire nell'ambito dello studio, fermo restando quanto stabilito dall'art. 31 delle N.d.A. del PAI

Tabella n.9. Classi di ingresso. Tipologia di pericolosità ➡ attribuzione classe di fattibilità.

AREE PERICOLOSE PER INSTABILITA' DEI VERSANTI

Relativamente all'aspetto instabilità dei versanti (vedi sigla **St** in legenda), sono segnalati in carta:

- l'area in frana attiva presente alla base della scarpata dell'Adda. Il tratto di versante è costituito da depositi detritici soggetti ad evoluzione gravitativa;
- l'area in frana quiescente presente alla base della scarpata dell'Adda, subito a sud della precedente. Tale zona è costituita da depositi di riporto granulari sciolti oggetto in passato di franamenti superficiali;
- le scarpate costituite da terreni fini limosi, localmente acclivi, relative al limite ovest del Pianalto e quelle relative all'incisione fluviale prodotta dal Rio Zender nel settore sudorientale del territorio comunale ;
- la scarpata che limita la forra dell'Adda. Quest'area risulta potenzialmente instabile per l'elevata inclinazione e per la presenza di depositi granulari sciolti. A tratti tale scarpata è costituita da conglomerati cementati che sono soggetti a fratturazione verticale.

AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Le aree vulnerabili dal punto di vista idraulico sono riconoscibili per la codifica "**Id**" in legenda.

Per quanto riguarda tale aspetto, nel territorio comunale si segnala:

- l'area di esondazione storica dell'Adda (evento di piena del 1987) ricostruita sulla base del resoconto di testimoni oculari. L'acqua ha ricoperto tutto il piano di cava abbandonato.
- l'alveo a carattere temporaneo del Rio Zender. Solamente il tratto a partire dalla Casc. Bianchina verso valle è individuato come reticolo idrico principale;
- le aree depresse situate a lato del Rio Zender, potenzialmente allagabili durante un evento piovoso particolarmente piovoso e duraturo. L'alveo del Rio Zender appare infatti poco inciso in quanto raramente sede di deflusso idrico. Un intervento edificatorio di tipo industriale, situato all'estremità settentrionale del territorio comunale, ha in parte modificato e/o eliso tale corso d'acqua.

AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

In questo capitolo sono elencati gli aspetti e le problematiche di carattere idrogeologico (vedi sigla “**Ig**” in legenda).

Per quanto riguarda tale aspetto, nel territorio comunale si segnala:

- aree a bassa soggiacenza della falda. Corrisponde alla zona pianeggiante (area ex-estrattiva) presente in fregio all’Adda dove sono presenti depressioni artificiali nelle quali affiora la superficie freatica (laghi di falda). La superficie freatica in tale zona è situata mediamente ad un profondità anche sensibilmente inferiore alla decina di metri;
- emergenze idriche sono situate alla base della scarpata dell’Adda. Due non sono captate, mentre, all’estremità meridionale del territorio comunale, sono situate le sorgenti Molino (comune di Bottanuco) utilizzate a scopo acquedottistico;

AREE CON TERRENI DALLE PROPRIETA’ GEOTECNICHE DA MEDIE A MEDIOCRI

Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici (vedi sigla **Gt** in legenda), in carta sono state evidenziate:

- aree con prevalenza di terreni fini limoso-argillosi a partire dalla superficie e con spessore metrico (1-3 metri) sul Pianalto;
- aree oggetto di accumulo di materiali inerti; in tali zone si presuppone che vi sia stata in passato anche escavazione con successivo riempimento di materiali di riporto.

4. NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE E CARTA DI FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO

Rispetto alla cartografia prodotta nel 2002 (tavola n.14a/14b Carta della fattibilità geologica per le azioni di Piano), la D.G.R. n.8/1566 del 22/12/2005 e la più recente D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008, chiedono di non rappresentare sulla Carta di Fattibilità i vincoli derivanti dalla definizione del reticolo idrico minore e le aree di salvaguardia stabilite attorno alle captazioni ad uso idropotabile. Pertanto l'attuale Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano fornisce indicazioni esclusivamente alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio derivanti dall'individuazione di elementi di pericolosità/vulnerabilità del territorio comunale.

Per tale motivo la possibilità di cambiamento di destinazione d'uso di ogni particella del territorio comunale, deve essere accertata oltre che sulla carta della fattibilità anche dalla consultazione della carta dei vincoli, dove sono rappresentate le limitazioni derivanti dalla normativa ambientale in vigore.

La normativa regionale stabilisce quattro classi di fattibilità geologica per le azioni di Piano:

1. Fattibilità senza particolari limitazioni (colore bianco);
2. Fattibilità con modeste limitazioni (colore giallo);
3. Fattibilità con consistenti limitazioni (colore arancione);
4. Fattibilità con gravi limitazioni (colore rosso).

Le **Norme Geologiche di Attuazione** rappresentano una serie di indicazioni di natura **prescrittiva** per: attuare interventi urbanistici, studi e indagini; effettuare approfondimenti per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio; progettare eventuali sistemi di monitoraggio necessari a controllare fenomeni in atto o potenziali; predisporre di piani di Protezione Civile.

Alle classi di fattibilità individuate devono essere sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale (tavola 1) che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del PGT (vedi il capitolo "**Prescrizioni analisi sismica**").

Per la stesura della **Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano (tavola 5)**, si è proceduto attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono, omogeneo per pericolosità/vulnerabilità

geologica, individuato precedentemente sulla **carta di sintesi o della pericolosità** (tavola n.13 agosto 2002 e vedi tabella n.9 qui di seguito allegata). Secondo le indicazioni della normativa (cfr. tabella n.9) sono state attribuite le diverse classi/sottoclassi di fattibilità geologica che sono state distinte mediante sigle e colori diversi.

Tabella 1 – Classi di ingresso

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti		Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	
Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4	Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezza d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4	Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3
Aree di frana attiva (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4	Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezze delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	4
Aree di frana quiescente (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4	Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali nelle quali non siano state realizzate opere di difesa e quando non è stato possibile definire un tempo di ritorno	4
Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4	Aree soggette ad esondazioni lacuali	3
Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprendenti aree di distacco ed accumulo)	4	Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solido-liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)	3
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide	4*	Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa	4
Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	3
Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3	Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	
Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni	3	Aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3
Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4*	Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante (riportare gli spessori)	3
Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo (aree di influenza)	3	Aree con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali (indicare le ampiezze)	3
Aree interessate da valanghe già avvenute	4	Aree con riporti di materiale, aree colmate	3
Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4	Aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali	
Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3		
Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area	3		
Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico			
Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero	3		
Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti, aree con emergenza della falda)	4		
Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	3		
Aree interessate da carsismo profondo (caratterizzate da inghiottitoi e doline)	4		
		Classe	Norme
		Fascia A all'esterno dei centri edificati	4
		Fascia B all'esterno dei centri edificati	3
		Consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 30, 38, 38-bis, 38-ter, 39 e 41 delle N.d.A. del PAI	
		Fasce A e B all'interno dei centri edificati	Da attribuire sulla scorta degli studi idraulici per la valutazione del rischio realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4
		Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano anche all'interno dei centri edificati le norme riguardanti le fasce A e B	
		Territori di fascia C delimitati con segno grafico indicato come «limite e progetto tra la fascia B e la Fascia C»	Da attribuire sulla scorta degli studi idraulici per la valutazione del rischio realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4
		Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano le norme riguardanti la fascia B fino al limite esterno della fascia C	
		Fascia C	Da definire nell'ambito dello studio, fermo restando quanto stabilito dall'art. 31 delle N.d.A. del PAI

Tabella n.9. Classi di ingresso. Tipologia di pericolosità ➡ attribuzione classe di fattibilità.

Qualora in una stessa area si verifichi la concomitanza di più problematiche, sul poligono che la individua, sono state indicate le classi di fattibilità relative a tutti gli elementi di pericolosità e/o di vulnerabilità presenti.

Si precisa inoltre che, qualora nella stessa area siano state indicate più classi/sottoclassi, si deve considerare indicativa ai fini della possibilità di realizzare nuove edificazioni, quella più restrittiva, pur eseguendo tutte le indagini indicate per le altre problematiche geologiche individuate.

Per ciascuna problematica individuata, nei successivi paragrafi, vengono indicate le indagini specifiche che si devono affrontare, con diverso grado di dettaglio a secondo della classe di appartenenza; ciò allo scopo di stabilire la compatibilità dell'intervento previsto rispetto al tipo di problematica presente nell'area.

La valutazione di compatibilità geologica s.l. di ogni intervento edificatorio dovrà costituire parte integrante della documentazione tecnica di progetto necessaria per l'ottenimento della Concessione Edilizia o di ogni altro atto ad essa assimilabile, comprese le autodichiarazioni (DIA).

Definire aree caratterizzate da **"fattibilità con limitazioni di vario grado"** significa **perciò stabilire che ogni cambiamento di destinazione d'uso** (es: nuove edificazioni, ristrutturazioni comportanti significativi ampliamenti o aumenti del carico insediativo, oppure con incrementi di carico in fondazione, nuove infrastrutture, l'effettuazione di scavi estesi in grado di modificare la geometria e la stabilità del piano campagna circostante) **potrà essere attuato solamente dopo aver verificato la sua compatibilità rispetto al tipo e all'entità delle problematiche individuate.**

In questo quadro deve essere tenuta in considerazione anche la funzione dell'opera che si andrà a realizzare (es: opera o infrastruttura a carattere pubblico o privato).

Si ricorda che i dati riportati nel presente studio, redatto ai sensi della normativa vigente, non devono essere in alcun modo considerati sostitutivi delle indagini geognostiche e della documentazione geologico-tecnica prescritte dal D.M. 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) per la fase esecutiva.

Le classi di fattibilità risultano pertanto così definite:

Classe 1– Fattibilità senza particolari limitazioni

In questa classe, indicata in **bianco** sulla cartografia, ricadono le aree per le quali lo studio non ha individuato specifiche problematiche di carattere geologico, di conseguenza non vi sono particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso delle particelle. In questo caso deve essere applicato quanto prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Nel caso specifico di Suisio non sono presenti aree classificate in classe 1

Classe 2 – Fattibilità con modeste limitazioni

In questa classe, indicata in **giallo** sulla cartografia, ricadono le aree nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso dei terreni; per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico, idraulico o idrogeologico o l'adozione di accorgimenti tecnico-costruttivi finalizzati al superamento delle problematiche senza che sia necessaria la realizzazione di opere di difesa.

Le indagini dovranno analizzare, sulla base della tipologia d'intervento previsto, i mutui rapporti con le caratteristiche del sito in modo da individuare le soluzioni tecnico-costruttive più adatte.

L'entità, la tipologia e il grado di dettaglio delle suddette indagini, saranno valutate sulla base dell'intervento in programma e a discrezione del professionista incaricato.

Le relazioni specialistiche relative ai diversi ambiti di pericolosità individuati, devono essere effettuate preliminarmente ad ogni intervento edificatorio sia che si tratti di nuovi insediamenti singoli che in ambito di P.A., di P.L., di P.I.P., o di P.I.I.. L'area di studio dovrà estendersi ad un intorno significativo rispetto a quello dell'intervento edificatorio proposto.

Si ricorda che gli studi su indicati non devono essere considerati in alcun modo sostitutivi delle indagini geognostiche e della documentazione geologico-tecnica prescritte dalla normativa sulle costruzioni.

Sottoclasse 2 Gt: aree con problematiche di tipo geologico-geotecnico

Rientrano in questa classe le zone pianeggianti o con inclinazione media inferiore ai 20° dove sono presenti terreni che possiedono da mediocri a discrete caratteristiche geologico – geotecniche.

Tali caratteristiche competono a tutta l'area subpianeggiante del Pianalto ferrettizzato e a quella del terrazzo subito sottostante costituito dall'Unità di Carvico e dall'Unità di Cantù.

Per quanto riguarda il Pianalto, la zona risulta compatibile con la realizzazione di edifici che non prevedano elevati carichi in fondazione vista la presenza di terreni coerenti fini limoso-sabbiosi (loess) nei primi 3 metri e limo sabbiosi argillosi (flgl alterato e ferrettizzato) più in profondità.

In corrispondenza del Pianalto la superficie della falda è profonda, tuttavia possono essere presenti falde locali sospese alimentate direttamente da acque infiltratesi dalla superficie e che scorrono sulla superficie di contatto con il flgl alterato e ferrettizzato. Tali falde risultano a carattere temporaneo e appaiono difficilmente delimitabili, possono comportare problemi di umidità o d'infiltrazioni d'acqua in corrispondenza degli interrati qualora questi ultimi non siano stati idoneamente impermeabilizzati.

Pertanto in tali zone le accortezze da tenere sono quelle di:

- impostarsi con il piano di fondazione ad una profondità tale che consenta possibilmente di superare il livello limoso superficiale (loess) meno consistente;
- si può verificare cedimenti elevati per consolidazione dei terreni fini coesivi più superficiali. Tale ridotta capacità portante dei terreni può essere superata ricorrendo talora a fondazioni di tipo indiretto;
- valutare l'esistenza, durante l'esecuzione di uno scavo per la realizzazione di un edificio, di venute d'acqua legate alla presenza di piccole falde sospese di tipo temporaneo. In tal caso sarà necessario realizzare: adeguate opere d'impermeabilizzazione dei muri perimetrali dell'interrato, oltre a sistemi di drenaggio, di raccolta e di allontanamento delle acque d'infiltrazione presenti nell'area circostante l'edificio;
- limitata possibilità di realizzare pozzi perdenti di tipo tradizionale per acque meteoriche, in considerazione del ridotto valore di permeabilità che caratterizza questi terreni sino a profondità superiori alla decina di metri.

Per quanto riguarda i terrazzi più recenti (L.F.d.P.), posti a quota inferiore rispetto al Pianalto, costituiti da terreni incoerenti prevalentemente sabbiosi, da sciolti a poco addensati sino a rilevante profondità, alla luce dei dati recentemente acquisiti si è deciso di attribuirli alla seconda classe (2Gt).

Anche per queste zone vale il discorso della limitata capacità portante dei terreni, mentre risulta fattibile la capacità di disperdere le acque meteoriche nel primo sottosuolo, in considerazione del

fatto che, anche in queste zone, la falda risulta molto profonda.

Sottoclasse 2 Id: aree con problematiche di tipo idraulico.

In questa sottoclasse ricade l'area in Fascia C del PAI relativa al fiume Adda, tuttavia nel caso specifico il limite esterno di fascia C coincide con il limite della fascia B valgono pertanto le indicazioni di normativa relative alla fascia B.

In tale sottoclasse rientrano l'alveo del Rio Zender (tratto montano) e le piccole aree depresse potenzialmente allagabili ad esso adiacenti, leggermente depresse rispetto alla superficie circostante. Per queste aree classificate come "Em" sulla carta Quadro del dissesto con legenda uniformata PAI, si applica l'**Art. 9 Comma 6bis e Art. 27 Comma 12 delle N.d.A. del PAI. Per l'utilizzo di tali aree è quindi indispensabile la valutazione della compatibilità idraulica dell'intervento previsto con valutazione delle condizioni di rischio secondo quanto indicato dalla normativa regionale.**

Classe 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe 3, indicata in **arancione** sulla cartografia, comprende le zone in cui sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso dei terreni, a causa delle condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate.

Rispetto alle aree in classe due, quelle rientranti nella terza classe di fattibilità, presentano anche una maggiore diffusione ed estensione del dissesto o delle potenziali attitudini ad esso.

In questa classe sono comprese generalmente: aree acclivi potenzialmente soggette all'influenza di fenomeni di dissesto, aree soggette a fenomeni alluvionali con eventuale trasporto in massa, terreni dotati di scadenti caratteristiche geotecniche, le aree molto vulnerabili dal punto di vista della qualità delle acque e le aree inquinate.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato all'esecuzione di indagini dettagliate mirate all'acquisizione di una maggiore conoscenza geologico-tecnica, idrogeologica o idraulica dell'area direttamente coinvolta e del suo intorno.

Tale approfondimento tecnico dovrà essere attuato attraverso l'effettuazione di relazioni

specialistiche che considerino tutti gli ambiti di pericolosità individuati e valutino la compatibilità dell'intervento edificatorio oltre alla portata massima che esso potrà avere.

Gli studi (rilievi di campagna, indagini geognostiche, prove di laboratorio, verifiche idrauliche e di stabilità, etc.) devono essere effettuati preliminarmente alla pianificazione e alla progettazione di ogni intervento edificatorio sia che si tratti di nuovi insediamenti singoli che in ambito di P.A., di P.L., di P.I.P. o di P.I.I.. Le relazioni prodotte dovranno essere consegnate congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei P.A. (**l.r. 12/05 art.14**) o in sede di richiesta di permesso di costruire (**l.r. 12/05 art.38**). Si ricorda che gli approfondimenti indicati non devono essere considerati in alcun modo sostitutivi delle indagini geognostiche e della documentazione geologico-tecnica prescritte dalla normativa sulle costruzioni.

Il risultato delle indagini condotte consentirà quindi in fase esecutiva di valutare gli interventi specifici o le opere di protezione/difesa, attive e/o passive indispensabili al superamento della condizione di rischio.

Gli interventi di sistemazione o di protezione dovranno tener presente anche il contesto ambientale riducendo il loro impatto sul territorio; pertanto ad esempio gli interventi di bonifica idraulica dovranno essere eseguiti, ove possibile, con tecniche di bioingegneria forestale.

Sottoclasse 3 St: aree con problematiche di tipo stabilità versanti.

A questa sottoclasse appartengono tutte le zone che possiedono inclinazioni generalmente superiori ai 20° e che risultano caratterizzate da potenziali problemi di instabilità soprattutto nel caso si vengano a modificare le condizioni naturali del pendio con l'aggiunta di sovraccarichi artificiali (nuovi costruzioni).

In questa classe ricadono le zone di scarpata naturale inattiva/quiescente evidenziate nella tavola geomorfologica (tavola n.4, aprile 1998) e che risultano pertanto potenzialmente soggette all'influenza diretta di fenomeni come frane di media entità e varia tipologia che possono richiedere la necessità di realizzare opere di difesa sia attive che passive.

La zona di scarpata, che risulta appartenere a questa classe, è essenzialmente quella che limita il Pianalto ferrettizzato (limi sabbiosi argillosi) dai terrazzi fluvioglaciali recenti. L'altezza di tale scarpata è compresa tra i 5 e i 15 metri e la sua inclinazione, che risulta variabile da punto a punto, è compresa generalmente tra i 12° e i 21°; pertanto in relazione all'estrema variabilità geometrica di questa scarpata e considerando le suindicate caratteristiche medie dei terreni che la compongono,

si è stabilito di prevedere una fascia che comprenda oltre alla scarpata, anche una zona di franco di sicurezza a monte del ciglio di quest'ultima, di circa 20 metri di ampiezza.

La creazione di tale zona garantisce che ogni volta si vadano a modificare le condizioni naturali del pendio, sia necessario considerare anche il quadro complessivo nella quale si va ad inserire il nuovo sovraccarico artificiale.

Pertanto, nel caso di una nuova edificazione in corrispondenza di tale fascia, sarà necessario prevedere oltre ad indagini geognostiche e di laboratorio mirate all'acquisizione diretta dei necessari parametri geotecnici, anche verifiche di stabilità globali sia nel caso si debbano effettuare scavi in corrispondenza della scarpata o al piede, sia nel caso si debba realizzare un edificio alla sommità di quest'ultimo.

Alla sottoclasse 3Gt appartengono anche tutti i terrazzi sviluppati all'interno della forra dell'Adda in quanto situati sia immediatamente a valle che a monte di scarpate particolarmente acclivi ricoperte da detriti (compresi blocchi e massi).

Sottoclasse 3 Gt: aree con problematiche di tipo geologico-geotecnico.

In tale sottoclasse ricadono tutte le zone subpianeggianti, depresse mediamente di qualche metro rispetto alla superficie del Pianalto e coincidenti con il paleoalveo/alveo del Rio Zender; in tali zone sono presenti terreni fini poco addensati/molli che derivano dalla rielaborazione della superficie originaria del Pianalto.

Tale zona di paleoalveo, che possiede una larghezza compresa tra i 50 e i 200 metri, risulta attualmente incisa dall'alveo attuale del Rio Zender solamente in corrispondenza e più a sud della strada provinciale per Chignolo (località Biancina).

Nelle zone ricadenti in tale sottoclasse si dovrà tenere in considerazione i seguenti elementi:

- la riduzione della capacità portante dei terreni con possibile ricorso a fondazioni di tipo indiretto;
- la presenza di cedimenti elevati per la consolidazione dei terreni fini superficiali/terreni di riporto,
- l'eventuale presenza di falde sospese di natura temporanea;
- la necessità di sostenere i fronti di scavo;
- la necessità di dover realizzare opere di impermeabilizzazione/drenaggio nel caso siano previsti piani interrati;
- la limitata possibilità di realizzazione di pozzi perdenti per acque meteoriche, in

considerazione del ridotto valore di permeabilità sino a profondità elevate.

A tale sottoclasse appartengono anche tutte quelle zone, con terreni di riporto di varia natura, distribuiti sul territorio comunale. Nel caso di nuovi interventi edificatori occorrerà effettuare accertamenti sia di carattere geotecnico che della natura di tali terreni di riempimento ai sensi della D.L. 152/2006 e s.m.i.

Classe 4 – Fattibilità con gravi limitazioni

In questa classe, indicata in **rosso**, ricadono tutte quelle aree per le quali l'elevata situazione di pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni alla modifica di destinazione d'uso.

Dovrà pertanto essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere di consolidamento o di sistemazione idrogeologica mirate alla messa in sicurezza dei siti.

La normativa regionale stabilisce che per gli edifici esistenti siano consentiti esclusivamente interventi di demolizione senza ricostruzione, la manutenzione ordinaria e straordinaria, il restauro, il risanamento conservativo, così come definiti dall'art. 27 comma 1, lettere a), b) e c) della Legge 12/05, (ovvero D.P.R. 380/2001) senza aumento di superficie o volume, senza aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

Sono consentite le sole innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

In tali aree dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile e/o sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate, solo se non altrimenti localizzabili, previa verifica mediante apposita relazione geologico-geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave pericolosità esistente.

Sottoclasse 4 St: aree con problematiche di tipo stabilità versanti.

A questa sottoclasse appartengono le due zone in frana attiva e quiescente classificate rispettivamente come Fa e Fq nel quadro dissesto P.A.I. In tali aree vale quanto disposto rispettivamente all'Art. 9 comma 2 e 3 e Art. 27 comma 12 delle N.d.A. del PAI.

Rientrano in questa classe tutte le zone morfologicamente attive o scarpate caratterizzate da un

elevata inclinazione costituite da detriti di versante e i pendii subito sottostanti a tali scarpate. Da queste zone si possono staccare detriti con blocchi e massi.

E' compresa in tale sottoclasse tutta la scarpata morfologica che definisce la sponda sinistra dell'Adda e una fascia di sicurezza con ampiezza di 20 metri a monte del ciglio di tale scarpata.

La scelta di stabilire una fascia di sicurezza di almeno 20 metri a monte del ciglio di quest'ultima, è legata alla presenza di terreni superficiali naturali o di riporto dalle caratteristiche mediocri e in condizioni di stabilità spesso precaria, di una tipica fratturazione verticale che interessa i conglomerati cementati del Ceppo, legata all'coesistenza di livelli suborizzontali meno cementati. L'esistenza di questi fattori d'instabilità uniti alla presenza di sovraccarichi artificiali ipotizzati proprio in corrispondenza del ciglio, potrebbero indurre con il tempo, a processi di scivolamento di detriti o al distacco - ribaltamento di cunei di conglomerato cementato.

Si ritiene pertanto che tale zona debba essere interdetta a nuove edificazioni.

A questa sottoclasse appartengono le scarpate detritiche (terreni limi sabbioso argillosi) che costituiscono le sponde del tratto terminale comunale del Rio Zender.

Sottoclasse 4 Gt: aree con problematiche di tipo geologico-geotecnico

A tale sottoclasse appartengono tutti i terreni di riporto situati in corrispondenza del piano di cava e sui versanti circostanti, in quanto costituiti da terreni rimobilizzati se non addirittura da terreni fini di scarto derivanti dalle operazioni di lavaggio degli inerti estratti in cava.

In tale sottoclasse ricade anche il tratto più meridionale dell'alveo del torrente Zender.

Sottoclasse 4 Id: aree con problematiche di tipo idraulico.

Ricadono in tale sottoclasse sia la zona in fascia A (adeguata in base all' Art. 27, comma 3 adeguamento delle NdA del PAI) "**fascia di deflusso della piena**" che la fascia B "**fascia di esondazione**" così come definite nel "Piano stralcio per la difesa idrogeologica del bacino del Po". Ciò era già stato proposto nel primo studio geologico del 2002 sulla scorta delle considerazioni fatte al capitolo 2 paragrafo 1.

Pertanto in tale zona si fa riferimento a quanto previsto dalla normativa del PAI e in particolare valgono le disposizioni elencate agli **Artt.29, 38, 38-bis, 38-ter, 39 e 41** delle N.d.A. del PAI, che dettano prescrizioni riguardo alle possibili trasformazioni d'uso del territorio, in relazione agli obiettivi di sicurezza idraulica del

piano.

In tale sottoclasse ricade anche l'alveo del torrente Zender per il tratto che è stato classificato come reticolo idrico principale nello studio per la definizione del R.I.M..

Per queste aree classificate come "Ee" sulla carta Quadro del dissesto con legenda uniformata PAI, si applica l'Art. 9 Comma 5 e l'Art. 27 Comma 12 delle N.d.A. del PAI.

Sottoclasse 4 Idg: aspetto idrogeologico.

In questa sottoclasse ricade tutta la zona adiacente all'Adda e quella pianeggiante della ex-cava in riva al fiume Adda. In tale area la superficie di falda risulta situata a profondità inferiore a 10 metri (presenza di laghi di falda). Al piede della scarpata dell'Adda sono presenti le sorgenti ubicate e citate nei capitoli precedenti. Queste ultime rappresentano i punti di emergenza della falda freatica regionale. In corrispondenza di esse potrebbero essere previste periodiche operazioni di pulizia e di taglio della vegetazione prativa rivalutando così il loro aspetto e il valore naturalistico.

L'aspetto della salvaguardia delle risorse idriche è evidenziato anche nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale che classifica tali aree assieme alla zona dei terrazzi fluvioglaciali più recenti come: "*Ambiti di pianura nei quali gli interventi di trasformazione territoriale devono essere assoggettati a puntuale verifica di compatibilità geologica ed idraulica (Art. 44)*" (vedi PTCP Tavola e1_1.i).

5. CARTA DEL QUADRO DI DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI

La Carta del Quadro del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I., redatta in scala 1:10.000 su base C.T.R.L., è finalizzata all'aggiornamento dell'Elaborato 2 del P.A.I. (una volta recepito lo studio stesso negli strumenti urbanistici comunali con le modalità previste dalla L.R. 12/2005) ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del P.A.I..

L'aggiornamento di tale cartografia è legato a recenti modifiche morfologiche di origine antropica intervenute in un'area con ad una evoluzione morfologica di alcuni dissesti.

Su tale cartografia (tavola n.6), sono riportate:

- un'area soggetta a fenomeni di frana attiva (**Fa**);
- un'area soggetta a fenomeni di frana quiescente (**Fq**)
- l'alveo del corso d'acqua Rio Zender che, a valle della strada per Chignolo, secondo il criterio geomorfologico, è stato classificato come area coinvolgibile da fenomeni di esondazione o torrentizi con pericolosità molto elevata (**Ee**);
- le aree adiacenti al corso d'acqua precedentemente citato e l'alveo dello stesso, nel tratto più montano, sono state classificate come aree potenzialmente coinvolgibili dai fenomeni di esondazione o torrentizi con pericolosità media o moderata (**Em**).

Le aree in dissesto riconosciute sono state riportate anche sulla carta dei vincoli e di sintesi.

Il Comune di Suisio risulta nell'elenco di tabella 2 (D.G.R.9/2626 del 30/11/2011) - Individuazione dei comuni compresi nella D.G.R. 11/12/2001 n. 7/7365 che hanno concluso l'iter di cui all'Art. 18 delle N.d.A. del PAI.

Lo studio geologico attuale contiene il quadro del dissesto aggiornato derivante da rilievi recenti rispetto ai dati rilevati nel primo livello di approfondimento del P.T.C.P., e sarà perciò strumento di riferimento una volta raggiunta la compatibilità ai sensi dell'Art.18 delle N.d.A. del P.A.I..

Agosto 2012

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

56

COMUNE DI SUISIO
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT
in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 e s.m.i.

Allegato n. 1
Indagini geofisiche

1. Cenni introduttivi

In accordo con l'Ufficio Tecnico Comunale sono stati individuati in corrispondenza del territorio comunale **due** siti campione dove effettuare indagini geofisiche di tipo indiretto. Lo scopo delle indagini era quello di affrontare la verifica di secondo livello secondo quanto previsto dalla normativa regionale. La normativa prevede la ricostruzione dell'andamento del valore della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo (V_s) sino al raggiungimento, per quanto possibile, del bedrock sismico (terreni con $V_s \geq 800$ m/s).

L'ubicazione dei siti d'indagine è stata condizionata dall'attuale sviluppo dell'edificato e ha tenuto conto delle aree di più prossima previsione di espansione urbanistica sia di tipo residenziale che industriale. I siti d'indagine sono stati localizzati e identificati sulla carta di tavola n.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 delle onde di superficie (onde di Rayleigh) e l'analisi del fenomeno della dispersione delle stesse negli 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 nel terreno da una sorgente "attiva" (massa battente o un cannoncino), posta alle due estremità della stessa 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 della frequenza ($V(\text{fase})/\text{frequenza}$); successivamente, attraverso un'elaborazione per "step", 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 da un profilo verticale dell'andamento medio del

valore della velocità delle onde di taglio in funzione della profondità, 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 invece la configurazione geometrica delle linee sismiche, laddove era disponibile spazio sufficiente, sono state realizzate due catene geofoniche intersecatesi all'incirca a 90°; per ognuna di esse sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza variabile da 4 a 5 metri.

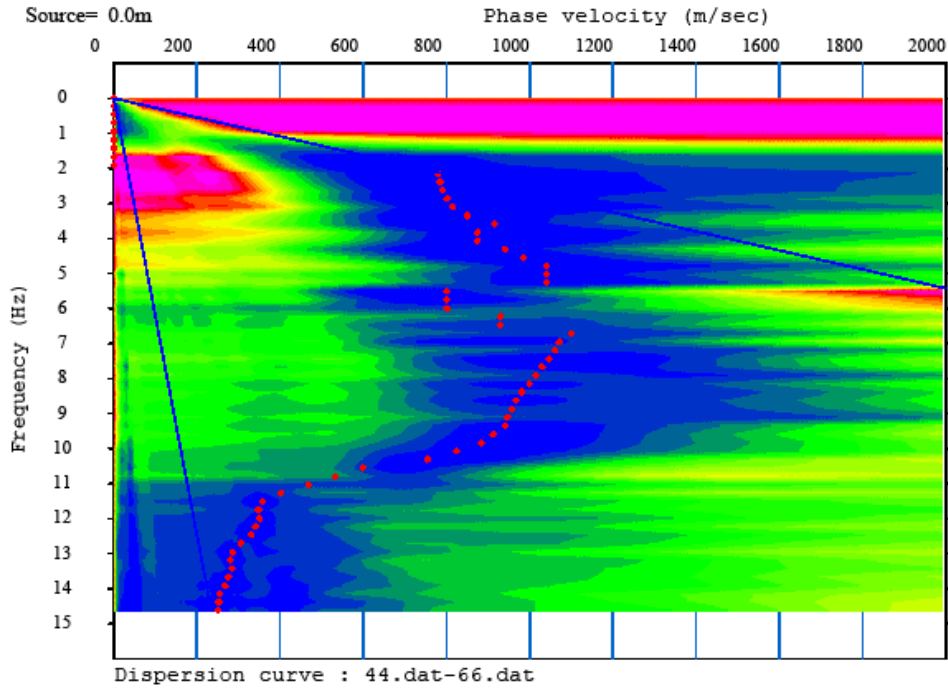
Per quanto riguarda il metodo dei Microtremori, per ogni catena, sono state effettuate almeno 20 registrazioni, mentre per il metodo MASW sono state effettuate 3/4 registrazioni per ognuno dei punti di scoppio situati esternamente alla linea.

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.

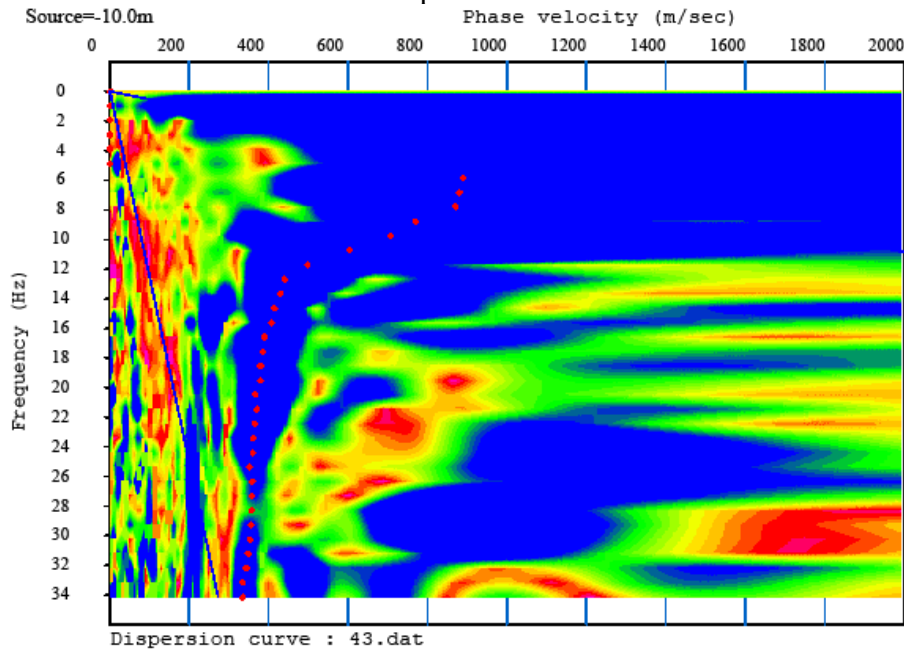
Di seguito vengono illustrati i risultati sperimentali relativi ai siti campione che hanno consentito di condurre le verifiche di 2° livello descritte in relazione.

I profili delle onde Vs con la profondità di seguito riportati, sono stati ricavati sovrapponendo i risultati ottenuti da entrambe le tecniche d'investigazione (MASW e REMI).

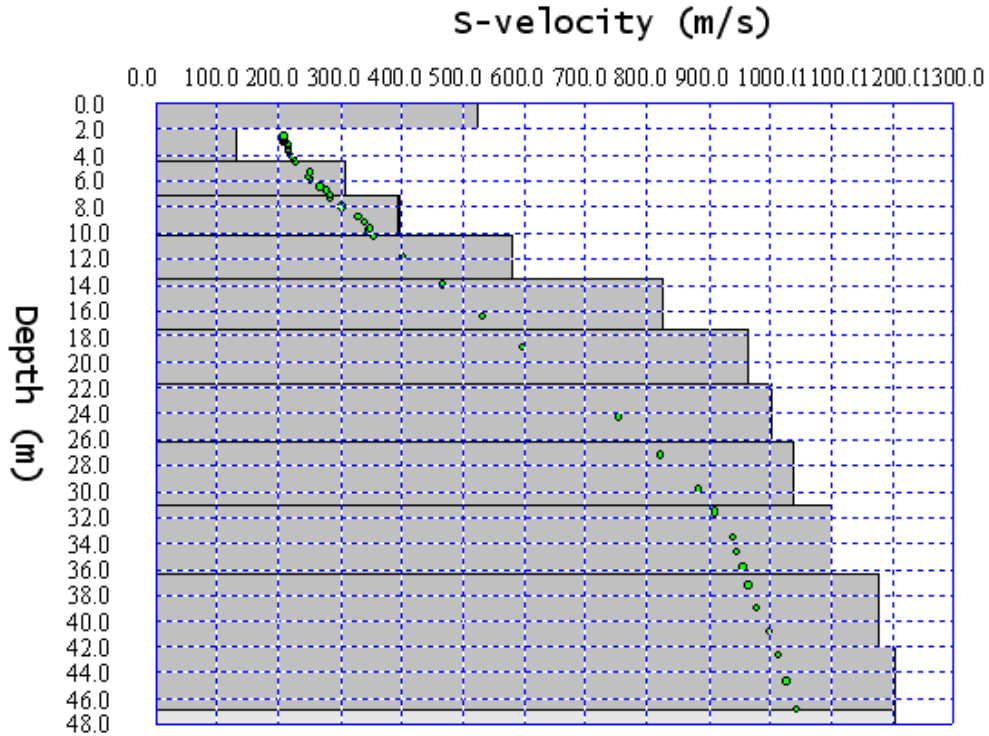
SITO A (zona sudovest abitato – via Dante Alighieri)



Curva di dispersione REMI

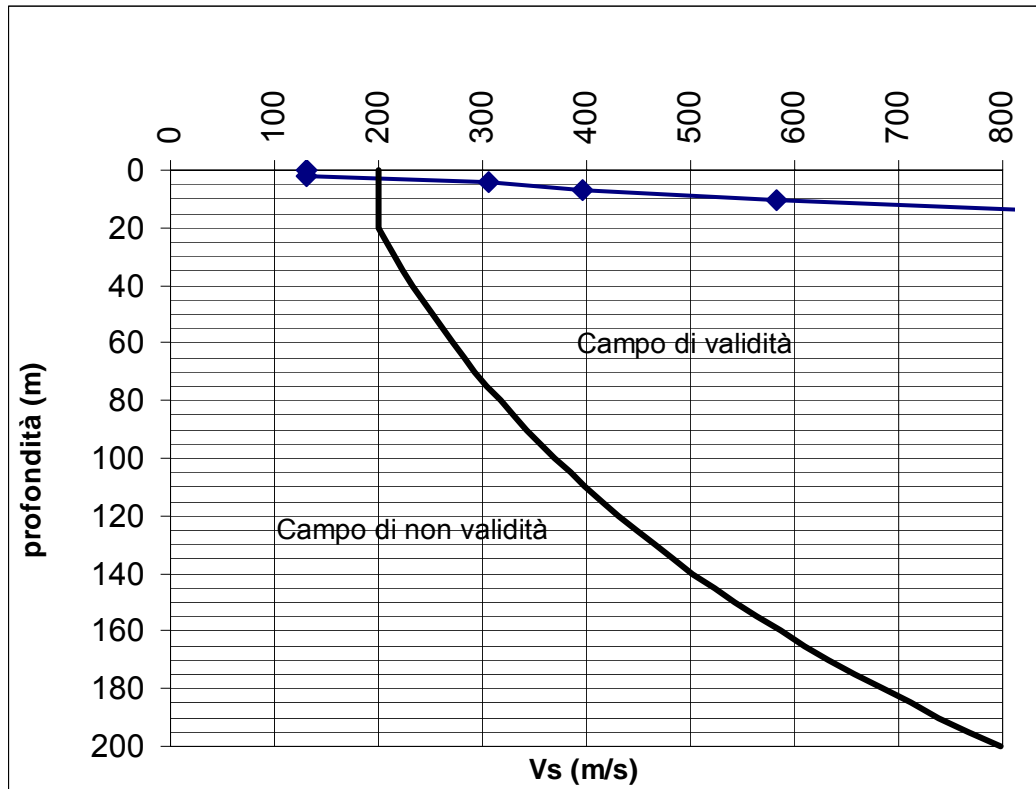


Curva di dispersione MASW



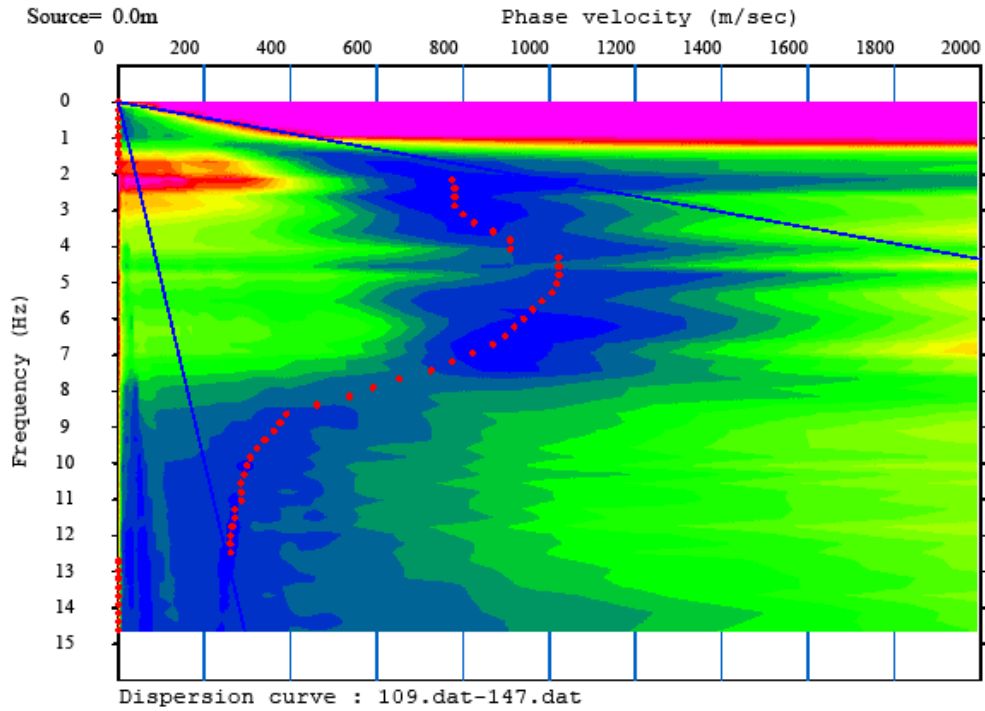
Profondità sommità strato Z (m)	Velocità onde di taglio (m/s)
0,00	130,00
2,00	131,00
4,36	305,68
7,09	395,20
10,18	582,24
13,64	826,05
17,46	963,74
21,64	1003,69
26,18	1040,04
30,00	1040,04
31,09	1098,61
36,36	1178,57
42,00	1203,06

Nella tabella, i valori di Vs in funzione della profondità.

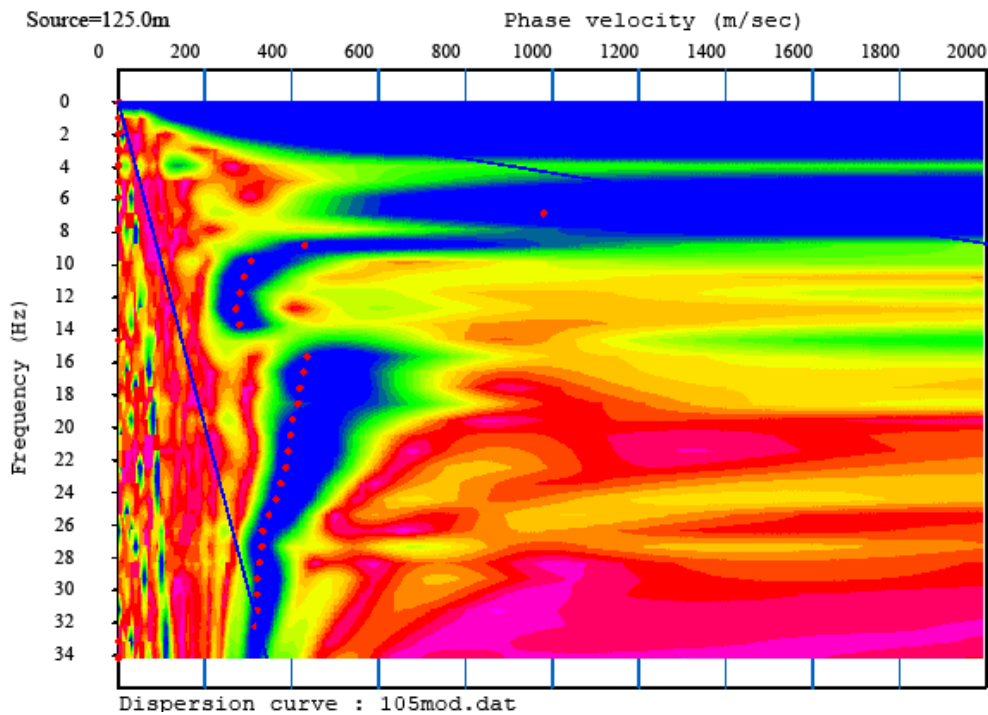


Tratto dalla scheda effetti litologici valida per le sabbie

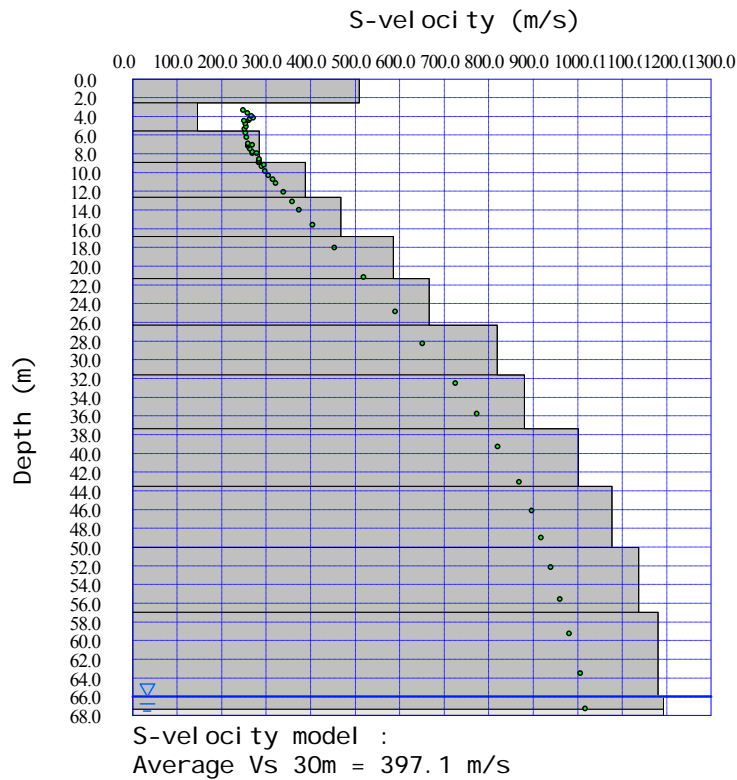
SITO B (nuova area industriale a est dell'abitato, strada provinciale per Chignolo)



Curva di dispersione REMI



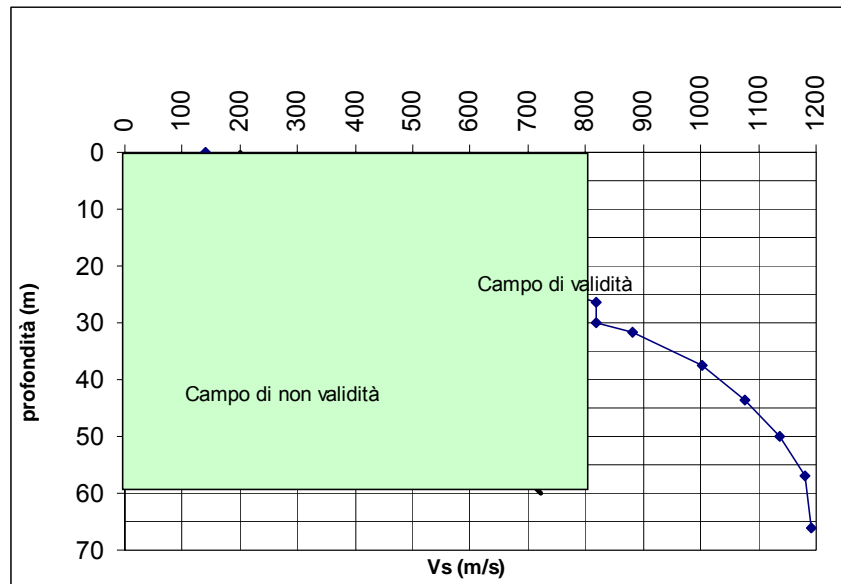
Curva di dispersione MASW



Profilo interpretativo più rappresentativo

Profondità sommità strato Z (m)	Velocità onde di taglio (m/s)
0,00	140,00
2,57	145,56
5,54	283,84
8,90	387,57
12,66	467,98
16,81	585,88
21,36	665,94
26,31	819,60
30,00	819,60
31,65	880,26
37,38	1001,32
43,52	1076,85
50,04	1137,09
56,97	1181,13
66,00	1192,14

Nella tabella, i valori di Vs in funzione della profondità.



Tratto dalla scheda effetti litologici valida per facies limoso-sabbiosa (tipo 2)



Foto n.1. Particolare della linea 1 (Sito A). Sullo sfondo l'abitato di Bottanuco.



Foto n.2. Panoramica linea 2 (Sito A)



Foto n.3. Particolare della linea 3 (Sito B)



Foto n.4. Panoramica linea 4 (Sito B)

Allegato n.2

Definizione della categoria sismica del sottosuolo di fondazione

Per il comune di Suisio (cod. ISTAT: 03016209), 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
0,1089	0,14517

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 riportati 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 di sottosuolo ricavata per i siti d'indagine e 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 del Sito A rientra nella **categoria B**, mentre il sito B appartiene alla **categoria C**; a questo si deve aggiungere poi l'**amplificazione sismica locale (come definita nel paragrafo precedente per due siti campione)**.

CLASSIFICAZIONE DEL SITO secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)	
Località:	Suisio Sito A
Metodo di indagine:	RE.MI.+ MASW
Strumentazione utilizzata:	Sismografo Geode, 24 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione:	Rumore naturale + mazza da 10 kg
Geometria dello stendimento:	lineare con 24 geofoni - interasse 4 m

VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)	403,7
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			4
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} ≤2475ann	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,	0,025	0,033	0,044	0,085	0,113	0,156
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F _o (-)	2,482	2,499	2,494	2,490	2,467	2,498
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T _c * (sec)	0,185	0,208	0,238	0,276	0,285	0,291

Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	
		S _s	C _c
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 _{spl30} >50 o Cu ₃₀ >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F _o •(a _g /g)≤1,2	1,1•(T _c *) ^{-0,2}
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> , 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 _{spl30} <50 o 70<Cu ₃₀ <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F _o •(a _g /g)≤1,5	1,05•(T _c *) ^{-0,33}
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> , 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 _{spl30} <15 o Cu ₃₀ <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F _o •(a _g /g)≤1,8	1,25•(T _c *) ^{-0,5}
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m</i> , 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	Depositati 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

CLASSIFICAZIONE DEL SITO secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)	
Località:	Suisio Sito B
Metodo di indagine:	RE.MI. + MASW
Strumentazione utilizzata:	Sismografo Geode, 24 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione:	Rumore naturale + mazza da 10 kg
Geometria dello stendimento:	lineare con 24 geofoni - interasse 5 m

VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)	330,1
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	4
------------------------------------	----------

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} ≤ 2475 ann	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,	0,025	0,033	0,045	0,086	0,114	0,158
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F _o (-)	2,479	2,498	2,488	2,484	2,465	2,499
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T _c * (sec)	0,187	0,209	0,238	0,276	0,284	0,290

Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	
		S _s	C _c
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 C _{u30} > 250 kPa	1,0 ≤ 1,4 - 0,4 • F _o • (a _g /g) ≤ 1,2	1,1 • (T _c *) ^{0.2}
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> , 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 < C _{u30} < 250 kPa.	1,0 ≤ 1,7 - 0,6 • F _o • (a _g /g) ≤ 1,5	1,05 • (T _c *) ^{0.33}
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> , 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 C _{u30} < 70 kPa.	0,9 ≤ 2,4 - 1,5 • F _o • (a _g /g) ≤ 1,8	1,25 • (T _c *) ^{0.5}
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m</i> , 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	Depositati 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_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica e C_c = coefficiente in funzione della categoria del sottosuolo

Figura n. 7 Schede riassuntive classificazione del terreno secondo normativa nazionale.

COMUNE DI SUISIO
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT
in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 e s.m.i.

*Dott. Geol. Pedrali Carlo, via G. Crescenzi n. 65/L, 24123 Bergamo
Tel. 035/235559; Cell. 340/2392258*

COMUNE DI SUISIO
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT
in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 e s.m.i.