

COMUNE DI COSTA DI MEZZATE  
(PROVINCIA DI BERGAMO)

**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*

## INDICE

<b>1. Premessa</b>	<b>2</b>
<b>2. Terremoto di riferimento (input sismico)</b>	<b>5</b>
<b>3. Analisi di primo livello</b>	<b>11</b>
3.1. Metodologia analisi di primo livello	11
3.2. Risultati analisi di primo livello	12
<b>4. Analisi di secondo livello</b>	<b>17</b>
4.1. Metodologia analisi di secondo livello	17
4.2. Risultati analisi di secondo livello	25
4.2.1. Verifica di secondo livello effetti morfologici	25
4.2.2. Verifica di secondo livello effetti litologici	28
<b>5. CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI</b>	<b>33</b>
<b>6. CARTA DI SINTESI O DELLA PERICOLOSITA'</b>	<b>37</b>
<b>7. NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE E CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO</b>	<b>41</b>
<b>8. PRESCRIZIONI PER GLI SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>58</b>
<b>9. CARTA DEL QUADRO DI DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI</b>	<b>61</b>
<b>10. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>62</b>

### 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.

Agosto 2010

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

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)  
**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**  
*ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008*

## **1. PREMESSA**

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

Il comune di Costa di Mezzate è provvisto di componente geologica del territorio comunale redatta nell’ottobre 2002 (Studio Arethusa) e di studio per la valutazione del rischio idraulico della roggia Borgogna nelle aree interne al dentro edificato ricomprese nelle zone a rischio idrogeologico molto elevato ai sensi della Legge n. 267 del 3/08/1998 (Studio Arethusa, aprile 2006). Il comune è inoltre dotato di studio per la definizione del reticolo idrico minore (Studio Arethusa, settembre 2006).

La componente geologica è stata ritenuta conforme dai competenti organi regionali ai criteri attuativi della L.R. 41/1997 e ottemperante a quanto disposto dall’Art.18 delle N.d.A. del PAI (lettera prot. n. Z1.2003.20980 del 13/05/2003).

Lo studio idraulico: “Roggia Borgogna – Riperimetrazione “Zona I” Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni di PRG e valutazione delle condizioni di rischio” è stato stabilito conforme a quanto previsto dalla normativa dai competenti organi regionali con lettera prot. n. Z120060012621 del 26/05/2006.

Lo studio per la definizione del reticolo idrico minore è stato approvato dalla competente autorità territoriale regionale con lettera prot. n. AD06.2007.0008231 del 21 giugno 2007.

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

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

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)  
**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**  
*ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008*

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

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

La metodologia regionale prevede 3 livelli di studio a crescente grado di approfondimento, si passa rispettivamente dal 1° livello, dove ci si limita all’individuazione delle aree (zone a Pericolosità Sismica Locale) potenzialmente soggette a fenomeni di amplificazione sismica oppure interessabili dai fenomeni d’instabilità indotti dall’evento sismico (effetti cosismici), al 2° e 3° livello, dove viene effettuata una valutazione rispettivamente di tipo semi-quantitativo e quantitativo del fattore di amplificazione sismica (risposta sismica locale) in corrispondenza delle zone a P.S.L. (pericolosità sismica locale).

Per un comune come Costa di Mezzate, classificato in **zona sismica 3** (pericolosità sismica di base secondo O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003), la normativa regionale prevede, in fase di pianificazione, l’effettuazione del **1° livello** d’indagine in corrispondenza di tutto il territorio comunale; ciò consente l’individuazione delle aree sismicamente più sensibili (zone a P.S.L.).

Tali aree sono riportate sulla **tavola n.1** allegata allo studio.

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

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

Successivamente sono stati effettuati controlli di terreno mirati a localizzare tutti i possibili affioramenti di substrato roccioso che hanno consentito tra l'altro di delimitare l'estensione e la tipologia dei terreni di copertura presenti sui rilievi collinari.

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

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

Esso rappresenta una prima valutazione della **pericolosità sismica locale** che è 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 caratterizzano la vulnerabilità sono principalmente l'instabilità dei suoli (frane e fenomeni di liquefazione) e gli effetti di sito e, secondariamente, la qualità intrinseca dell'edificio. Per effetti di sito si intende le possibili amplificazioni locali delle onde sismiche (fenomeni di risonanza dei terreni e di doppia risonanza terreno-edifici) dovute principalmente a condizioni locali di tipo topografico e di tipo geologico-geotecnico.

## 2. TERREMOTO DI RIFERIMENTO (INPUT SISMICO)

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

Di seguito si allega un estratto dal Catalogo dei principali eventi sismici verificatisi in bergamasca e nelle vicinanze (fino ad esempio a 100 km di distanza da Costa di Mezzate, ) 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	0: 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 CFT12		Ncft	Numero progressivo dei record nel catalogo CFT12
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		--	





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

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

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

Nella banca dati regionale sono disponibili rispettivamente:

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

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

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

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

- i valori del modulo di taglio normalizzato (G/Go) e del rapporto di smorzamento (D) in funzione dell'entità della deformazione ( $\gamma$ ) (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

## COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)

**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**

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



convenzionale del 5%. Esso fornisce la risposta massima 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 Costa di Mezzate nei 3 punti oggetto d'indagine sismica (per normali edifici residenziali).

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

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

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

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

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

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

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

- **fenomeni di amplificazione sismica locale legati alla topografia:** si verificano in terreni stabili quando sono presenti morfologie superficiali più o meno articolate e/o irregolarità topografiche in generale. Tali condizioni geometriche favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche sulla superficie topografica a causa di fenomeni di riflessione in corrispondenza della superficie libera e dell'interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; il tutto determina la conseguente amplificazione degli effetti. Tali condizioni si verificano in corrispondenza ad esempio di: creste, crinali o scarpate morfologiche;

## COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)

**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**

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

- **fenomeni di amplificazione sismica locale legati alla litologia**: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia, etc..) oppure laddove sono presenti profili stratigrafici costituiti da litologie con forti contrasti di impedenza ( $\rho \cdot V_s$ ) o terreni di copertura che presentano marcate differenze di proprietà meccaniche con il sottostante bedrock.

Si possono così generare fenomeni d'intrappolamento delle onde all'interno dei depositi con esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse in superficie (amplificazione).

Oltre a questo fenomeno si possono verificare anche fenomeni di risonanza a causa della similitudine tra il periodo del moto sismico incidente e il periodo fondamentale di vibrazione del terreno ( $T_0=4H/V_s$ ).

### 3. ANALISI DI PRIMO LIVELLO

#### 3.1. Metodologia analisi di primo livello

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

<i>Sigla</i>	<b>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<i>EFFETTI</i>
<b>Z1a</b>	<b>Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi</b>	Instabilità
<b>Z1b</b>	<b>Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti</b>	
<b>Z1c</b>	<b>Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana</b>	
<b>Z2</b>	<b>Z2a Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili ecc.)</b>	Cedimenti e/o
	<b>Z2b Zone con depositi granulari fini saturi</b>	Liquefazioni
<b>Z3a</b>	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni
<b>Z3b</b>	<b>Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate</b>	topografiche
<b>Z4a</b>	<b>Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi</b>	Amplificazioni  litologiche e geometriche
<b>Z4b</b>	<b>Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre</b>	
<b>Z4c</b>	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
<b>Z4d</b>	<b>Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale</b>	
<b>Z5</b>	<b>Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse</b>	Comportamenti  Differenziali

Tabella n.3 Scenari di pericolosità sismica locale.

Per ogni scenario di pericolosità sismica locale così individuato (tabella n.3) la normativa regionale prevede la sua ubicazione e delimitazione sulla carta della pericolosità sismica locale (PSL, vedi **tavola 1** estesa a tutto il territorio comunale), e il confronto con la Carta di Fattibilità geologica per le Azioni di Piano esistente (vedi tavola n.5).

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

Il riconoscimento degli scenari di PSL 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 i comuni ricadenti in zona 3, le verifiche di 2° livello appaiono obbligatorie, in **fase pianificatoria** per tutti gli edifici situati nelle zone a PSL Z3 e Z4.

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

### **3.2. Risultati analisi di primo livello**

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

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

- **Zone Z1a:** corrispondono agli accumuli di frana di scivolamento/traslazione/crollo attivi e agli orli di scarpata di frana attualmente attivi;
- **Zone Z1b:** corrispondono agli accumuli di frana di scivolamento/traslazione/crollo quiescenti, e agli orli di scarpata di frana attualmente quiescenti;
- **Zone Z1c:** aree potenzialmente coinvolgibili dagli eventi franosi sopracitati;
- **Zone Z2.**  
**Z2a:** corrispondono alle aree dove sono stati individuati consistenti riporti di terreno che possono essere suscettibili a cedimenti-assesamenti in seguito ad un evento sismico.  
In particolare, per quanto riguarda il comune di Costa di Mezzate si tratta delle aree che in passato sono state escavate sino ad una profondità di circa 10-15 metri rispetto al piano campagna originario e sono state successivamente oggetto di completo riempimento ad opera di materiali inerti di riporto. La delimitazione di tali aree è stata riportata sulle carte di tavola 1 e tavola 4, prendendo spunto da quanto riportato: sullo studio geologico esistente; nella documentazione allegata ai progetti di coltivazione o le autorizzazione alla discarica inerti; dal tecnico comunale o da testimonianze locali ed infine di quanto riportato sulla cartografia IGM; regionale e comunale.  
Tali aree, durante un evento sismico, potrebbero essere interessate da importanti fenomeni di compattazione (cedimenti).

Lo stesso discorso vale per la discarica di RSU e RSAU presente in località Portico Testa

12

## **COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)

**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**

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

**Z2b:** riguarda essenzialmente l'area compresa tra i rilievi collinari e l'antistante pianura fluvio-glaciale in sinistra al torrente Zerra. In questa zona appaiono prevalere terreni fini limoso-argillosi o limoso-sabbiosi.

Relativamente al fenomeno della liquefazione si riprende quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni D.M. 14/01/2008 al "Capitolo 7.11.3.4.2 *Esclusione della verifica a liquefazione*".

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

1. eventi sismici attesi di magnitudo  **$M$  inferiore a 5**;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di campo libero) **minori di 0,1g**;
3. profondità media stagionale della falda **superiore a 15 m** dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{cin} > 180$ , dove:  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{cin}$  è il valore della resistenza all'avanzamento della punta determinata con prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) e normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura 7.11.1.a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in figura 7.11.1.b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

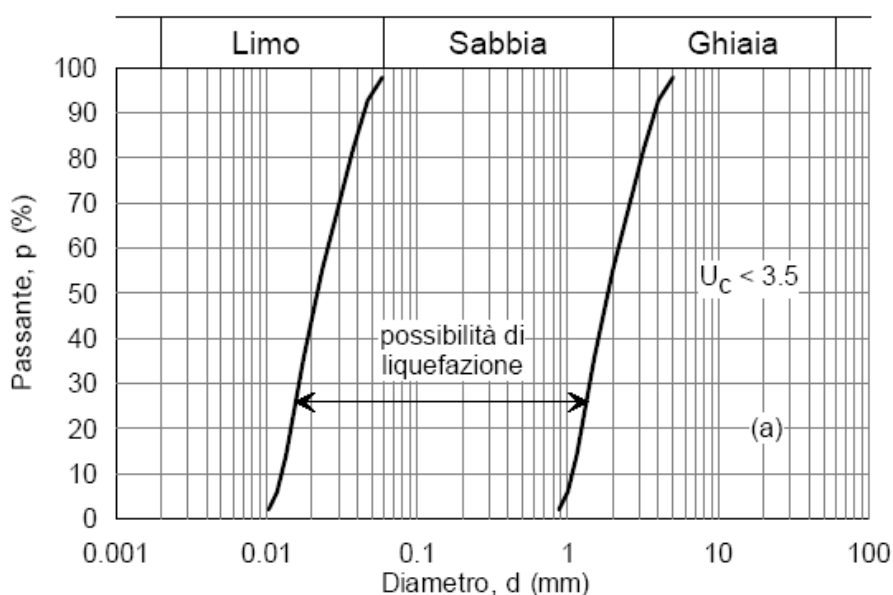


Figura n.1 (7.11.1.a)



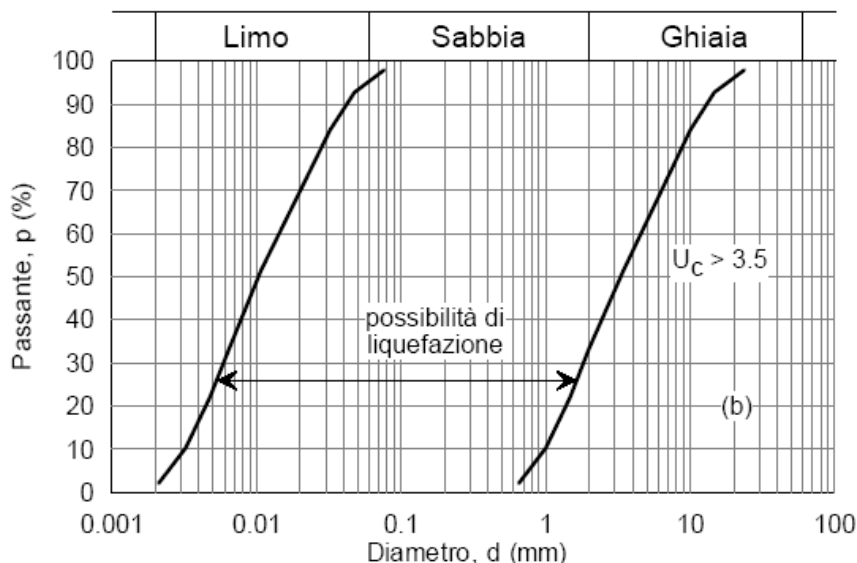


Figura n.2 (7.11.1.b)

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

Quando **nessuna** delle condizioni di esclusione sopra esposte risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità alle quali sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

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

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

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

Per quanto riguarda l'aspetto legato ai possibili fenomeni di liquefazione, occorre suddividere il territorio comunale in **due settori**: la parte di territorio comunale debolmente inclinata presente ai piedi della collina e la porzione di territorio pianeggiante corrispondente al Livello Fondamentale della Pianura.

Nel primo settore sono presenti terreni prevalentemente fini e coesivi di origine colluviale (limo-argillosi) oppure fluvioglaciale (ghiaie alterate in abbondante matrice limoso-argilloso). I terreni risultano saturi sino a ridotta profondità dal piano campagna come indicato dalla presenza di sorgenti d'acqua ed emergenze (cfr. allegato 2b studio Arethusa).

In tale settore, non sono stati acquisiti elementi sufficienti per poter escludere l'insacco di tale fenomeno.

Nel secondo settore, che si estende a partire dalla sponda sinistra del torrente Zerra-Borgogna, sono prevalenti i terreni grossolani e permeabili, inoltre la falda freatica principale (che può generare sovrappressioni neutre in grado di azzerare la pressione litostatica) si approfondisce rapidamente a profondità superiori ai 15 metri rispetto al piano campagna; anche laddove tuttavia la superficie della falda è posta a quota inferiore, secondo quanto riportato nelle stratigrafie dei pozzi della zona, prevalgono i terreni grossolani e permeabili. La natura grossolana e a supporto granulare di tali terreni, consente in prima istanza di poter escludere la possibilità d'insorgenza del **fenomeno della liquefazione**.

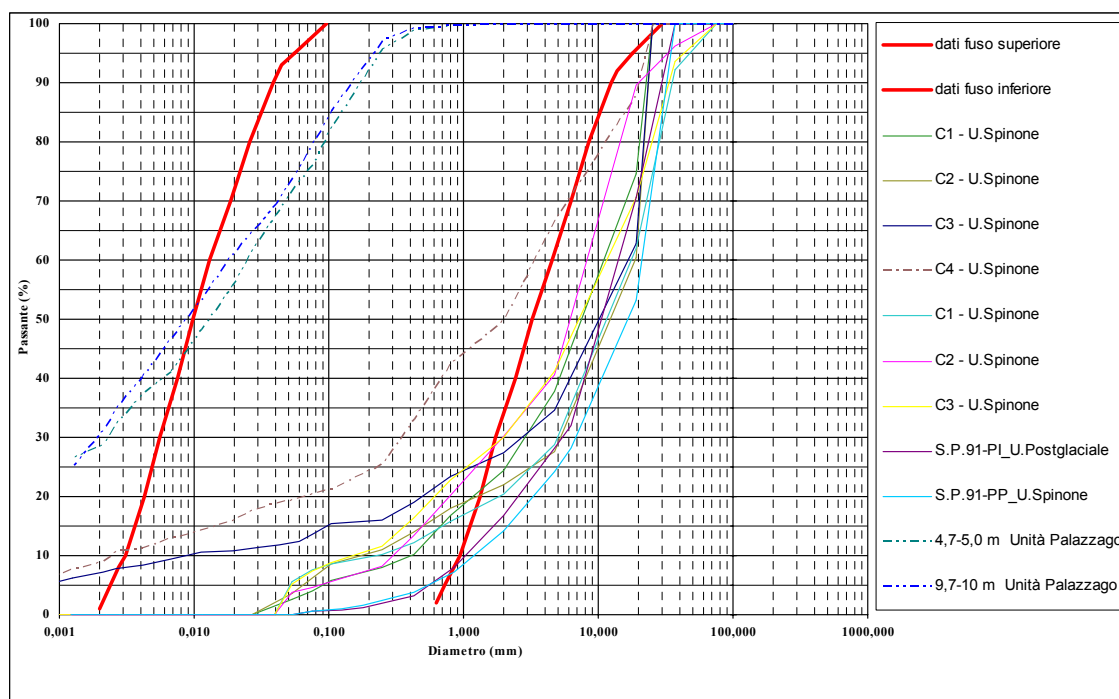


Figura n.2 Curve granulometriche di terreni presenti nel territorio comunale nell'immediato intorno. Le curve di riferimento sono quelle del fuso granulometrico con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$

- **Zone Z3b:** sono le zone di cresta arrotondata o appuntita e di crinale roccioso presenti nel territorio comunale. Le valutazioni di secondo livello in questo caso si sono limitate alle aree maggiormente edificate.
- **Zone Z4a:** sono le zone di fondovalle/pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi. Gran parte del territorio comunale ricade in questa zona anche se con terreni che, dal punto di vista geotecnico, presentano caratteristiche diverse. Tale differenziazione è stata posta in evidenza in tavola n.1;
- **Zone Z4b:** sono le aree presenti alla base degli affioramenti rocciosi della collina. Spesso si tratta di accumuli legati alla passata attività estrattiva di materiale lapideo (Flysch di Bergamo - Pietra di Credaro) o di conoidi detritico-colluviali;
- **Zone Z4d:** si tratta delle aree a debole inclinazione, di raccordo tra i rilievi collinari e

l'antistante pianura (L.F.d.P.). In queste aree sono presenti depositi colluviali che ricoprono depositi fluvioglaciali più antichi granulari e/o coesivi alterati;

- **Zone Z5:** corrispondono alle aree dove si ha il contatto stratigrafico tra il substrato roccioso poco alterato e i depositi di copertura di consistente spessore. In queste zone si ha quindi un forte contrasto delle caratteristiche fisico-meccaniche e di conseguenza della risposta sismica locale. Il diverso comportamento dei terreni a contatto, potrebbe determinare fenomeni di cedimento differenziale delle fondazioni e distorsioni angolari dei fabbricati. Nel caso specifico si tratta delle zone di contatto stratigrafico tra i litotipi del substrato roccioso e i terreni di copertura detritico-eluviali presenti sul pendio o quelli eluvio-colluviali, situati ai piedi dei rilievi collinari. Tali zone di contatto sono state individuate con limiti lineari sulla carta della Pericolosità Sismica Locale.

A questa zona appartengono anche le aree dove sono segnalati, sulla Carta Geologica della Provincia di Bergamo o rilevati direttamente sul terreno, lineamenti tettonici quali: faglie, fratture, zone cataclastiche o milonitiche.

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

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

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

## **4. ANALISI DI SECONDO LIVELLO**

### **4.1. Metodologia analisi di secondo livello**

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

Occorre premettere che gli approfondimenti di 2° e 3° livello **non devono essere effettuati** in quelle aree che per situazione geologica, geomorfologica (Z1a) ed ambientale, o perché sottoposte a particolare vincolo normativo, siano già state considerate inedificabili (ad esempio **ricadono in classe di fattibilità 4**).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Si possono presentare quindi due situazioni:

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

Lo spettro di norma da utilizzare in questo caso deve essere individuato scegliendo, in base al valore del f.a. determinato, tra le diverse possibilità di seguito elencate:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C. Nel caso tuttavia in cui il valore di soglia fornito fosse ancora inferiore al valore del fattore di amplificazione determinato, si utilizzerà lo spettro della

18

## **COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)

**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**

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

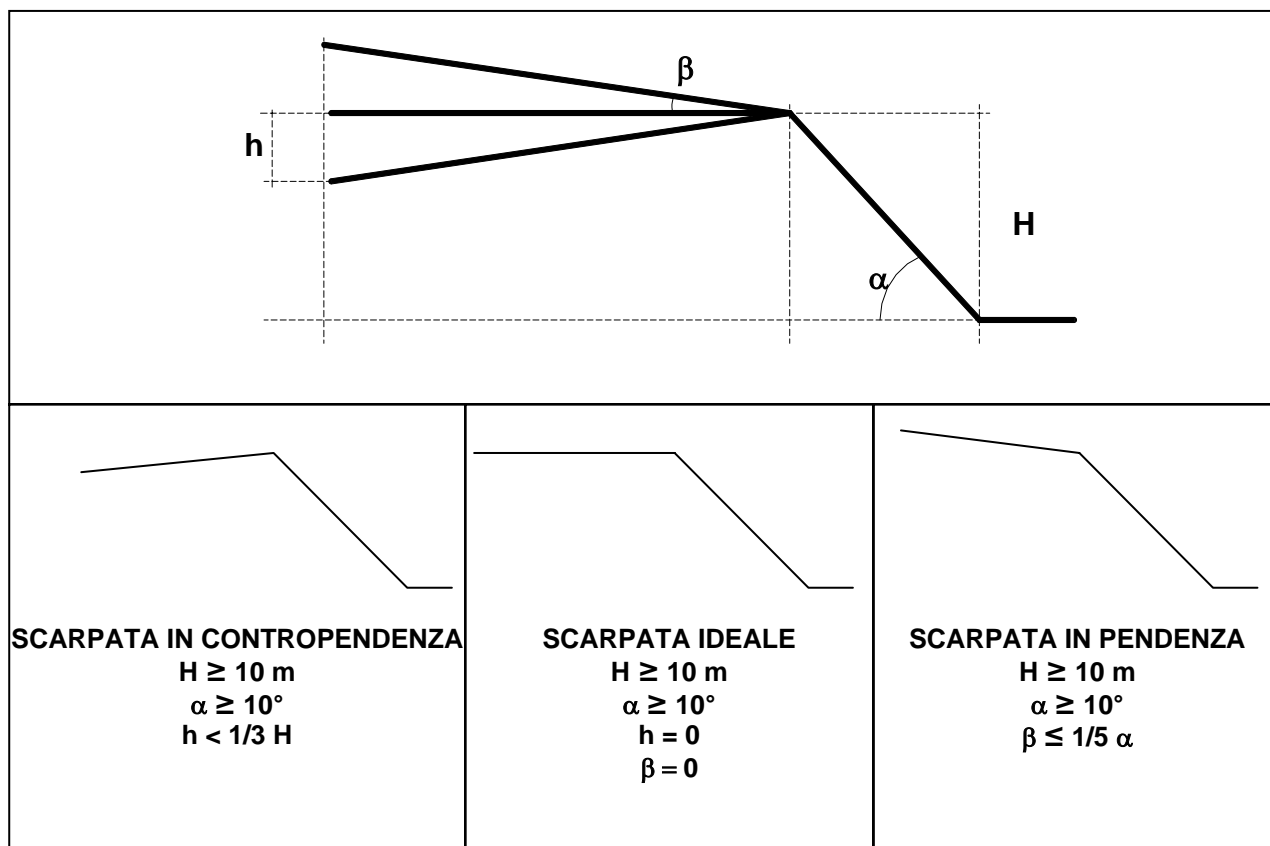
- categoria di suolo D;
- nello stesso modo, anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- nello stesso modo, anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

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

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



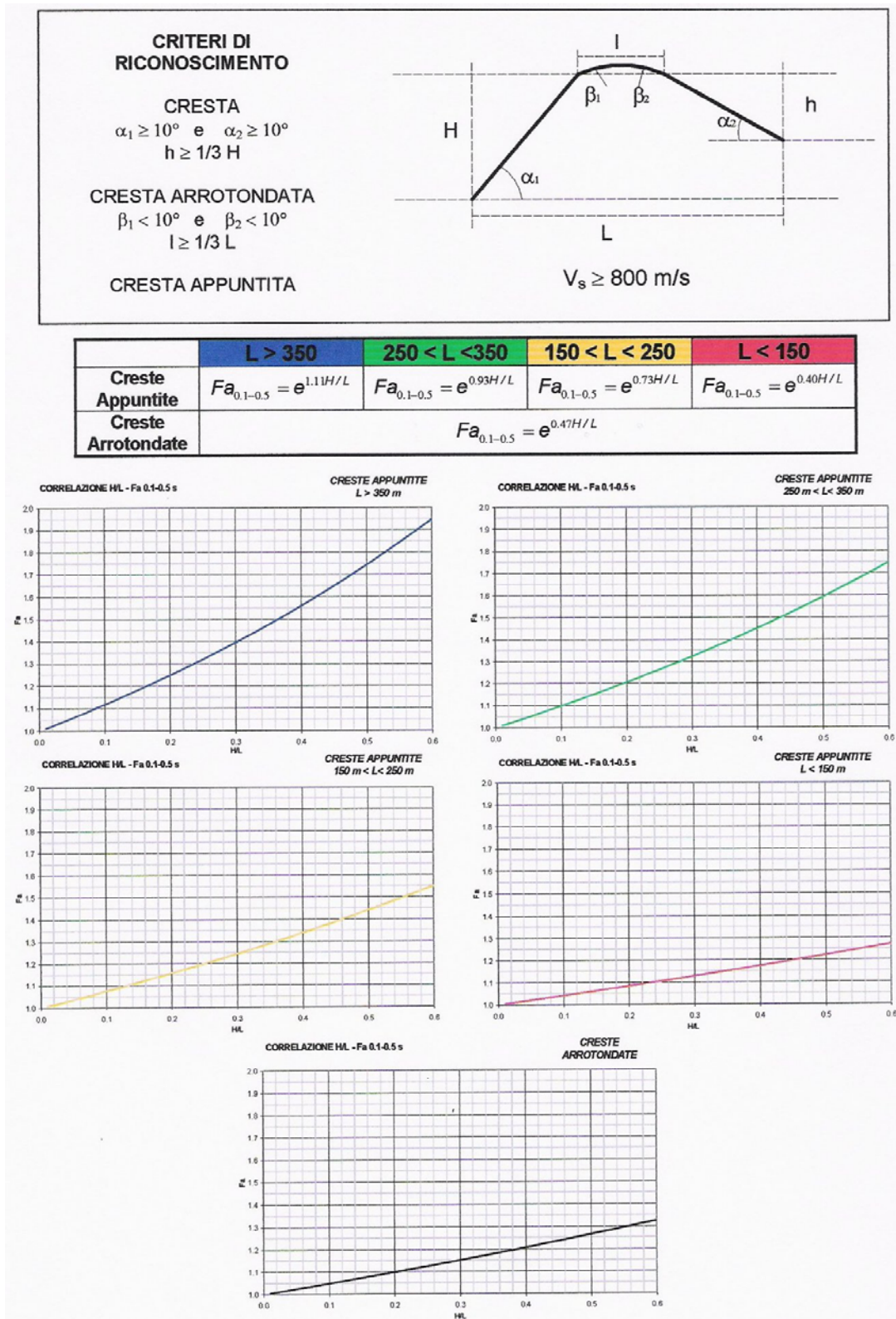
**SCHEMA EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATE - SCENARIO Z3a**



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

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

**SCHEMA EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b**

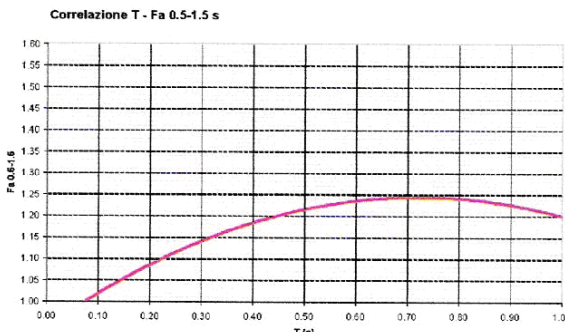
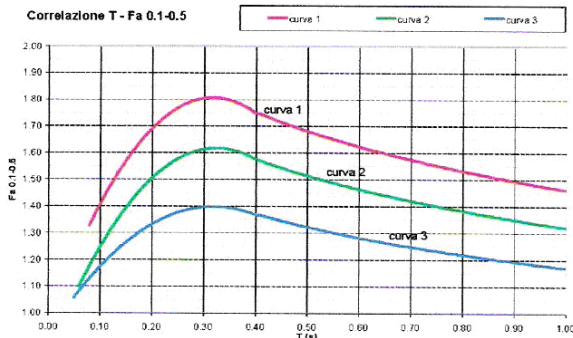
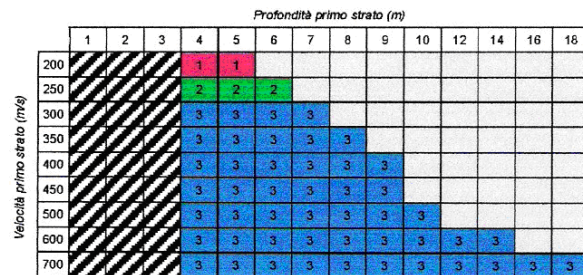
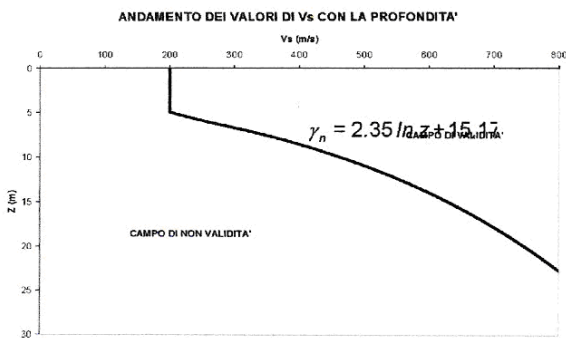


SCHEDA EFFETTI LITOLOGICI – SCENARIO Z4a – LITOLOGIA GHIAIOSA

**PARAMETRI INDICATIVI**

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

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



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

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



EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

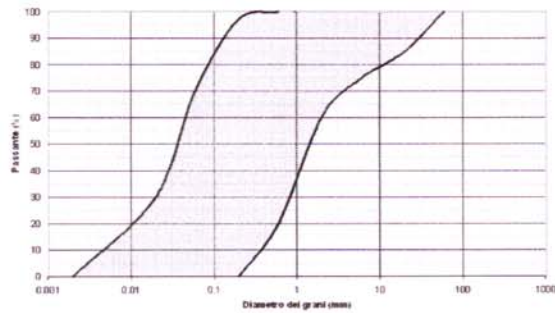
GRANULOMETRIA:

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

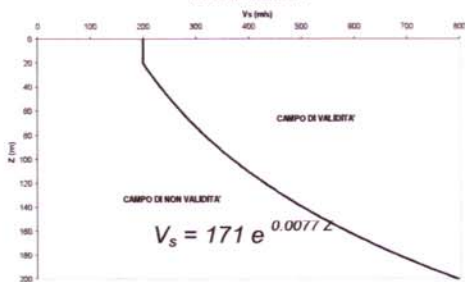
NOTE:

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

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE  $V_s$  CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA



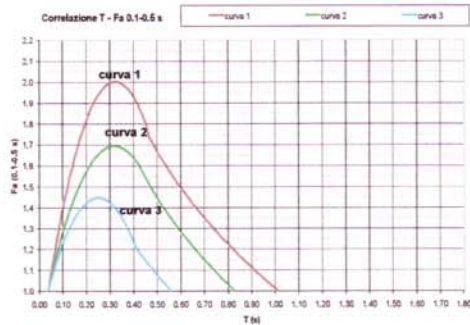
Profondità primo strato (m)	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
200	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
250	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
300	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
350	2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

ove la sigla NA indica  $F_a = 1$

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

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

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



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^2 - 2.18 T + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^2 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

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

**EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2**

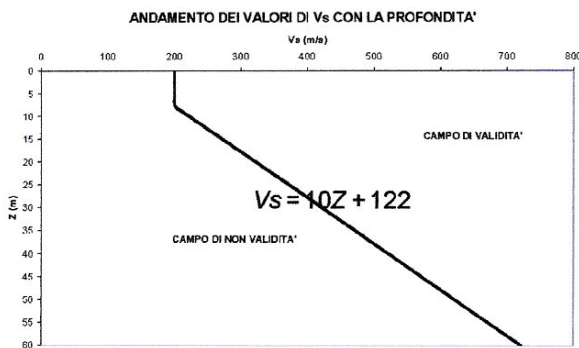
**PARAMETRI INDICATIVI**

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

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

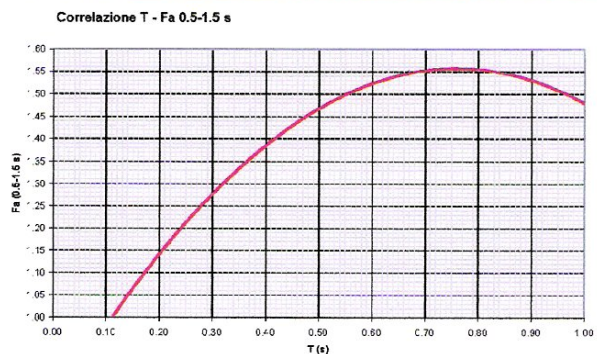
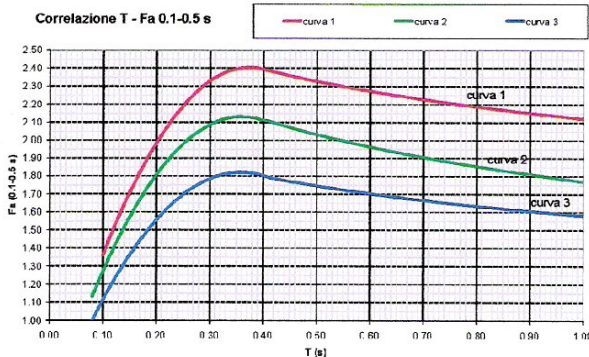
**FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO**

PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] 18.5-19.6
Peso specifico particelle solide	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ] 26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale	w [%] 25-30
Limite di liquidità	w <sub>L</sub> [%] 25-35
Limite di plasticità	w <sub>p</sub> [%] 15-20
Indice di plasticità	I <sub>p</sub> [%] 5-15
Indice dei vuoti	e 0.6-0.9
Grado di saturazione	S <sub>r</sub> [%] 90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K <sub>0</sub> 0.4-0.5
Indice di compressione	C <sub>c</sub> 0.10-0.30
Indice di rigonfiamento	C <sub>s</sub> 0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondarie	C <sub>α</sub> 0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N <sub>spt</sub> 0-20



**Profondità primo strato (m)**

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



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

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

## **4.2. Risultati analisi di secondo livello**

### **4.2.1. Verifica di secondo livello effetti morfologici**

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

Come detto precedentemente si è proceduto ad individuare in carta i tratti di cresta/crinale o quelli di scarpata rocciosa che rispondono alle condizioni indicate nelle **Schede – Effetti Morfologici**. I profili sottoposti a verifica, utilizzando la Carta Tecnica Regione Lombardia sono **6**, e **si tratta esclusivamente di creste** che risultano ubicate sul crinale della collina che sovrasta il centro edificato. La loro ubicazione è indicata sulla tavola n.2 mentre i risultati della verifica di secondo livello (F.a.) sono riportati nella sottostante tabella n.4.

Le creste sottoposte a verifica non appaiono completamente in roccia affiorante, tuttavia la coltre detritico-eluviale che le ricopre, possiede uno spessore limitato.

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

La valutazione del grado di protezione per gli scenari morfologici riconosciuti (vedi “categoria topografica”) 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 (2008). Tale valore **St** rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.



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

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

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

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

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

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

Si possono presentare quindi, due situazioni:

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

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

Risultati verifiche lungo i profili topografici						
profilo	tipologia	F.a. calcolato	$\alpha$ medio	Cat. topografica	St di norma	confronto $F_a$ ---- $St_{norma} +0,1$
profilo 1	cresta	1,18	26,46	T3	1,2	adeguato
profilo 2	cresta	1,31	32,34	T4	1,4	adeguato
profilo 3	cresta	1,20	27,95	T3	1,2	adeguato
profilo 4	cresta	1,18	27,33	T3	1,2	adeguato
profilo 5	cresta	1,11	22,88	T3	1,2	adeguato
profilo 6	cresta	1,10	33,84	T4	1,4	adeguato

Tabella n.4 Risultati analisi di secondo livello effetti morfologici

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

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

#### **4.2.2. Verifica di secondo livello effetti litologici**

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

- ad acquisire tutte le informazioni disponibili di carattere stratigrafico, quali stratigrafie di sondaggi e pozzi della zona;
- ad acquisire i risultati delle indagini geognostiche effettuate in zona;
- a recuperare le analisi di laboratorio effettuate su campioni di terreno prelevati in zona;
- ad effettuare, in 3 siti campione, indagini sismiche di tipo indiretto sia di tipo attivo (MASW) che di tipo passivo (Microtremori) ubicate in corrispondenza dell'area edificata o di possibile futura espansione urbanistica.

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

Per quanto riguarda l'ubicazione dei siti campione occorre premettere che la loro localizzazione è stata concordata con l'Amministrazione Comunale.

Dal punto di vista dell'analisi della situazione geologica comunale, si possono distinguere le seguenti aree omogenee:

- **settore di piana fluvio-glaciale.** In questa zona, che si sviluppa ad est del torrente Zerra, sono presenti, a partire dalla superficie, terreni ghiaioso sabbiosi sino ad una profondità di una 10-15 metri.  
In questo settore, in accordo con l'Amministrazione Comunale, sono state effettuate indagini geofisiche in tre siti campione: il "SITO A" è posto al limite sud dell'abitato (via Leonardo da Vinci), il "SITO B" è posto appena a est del cimitero comunale, il "SITO C" è posto in località villa Landri.  
In relazione alla documentazione bibliografica resasi disponibile, è stato possibile verificare, che le curve granulometriche dei terreni presenti in posizione distante dai rilievi collinari (Unità di Spinone), posti al di sotto dei primi 1-2 metri dal piano campagna e fino ai primi 10-15 metri di profondità, ricadono esattamente all'interno del "fuso", proposto dalla normativa regionale, per la tipologia Ghiaiosa.
- **settore di piana alluvionale lungo il torrente Zerra – Borgogna.**  
In quest'area è presente l'unità Postglaciale, unità alluvionale connessa al torrente Zerra-Borgogna, che sulla base delle informazioni bibliografiche di carattere stratigrafico acquisite si distingue dall'unità di Spinone esclusivamente per la coltre metrica (2-4 metri) sommitale di natura limoso-sabbiosa (limi di esondazione);

- **settore pianeggiante o poco inclinato al piede dei rilievi collinari.**

In questa area, in accordo con l'Amministrazione Comunale, non sono state effettuate indagini geofisiche; sono assenti inoltre anche le informazioni di carattere stratigrafico. In quest'area affiora l'Unità di Palazzago che, sulla base delle informazioni bibliografiche raccolte dai comuni confinanti, appare costituita da limi argillosi con intercalazioni sabbiose; non è conosciuto lo spessore di tali depositi e se prima di giungere al substrato roccioso di base, siano presenti depositi fluvioglaciali antichi.

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

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

In ognuno dei siti campione sono state effettuate indagini geofisiche sia di tipo attivo (MASW) che di tipo passivo (Remi).

I dati acquisiti hanno consentito inoltre di completare le informazioni richieste anche dalla normativa nazionale e di poter affermare che i terreni presenti nei primi 30 metri, ( $V_{s30}$ ) sono inquadrabili, dal punto della classificazione del suolo, come:

- Sito A, categoria sottosuolo B;
- Sito B, categoria sottosuolo B;
- Sito C, categoria sottosuolo B.

Correlando le informazioni bibliografiche di tipo geotecnico acquisite, è stato possibile ricostruire 3 schemi geotecnico-stratigrafici semplificati e mediati del sottosuolo in corrispondenza dei siti d'indagine geofisica.

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

#### Zona di pianura fluvioglaciale (LFDP- U. di Spinone) – Sito A

UNITA'	profondità di base m	litologia prevalente	Nspt	Peso volume t/mc	angolo attrito °	Cu kg/cmq	E' kg/cmq	Eed kg/cmq	$\mu$	Vs m/s
1	0,5-1,5	limi sabbiosi / ghiaie sabbiose	10 / 30	1,7 / 1,8	26 - 28 / 34	0,3 - 0,5 / 0	100 / 250	50 / -	0,32 / 0,28	335
2	10-11	ghiaie limoso sabbiose debol. argillose	30 - 75	1,8 - 1,9	37 - 42	0	250 - 450	-	0,22 - 0,28	507
1	12-16	limo argilloso		1,9 - 2,0	29	0,1 - 0,6		-		614
3	18-21	ghiaia / conglomerato		1,9 / 2,2						607
1	21-28	limo argilloso								714
3	70-72	conglomerato / ghiaie								833
1	74-78	limo argilloso								
3	78-80	conglomerato								
1	100-108	limo argilloso								

29

### COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)

**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**

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

## Zona di pianura fluvioglaciale (LFDP- U. di Spinone) – Sito B

UNITA'	profondità di base m	litologia prevalente	Nspt	Peso volume t/mc	angolo attrito °	Cu kg/cmq	E' kg/cmq	Eed kg/cmq	$\mu$	Vs m/s
1	0,5-3	limi sabbiosi	10 / 30	1,7 - 1,8	26 - 28	0,3 - 0,5	100	50	0,32 - 0,33	385
2	7-8	ghiaie e sabbie ciottolose	30 - 75	1,8 - 1,9	35 - 40		250-450	-	0,22 - 0,28	472
2	11-12	ghiaie con sabbie limoso argillose		1,9 - 2,0	33 - 40					590
2	22-24	ghiaie limoso argillose		1,85						453
1	26-30	limo argilloso		2,0						603
2	30-34	ghiaia		2,0						781
3	>34	conglomerato		2,2						877

## Zona di pianura fluvioglaciale (LFDP- U. di Spinone) – Sito C

UNITA'	profondità di base m	litologia prevalente	Nspt	Peso volume t/mc	angolo attrito °	Cu kg/cmq	E' kg/cmq	Eed kg/cmq	$\mu$	Vs m/s
1	0,5-1	limi sabbiosi ghiaiosi	8 - 10	1,7	28 - 32	-	100	50	0,32 - 0,33	447
2	9-13	ghiaie e sabbie ciottolose addensate / poco addensate	30 - 65	1,9-2,1	36 - 45	0	250 - 400	-	0,22 - 0,3	574
1	17-18	limo argilloso / limo ghiaioso	0-6 / 10-20	1,95-2,0	29 - 30	0,1 - 0,6	130 - 150	60 - 65	0,33- 0,3	735
3	23	conglomerato / ghiaie e sabbie		2						799
1	25	limo argilloso ghiaioso (loc. assente)		1,9						575
3	28-30 (35)	conglomerato		2,1						972
2	33-35	ghiaia limoso argillosa								
2	37-39	ghiaia								
3	70-74	conglomerato (ghiaia)								
1	74-85 (78)	limo argilloso (loc. presente)								
3	84-89 (85)	conglomerato								
1	98 (95)	limo argilloso								
3	108 (104)	conglomerato								
1		argilla stratificata scura e gialla								

Tabelle n.5 Proprietà dei terreni interessati dalle indagini geofisiche.

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

Punto di verifica	Periodo fondamentale ( $T_0$ )
Zona A	0,197 sec
Zona B	0,249 sec
Zona C	0,161 sec

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

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

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

Punto di verifica	T= 0,1-0,5 sec		T= 0,5-1,5 sec	
	Fa abaco	Soglia norma relativa alla categoria di sottosuolo individuata	Fa abaco	Soglia norma relativa alla categoria di sottosuolo individuata
Zona A	1,58	1,5±0,1	1,20	1,7 ± 0,1
Zona B	1,45	1,5±0,1	1,30	1,7 ± 0,1
Zona C	1,28	1,5±0,1	1,06	1,7 ± 0,1

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

In relazione ai risultati ottenuti è possibile valutare quindi l'effettivo grado di protezione offerto dall'applicazione dei parametri stabiliti dalla normativa nazionale per le categorie di sottosuolo determinate (tipo B/C) attraverso la verifica della condizione  $FA < (S+0,1)$  come indicato nel paragrafo precedente.

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

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

**La Carta di Pericolosità Sismica Locale (tavola n.1) e la Carta della Classe di Pericolosità Sismica Locale (tavola n.2), devono essere utilizzate congiuntamente alla "Carta di Fattibilità delle azioni di Piano" (tavola n. 5).**



**Adeguamento cartografia ed elaborati grafici rispetto allo studio geologico  
precedente (ottobre 2002 – maggio 2004)**

**Normativa geologica di Piano**

Questa parte di relazione contiene la **normativa geologica di Piano** distinta tra: **la parte relativa ai vincoli presenti; la parte relativa agli elementi di pericolosità/vulnerabilità individuati sul territorio, la normativa d'uso della carta di fattibilità e le prescrizioni della componente sismica.**

Tutto ciò deve far parte integrante oltre che del **Documento di Piano**, anche del **Piano delle Regole**, come riportato all'inizio della relazione.

Nel **Documento di Piano** del Piano di Governo del Territorio deve essere inserito integralmente il presente documento assieme alla Componente geologica comunale del 2002.

Nel **Piano delle Regole** devono essere contenute: le **Prescrizioni** del capitolo 7 “Norme geologiche di attuazione e carta di fattibilità geologica per le azioni di Piano”; la carta dei vincoli (tavola n.3) ; la carta di sintesi (tavola n.4); la carta di fattibilità geologica (tavola n.5), le prescrizioni **Prescrizioni** per gli scenari di pericolosità sismica locale unitamente alla **Carta di Pericolosità Sismica Locale** (tavola n.1 e 2).

In questa parte dello studio vengono analizzati congiuntamente tutti gli elementi di carattere geologico, idraulico, idrogeologico, geotecnico ed ambientale raccolti già in gran parte nello studio geologico comunale a cura di Arethusa (ottobre 2002 – febbraio 2004), aggiornati e rielaborati secondo quanto previsto dalla nuova normativa regionale in materia (D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008).

Per quanto riguarda la delimitazione delle aree oggetto di escavazione e successiva discarica inerti, si preme di porre in evidenza che la loro localizzazione ed estensione è stata accertata sulla base della documentazione consultata dallo scrivente; tuttavia in alcune aree oggetto di antica escavazione e successivo riempimento, in mancanza di documentazione, la ricostruzione si è basata su testimonianze locali.

Pertanto la fase di sintesi, di valutazione e di proposta, oltre ai vincoli di carattere geologico-

ambientale esistenti, viene aggiornata tenendo in considerazione di tutte le problematiche legate alle peculiarità del territorio comunale che possono condizionare il Governo del Territorio.

## **5. CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI**

Sulla carta dei vincoli esistenti (**tavola n. 3**) sono riportate le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti dall'applicazione della normativa di carattere prettamente geologico-idraulico-idrogeologico-ambientale.

Per quanto riguarda il territorio in questione sono presenti:

### **- Vincoli di polizia idraulica relativi al reticolo idrico comunale s.l.**

Su tutte le "acque pubbliche" valgono le disposizioni del R.D. 523/1904 (per il reticolo idrico principale e gli altri corsi d'acqua naturali) 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).

Il reticolo idrico si differenzia in "**Reticolo idrico principale**" di competenza dell'ente regionale, "**Reticolo idrico consortile**" di competenza nel caso specifico del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca e "**Reticolo Idrico Minore**" di competenza comunale.

Per il reticolo idrico principale e sui corsi d'acqua del reticolo idrico minore sono state stabilite fasce di rispetto di 10 metri di larghezza a partire dalla sommità della sponda o dal piede esterno dell'argine di protezione.

Per il reticolo idrico consortile in deroga ai 10 metri, è stata individuata una fascia di rispetto ridotta a 5 metri.

Indicazioni più dettagliate su tali fasce e sulla normativa di polizia idraulica ad esse correlate, sono contenute nello studio "**Individuazione del reticolo idrico minore**" ai sensi della D.G.R. 7/7868 del 25/01/2002 e s.m.i. (Arethusa, settembre 2006) e sottoposto al parere vincolante della competente Sede Territoriale della Regione Lombardia, che ha dato esito positivo con parere n. AD06.2007.0008231 del 19/06/2007.

### **- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile**

Attorno alle opere di captazione ad uso idropotabile, nel caso specifico: **il pozzo comunale di via Manzoni posto all'angolo con via don Cavagna e il pozzo di Bolgare in via**

**Europa, gestiti da UNIACQUE (cfr: SITer@ - Banca dati delle risorse idriche della Provincia di Bergamo)**, sono presenti 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). Si distinguono in

**Zona di tutela assoluta:** è costituita dall'area immediatamente circostante la captazione o la derivazione; 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, deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e a 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 particolare 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;
- 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.

**In assenza dell'individuazione da parte della regione della zona di rispetto, la medesima ha estensione circolare di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione.**

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."**

**Zone di protezione:** devono essere delimitate secondo le indicazioni della regione per assicurare la protezione del patrimonio idrico. In esse si possono adottare misure relative alla specifica destinazione del territorio interessato, limitazioni e prescrizioni per gli insediamenti civili, produttivi, turistici, agroforestali e zootecnici da inserirsi negli strumenti urbanistici comunali, provinciali, regionali, sia generali sia di settore.

Le regioni, al fine della protezione delle acque sotterranee, anche di quelle non ancora

utilizzate per l'uso umano, individuano e disciplinano, all'interno delle zone di protezione, le seguenti aree:

- a) aree di ricarica della falda;
- b) emergenze naturali e artificiali della falda.
- c) zone di riserva.

- **Zona “I” del PAI (Art.49 N.d.A. del P.A.I.). Aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni.**

Tale zona, è stata oggetto dello studio idraulico di dettaglio denominato “**Roggia Borgogna – Riperimetrazione Zona “I” – Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni di PRG e valutazione delle condizioni di rischio**” (Arethusa, Aprile 2006). Lo studio mirato alla valutazione della condizione di rischio da esondazione del torrente Zerra - Roggia Borgogna nelle aree poste all'interno del centro edificato e alla proposta di riperimetrazione della Zona I, ha ottenuto parere favorevole dalla Regione Lombardia con parere n. Z1.2006.0012621 del 26 maggio 2006.

La Zona “I” si suddivide in due porzioni, una interna al centro edificato ed una esterna a tale delimitazione:

- **per le aree interne al centro edificato è stata valutata la condizione di rischio e pertanto si applica quanto disposto dall'Art.51 comma 5 delle N.d.A. del P.A.I.;**
- **per le aree esterne al centro edificato, dove non è stata valutata la condizione di rischio, vale quanto disposto dall'Art.51 comma 3 delle N.d.A. del P.A.I.**

- **Aree di dissesto soggette all'Art. 9 delle N.d.A.** Le aree in dissesto individuate in corrispondenza del settore collinare del territorio comunale, sono state riportate in carta in quanto soggette alla normativa del PAI e in particolare all'Art. 9 del N.d.A. del PAI “**Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico**”.

## **6. 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 (anno 2000-2002), tutte le informazioni di carattere geologico-geotecnico, geomorfologico, idraulico, idrogeologico ed ambientale. Tali informazioni sono state aggiornate allo stato attuale, attraverso sopralluoghi mirati anche alla verifica della situazione morfologica reale rispetto a quanto rappresentato sulla base topografica disponibile.

Sulla carta di sintesi 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: "**Ig**";

Una suddivisione più dettagliata di queste tipologie principali è proposta nella tabella di seguito allegata (vedi tabella n.4 "Classi d'ingresso" tratta dalla D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008) dove si vede la corrispondenza esistente tra la tipologia di pericolosità individuata e la classe di fattibilità geologica per le azioni di piano ad essa associata.

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

<b>Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti</b>		<b>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico</b>	
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 altezze 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 (comprehensive di 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	<b>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche</b>	
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	<b>Aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali</b>	
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		
<b>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico</b>			
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 inghiottiti e doline)	4		
		<b>Classe</b>	<b>Norme</b>
		4	
		3	Consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 30, 38, 38-bis, 38-ter, 39 e 41 delle N.d.A. del PAI
	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
	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
	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.4. Classi di ingresso. Tipologia di pericolosità ➡ attribuzione classe di fattibilità.

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)  
Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale  
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

## **AREE PERICOLOSE PER INSTABILITA' DEI VERSANTI**

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

- le scarpate gravitative o di origine antropica soggette a distacco di blocchi e massi di substrato roccioso (attive e quiescenti);
- le porzioni di territorio in frana (quiescenti);
- l'area soggetta in passato (1950-1955) ad un episodio di colata detritica che ha coinvolto un cascinale;
- aree a pericolosità potenziale per la giacitura sfavorevole della stratificazione rocciosa (si tratta tuttavia di un franapoggio più inclinato del pendio) o per la presenza di un substrato soggetto ad intensa fatturazione su pendii a forte inclinazione;

## **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:

- alvei appartenenti al reticolo idrografico naturale (principale e minore);
- aree soggette a rischio idrogeologico molto elevato (Zona I del PAI). Tale area è stata oggetto dello studio idraulico di dettaglio: "Roggia Borgogna – Riperimetrazione "Zona I" Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni di PRG e valutazione delle condizioni di rischio" risultato conforme a quanto previsto dalla normativa. Lo studio ha valutato le condizioni di rischio all'interno del centro edificato così come definito all'Art.18 della Legge 865 del 22 ottobre 1971 ed ha proposta la ridelimitazione dell'intera area a rischio.

Il torrente Zerra in passato è sempre stato soggetto a eventi esondativi con frequenza praticamente annuale come si può leggere nella relazione tecnica del Prof. Ugo Maione (28/02/1978) a corredo del "Progetto di costruzione dello scolmatore delle acque di piena del torrente Zerra nel fiume Serio – manufatti di distacco e di sbocco". Pertanto il fiume in quel periodo è stato oggetto di interventi di protezione delle sponde e di realizzazione di arginature e di rettifiche.



## **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:

- sorgenti captate a uso vario;
- sorgenti non captate;
- aree a bassa soggiacenza della falda (profondità della superficie di falda inferiore ai 5 metri rispetto al piano campagna). L’area a bassa soggiacenza è stata delimitata sulla base delle poche informazioni bibliografiche disponibili e pertanto la sua effettiva estensione, potrebbe essere soggetta ad imprecisioni.

## **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 saturi a partire dalla superficie e con spessori metrici;
- aree con prevalenza di terreni sabbioso-limosi, localmente saturi, a partire dalla superficie e per spessori metrici;
- aree oggetto di escavazione sino alla profondità di 10-15 metri e successivo riporto sino a piano campagna con materiali a prevalente natura inerte;
- area oggetto di escavazione e successiva realizzazione/gestione discarica di rifiuti speciali e R.S.U.

## **7. NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE E CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO**

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; approfondimenti per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio, progettare eventuali sistemi di monitoraggio necessari a controllare fenomeni in atto o potenziali; per la stesura di piani di Protezione Civile.

Alle classi di fattibilità individuate devono essere sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale (tavola n.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 **Capitolo 8. Prescrizioni per gli scenari di Pericolosità Sismica Locale**).

Per la stesura della **Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano (tavola n. 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** secondo quanto indicato nella tabella n.4 allegata alla normativa regionale (Tabella 1 Classi d'ingresso).

Seguendo le indicazioni riportate nei criteri ed indirizzi regionali per la stesura della "Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano", sono state classificate, mediante sigle e colori, le diverse classi/sottoclassi di fattibilità geologica in corrispondenza delle aree omogenee individuate nella fase di sintesi.

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 (mantenendo la stessa terminologia e sigle adottate per la carta di sintesi).

**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, nei successivi paragrafi, vengono indicate le indagini specifiche che si devono affrontare, con diverso grado di dettaglio a secondo della classe di appartenenza; cio' 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** (per ad es: nuove edificazioni, ristrutturazioni comportanti significativi ampliamenti o aumenti del carico insediativo o 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).

Nella valutazione relativa alle classi di fattibilità si è tenuto in considerazione anche le limitazioni imposte dalla normativa relativamente: alle aree in dissesto P.A.I. e alla Zona I del PAI.

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 non sono presenti specifiche problematiche di carattere geologico e 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”.

Per quanto riguarda il comune di Costa di Mezzate, non sono presenti aree che ricadono in classe 1..

### **Classe 2 – Fattibilità con modeste limitazioni**

In questa classe, indicata in **giallo** sulla cartografia, ricadono le aree dove 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, dovranno 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 2Gt:** aree con problematiche di tipo geologico-geotecnico.

In tale sottoclasse ricade tutta la zona di pianura costituente il Livello Fondamentale della Pianura e la piana alluvionale postglaciale del torrente Zerra e ai terreni fluvioglaciali appartenenti all'Unità di Spinone; ciò per la presenza a partire dalla superficie sino a qualche metro di profondità, di terreni poco addensati che presentano caratteristiche geotecniche da medie e mediocri.

In particolare ciò vale per i terreni che affiorano in corrispondenza della piana del torrente Zerra; secondo vari autori, essa si sarebbe sviluppata su un antico paleoalveo posto al limite tra le due conoidi del fiume Serio e quella del fiume Cherio.

In corrispondenza di tale fascia, lungo il torrente Zerra, sono spesso presenti a partire dalla superficie, sino a 3-5 metri di profondità, sabbie fini e limi sabbiosi con caratteristiche geotecniche mediocri.

In queste aree, **con particolare riferimento alla piana postglaciale del torrente Zerra**, è necessaria l'effettuazione di un'approfondita campagna d'indagini geognostiche mirata all'individuazione di eventuali eterogeneità laterali e verticali, alla possibilità di innesco di fenomeni di liquefazione ed all'accertamento della posizione della superficie freatica.

Le risultanze delle indagini e delle valutazioni saranno contenute in una dettagliata relazione specialistica che valuti la compatibilità geologica dell'intervento in questione e che dovrà essere allegata alla documentazione progettuale.

**Sottoclasse 2Id:** aree con problematiche di tipo idraulico.

In tale sottoclasse ricadono tutte le aree pianeggianti adiacenti al torrente Zerra e poste all'interno del centro edificato, dove lo studio idraulico ha accertato una condizione di rischio derivante da fenomeni esondativi di tipo R1 e R2.

In tali aree secondo quanto riportato sulla relazione idraulica **“Per quanto concerne la compatibilità dell'uso del suolo con le condizioni di rischio idraulico, i livelli di rischio R1-R2 sono caratterizzati da parametri di velocità del flusso e/o del tirante idrico talmente bassi che tali aree si possono ragionevolmente considerare compatibili con qualsiasi proposta di modifica di uso del suolo”**.

### **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 (frane o crolli), 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, indagini idrogeologiche e chimiche, 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 (NTC-2008).

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 all'eliminazione di ogni 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 3St:** aree con problematiche di tipo instabilità versanti.

In tale sottoclasse ricade tutta la collina. Si è deciso di far rientrare tutto il rilievo collinare in tale sottoclasse in quanto da rilievi accurati, oltre ai fenomeni d'instabilità presenti, sono apparse estese e spesse le coltri eluviali/detriche (anche di origine antropica) caratterizzate da abbondante matrice fine limoso sabbiosa; pertanto qualsiasi alterazione topografica o del grado di equilibrio di tali coperture può condurre a fenomeni d'instabilizzazione. In alcuni punti inoltre il grado di fratturazione della roccia, anche se disposta a traverpoggio, è apparso elevato.

Appartiene a tale sottoclasse l'accumulo detritico relativo alla colata detritica verificatasi tra gli anni '50 e '55 e classificata sulla carta del dissesto PAI (tavola 6) come **Cn** e soggetta all'Art. 9 comma 9 delle N.d.A. del PAI. Nel caso specifico occorrerà valutare soprattutto la possibilità di ripetizione del fenomeno.

Nel caso di realizzazione di opere in queste aree si ritiene necessaria un'attenta valutazione preventiva del grado di stabilità globale pre/post intervento. Ciò consentirà, in fase esecutiva, di valutare attentamente le opere di protezione/sostegno e consolidamento necessarie per la messa in sicurezza dell'area.

Si ritiene indispensabile l'effettuazione di un'approfondita campagna d'indagini geognostiche mirata all'acquisizione di tutti i parametri necessari per effettuare le valutazioni su indicate. Le risultanze di indagini e le valutazioni saranno contenute in una dettagliata relazione specialistica che valuti la compatibilità geologica dell'intervento in questione e che dovrà essere allegata alla documentazione progettuale.

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

In questa sottoclasse ricade tutta l'area poco inclinata compresa tra i rilievi collinari, qui prevalgono terreni prevalentemente limoso-argillosi fino a profondità elevate e frequentemente saturi.

L'edificazione in queste aree dovrà tenere in considerazione i seguenti elementi:

- la ridotta capacità portante dei terreni naturali;
- una superficie di falda posta a ridotta profondità rispetto al piano campagna o la possibile presenza di falde sospese, poco profonde, a carattere temporaneo legate a circolazioni idriche preferenziali lungo orizzonti più permeabili;

- la previsione di elevati cedimenti totali/differenziali per compattazione/consolidazione del terreno;
- la possibilità di dover adottare soluzioni fondazionali di tipo profondo o misto.
- la verifica di stabilità dei fronti di scavo sia a breve che a lungo termine e l'eventuale necessità del loro sostegno temporaneo o definitivo.

Ricadono in questa classe anche tutte le aree oggetto in passato di escavazione di inerti che successivamente si sono trasformate in discariche di materiali di riporto inerti (cfr. tabella 4 Classi Ingresso: "Aree con riporti di materiale, aree colmate").

Nel caso di edificazioni in corrispondenza di queste zone si dovrà tenere in considerazione i seguenti elementi:

- la ridotta capacità portante dei terreni di riporto;
- la loro disomogeneità che può indurre elevati cedimenti sia totali che differenziali a causa della compattazione nel tempo;
- **la necessità di caratterizzare sia visivamente che con accertamenti analitici la natura dei terreni di riporto laddove non esistano accertamenti precedenti o vi siano dubbi in merito;**
- l'elevata probabilità di dover adottare soluzioni fondazionali di tipo profondo o misto.

Per gli interventi in queste aree si ritiene indispensabile l'effettuazione di un'approfondita campagna d'indagini geognostiche mirata all'acquisizione di tutti i parametri necessari per effettuare le valutazioni su indicate. Le risultanze di indagini e valutazioni saranno contenute in una dettagliata relazione specialistica che valuti la compatibilità geologica dell'intervento in questione e che dovrà essere allegata alla documentazione progettuale.

**Sottoclasse 3Id:** aree con problematiche di tipo idraulico.

In tale sottoclasse ricadono tutte le aree pianeggianti adiacenti al torrente Zerra e poste all'interno del centro edificato, dove lo studio idraulico ha accertato una condizione di rischio derivante da fenomeni esondativi di tipo R3.

In tali aree secondo quanto riportato sullo studio idraulico: "Roggia Borgogna – Ripermimetrazione "Zona I" Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni di PRG e valutazione delle condizioni di rischio" (risultato conforme a quanto previsto dalla normativa dai competenti organi regionali con lettera prot. n. Z120060012621 del 26/05/2006), tali aree sono compatibili con gli interventi di trasformazione territoriale a condizione che si attuino le adeguate misure di mitigazione del rischio. Queste misure si identificano con degli accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e



strutture e/o che consentano la facile ed immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili; tali accorgimenti dovranno essere indicati quali prescrizioni alla realizzazione del nuovo intervento.

Si elencano di seguito le principali prescrizioni che dovranno essere recepite dal Piano e a cui dovranno essere sottoposti gli interventi eseguibili in tali aree (cfr. Allegato 3 della D.G.R. n. 7/7365 dell'11/12/2001), specificando che, per quanto riguarda l'altezza raggiunta dal livello della piena e la direzione principale del flusso idrico, i quali costituiscono gli elementi fondamentali per l'applicazione delle suddette prescrizioni e il dimensionamento delle eventuali opere di mitigazione, si dovrà fare riferimento alle quote di massima piena scaturite dal calcolo idraulico e illustrate nella Tavola 3 della relazione idraulica su indicata. In essa sono infatti rappresentate sia la trasposizione planimetrica della superficie dell'onda di piena calcolata per la piena di riferimento, sotto forma di linee di ugual quota sul livello del mare, che le linee di flusso idrico da essa derivate.

### **1) Accorgimenti, quali prescrizioni, necessari a garantire la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale**

#### **Misure atte ad evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture**

- 1) realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali, sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento;
- 2) non realizzare piani interrati;
- 3) realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello della piena di riferimento a tenuta stagna; disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- 3) progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, i quali potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
- 4) progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- 5) favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.

#### **Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni**

- 1) opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione;
- 2) opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- 3) fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento in suoli coesivi.

#### **Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione**

- 1) uscite di sicurezza, situate sopra il livello della piena di riferimento, di dimensioni sufficienti per consentire l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
- 2) vie di evacuazione situate sopra il livello di piena di riferimento;

#### **Altre misure**

- 1) Utilizzare materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche;
- 2) Utilizzare materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

Si sottolinea inoltre, che ai sensi dell'Art.4 comma A (allegato 3) della D.G.R.n.7/6645, si dovrà comunque verificare che l'eventuale occupazione del suolo non ponga ostacolo al libero deflusso delle acque limitando in modo significativo la capacità di invaso dell'area golenale, utilizzando la procedura indicata nella delibera stessa e ripresa dalla D.G.R.8/7374 del 28/05/2008 (allegato 4, punto 4 comma A).

#### **2) Accorgimenti, quali prescrizioni, necessari a garantire la compatibilità degli interventi modificativi ed integrativi del patrimonio edilizio esistente nonché il recupero dello stesso.**

#### **Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture**

- 1) realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali, sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento;
- 2) la dismissione dei piani interrati esistenti;
- 3) realizzare le nuove aperture degli edifici situate al di sotto del livello della piena di riferimento a tenuta stagna; disporre i nuovi ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- 4) progettare la disposizione degli ampliamenti dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
- 5) progettare la disposizione degli ampliamenti dei fabbricati in modo da limitare la presenza di

lunghe strutture trasversali alla corrente principale;

- 6) favorire nella modifica della viabilità interna, il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.

**Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni negli interventi modificativi ed integrativi e di ristrutturazione degli edifici esistenti.**

- 1) opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione;
- 2) opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- 3) fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento in suoli coesivi.

**Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione negli interventi modificativi ed integrativi e di ristrutturazione degli edifici esistenti.**

- 1) realizzare le uscite di sicurezza, situate sopra il livello della piena di riferimento, di dimensioni sufficienti per consentire l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
- 2) realizzare le vie di evacuazione al di sopra il livello di piena di riferimento..

**Altre misure**

- 1) Utilizzare materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche;
- 2) Utilizzare materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

**Sottoclasse 3Ig:** aree con problematiche di tipo idrogeologico.

Nella sottoclasse 3Ig ricade tutta la zona a bassa soggiacenza (livello freatico posto a profondità inferiore ai 5 metri rispetto al piano campagna).

In tali aree l'effettuazione di scavi per la realizzazione di interrati di edifici può comportare l'intercettazione della superficie freatica o di venute d'acqua per lo più concentrate legate ad una circolazione idrica preferenziale lungo orizzonti più permeabili intercalati ai terreni fini limoso-argillosi.

In queste zone la realizzazione di un edificio e/o l'esecuzione di uno scavo potrà incontrare le seguenti problematiche:

- la riduzione della capacità portante dei terreni saturi ivi presenti;
- la necessità di mantenere costantemente drenato lo scavo dalle acque di falda;

- l'eventuale sostegno delle pareti di scavo;
- la necessità di dover realizzare opere di impermeabilizzazione nel caso di piani interrati;
- estrema cautela nel realizzare serbatoi e tubazioni interrate per lo stoccaggio di sostanze inquinanti.

Alla sottoclasse 3Ig sono state attribuite tutte le aree nelle quali si sono svolte attività di escavazione di ghiaie e sabbie alle quali si è succeduta l'attività di discarica d'inerti che ha comportato il riempimento fino a piano campagna.

In queste aree sarà indispensabile l'accertamento quali-quantitativo dei materiali di riporto presenti.

## **Classe 4 – Fattibilità con gravi limitazioni**

In questa classe, indicata in **rosso** sulla carta di tavola 5, ricadono tutte quelle aree per le quali l'elevata situazione di pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni alla modifica di destinazione d'uso.

**In queste aree 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, senza aumento di superficie o volume, senza aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.**

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

Lo stesso dicasi per le aree a rischio idrogeologico molto elevato, come nel caso specifico la "Zona I", all'esterno del perimetro del centro edificato, che risulta soggetta al comma 5 dell'Art.51 delle N.d.A. del PAI.

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 4St:** aree con problematiche legate a fenomeni d'instabilità.

In questa sottoclasse ricadono le aree coinvolte in movimenti franosi in epoca recente che risultano attualmente attive o quiescenti; le pareti in roccia dalle quali si possono staccare dei massi; le aree caratterizzate da una certa diffusione di frane anche se di piccola entità.

Laddove definibile, ricade in tale sottoclasse oltre all'area in dissesto anche l'area sottostante direttamente influenzata dall'evoluzione del fenomeno.

Sono ivi comprese le aree riportate sulla carta del dissesto (tavola 6) classificate come: **Fa** (aree

interessate da frana attiva); **Fq** (aree interessate da frane quiescenti). Tali aree sono soggette a quanto disposto rispettivamente ai comma 2, 3 dell'Art. 9 N.d.A. del PAI.

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:**

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- 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;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento, restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- 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;

**nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:**

- 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;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purchè consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai

sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;

- 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 dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata sino 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.

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

In questa sottoclasse ricade l'area oggetto di estrazione materiali inerti quali: ghiaie e sabbie, destinata successivamente a discarica di rifiuti solidi urbani e localizzata in località Portico Testa.

**Sottoclasse 4 Id:** aree con problematiche di tipo idraulico.

Appartengono alla sottoclasse 4Id gli alvei fino alla sommità della sponda o al piede esterno dell'argine di protezione e le possibili zone di esondazione dei corsi d'acqua del reticolo idrografico principale, minore e consortile.

Le fasce di rispetto lungo il reticolo idrico principale e minore e consortile sono riportate sulla carta dei vincoli (tavola n.3) e più dettagliatamente sullo studio per la definizione del reticolo idrico minore (Arethus, giugno 2007).

Ricadono in questa sottoclasse le aree **in centro edificato classificate come R4 (rischio molto elevato)** – per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi

agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale) dallo studio idraulico “Roggia Borgogna – Riperimetrazione “Zona I” Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni di PRG e valutazione delle condizioni di rischio.

**Tali aree sono da ritenersi incompatibili con qualunque tipo di urbanizzazione e in esse dovranno essere escluse nuove edificazioni e infrastrutture** (edifici, industrie, depositi, parcheggi etc.).

Sono pertanto consentiti esclusivamente:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia, così come definiti alle lett. a), b), c) dell’art. 27 della Legge Regionale 12 del 12 marzo 2005, senza aumento di superficie o volume. Per la loro realizzazione si dovranno adottare tutte le misure di mitigazione del rischio indicate per la sottoclasse 3Id per le zone a rischio R3;
- la dismissione dei piani interrati esistenti;
- per i piani terra degli edifici esistenti, gli interventi comportanti il mutamento di destinazione d’uso da residenziale a non residenziale;
- gli interventi di ampliamento finalizzati esclusivamente alla realizzazione di corpo scala che attenuino o eliminino le cause che determinano le condizioni di rischio;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità con riferimento alle caratteristiche del fenomeno atteso. Le sole opere consentite sono quelle rivolte al recupero strutturale dell’edificio o alla protezione dello stesso;
- la manutenzione, l’ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purchè non concorrano ad incrementare il carico insediativo e non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio, e risultino essere comunque coerenti con la pianificazione degli interventi d’emergenza di protezione civile. I progetti relativi agli interventi ed alle realizzazioni in queste aree dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità idraulica che dovrà ottenere l’approvazione dell’autorità idraulica competente;



- gli interventi volti alla tutela e alla salvaguardia degli edifici e dei manufatti vincolati ai sensi del D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e successive modifiche e integrazioni, nonché di quelli di valore storico-culturale così classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti;
- gli interventi per la mitigazione del rischio idraulico presente e per il monitoraggio dei fenomeni.

Ricadono in questa sottoclasse anche **le aree perimetrate in Zona I dal PAI ed esterne al centro edificato dove vale quanto indicato all'Art. 51 comma 3 delle N.d.A. del PAI** che così recitano.

Nelle aree perimetrate come ZONA I nell'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 di Piano, esterne ai centri edificati, sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lett. a), b), c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità con riferimento alle caratteristiche del fenomeno atteso. Le sole opere consentite sono quelle rivolte al recupero strutturale dell'edificio o alla protezione dello stesso;
- la manutenzione, l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purchè non concorrano ad incrementare il carico insediativo e non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio, e risultino essere comunque coerenti con la pianificazione degli interventi d'emergenza di protezione civile. I progetti relativi agli interventi ed alle realizzazioni in queste aree dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità idraulica che dovrà ottenere l'approvazione dell'Autorità idraulica competente;
- gli interventi volti alla tutela e alla salvaguardia degli edifici e dei manufatti vincolati ai

sensi del D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e successive modifiche e integrazioni, nonché di quelli di valore storico-culturale così classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti;

- gli interventi per la mitigazione del rischio idraulico presente e per il monitoraggio dei fenomeni.

## **8. PRESCRIZIONI PER GLI SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**

Le indicazioni contenute nel presente paragrafo sono da considerarsi a tutti gli effetti integrative di quelle contenute nel capitolo precedente “**Norme geologiche e Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano**”.

La carta di P.S.L. (tavola n.1) deve essere utilizzata congiuntamente, sovrapponendola, alla Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano (tavola n.5).

Per il comune di Costa di Mezzate 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° e/o di 3° livello e la “Carta della classe di pericolosità sismica” (tavola n.2) con individuate le aree ove è stato effettuato l’approfondimento di 2° livello.

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

1. in generale i progetti relativi a future edificazioni dovranno tenere attentamente in considerazione oltre alle caratteristiche dell’area di edificazione, anche la situazione geologico-geomorfologico-idrogeologica circostante (ad esempio non si può non tenere in considerazione il fatto che un edificio sia posto al piede o alla sommità di un versante oppure sia posto in corrispondenza del ciglio sommitale di una scarpata);
2. per le zone omogenee **Z1a** non è prevista possibile nessuna edificazione;
3. per le zone omogenee **Z1b, Z1c, Z2 e Z5** individuate, laddove non ricadono in classe di fattibilità 4, la normativa regionale prescrive il passaggio diretto al terzo livello di approfondimento da effettuarsi in fase di progettazione;
4. per le zone a PSL **Z2a** - Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti e coincidenti con aree adibite in passato a scavi e riporti (es: ex-cave divenute discariche di inerti con recupero a piano campagna) o più semplicemente terreni di riporto, anche estesi, soprattutto se di terreni fini.  
Nel caso di interventi di tipo edificatorio su questi terreni, occorrerà effettuare indagini geognostiche/geofisiche accurate ed analisi di terzo livello mirate a caratterizzare in dettaglio i terreni ivi presenti ed a valutare attentamente la tipologia della fondazioni (superficiali o profonde) da adottare onde evitare problematiche a posteriori;
5. per le zone a PSL **Z2b** - Zone soggette a possibili fenomeni di liquefazione indotti da eventi sismici, occorre distinguere tra:

- per il settore di territorio comunale che è interposto tra i rilievi collinari o si sviluppa immediatamente alla loro base, dove sono prevalenti terreni limoso-argillosi per lo più saturi, se si esclude il fattore legato alle caratteristiche di magnitudo e alla durata del sisma, la presenza di terreni naturali fini prevalentemente coesivi dovrebbe limitare l'insorgenza di eventuali fenomeni di liquefazione; tuttavia per tali zone, non è stato possibile reperire informazioni dettagliate sulle caratteristiche geotecniche dei terreni.

In queste zone si ritiene pertanto necessario, come indicato nella normativa, l'accertamento, in fase di progettazione, della relativa suscettibilità alla liquefazione (analisi di 3° livello) entro la prima quindicina di metri di profondità;

- per il settore di territorio comunale a cavallo del torrente Zerra-Borgogna, a nord della strada provinciale n.67, e più in particolare, per la zona in sponda destra torrente, la presenza di spessi depositi fini limoso-sabbiosi superficiali e di una superficie di falda a ridotta profondità potrebbero, favorire l'insorgere di questo fenomeno. Pertanto in queste zone si ritiene necessario, secondo quanto indicato nella normativa, l'accertamento, in fase di progettazione, della relativa suscettibilità alla liquefazione (analisi di 3° livello) entro la prima quindicina di metri di profondità;

6. nelle zone omogenee **Z3b, Z4a, Z4b e Z4d**, in fase di pianificazione (aree oggetto di espansione urbanistica), devono essere effettuate verifiche di 2° livello mediante l'impiego delle schede e degli abachi allegati alla normativa regionale.

Nel caso invece di singoli e limitati interventi edificatori, al di fuori delle aree d'indagine campione, in fase di progettazione esecutiva, sarà necessario effettuare verifiche di secondo/terzo livello

Nel caso ci si trovi in corrispondenza di una cresta o di una scarpata dove il substrato roccioso sia presente a profondità superiore alla quota d'imposta delle fondazione, nelle verifiche occorrerà considerare sia gli effetti di amplificazione legati a **fattori morfologici** che quelli legati a **fattori litologici** (prevalenti).

L'utilizzo della metodologia regionale per la stima del valore di Fa da confrontare con il valore di Soglia fornito per il comune di Costa di Mezzate, limitatamente alle aree sottoposte all'analisi di 2° livello, ha fornito i risultati riportati nelle tabelle n.5, 6 e 7 e negli allegati n.1 e 2.

Per i siti campione oggetto di verifica di secondo livello si possono trarre le seguenti considerazioni:

- per la zone **Z3b** (zone di cresta o crinale roccioso) oggetto di verifiche di tipo morfologico di 2° livello (la traccia dei profili è ubicata in tavola 2), non si è avuto nessun supero del valore di soglia stabilito dalla normativa nazionale (**St**) per la categoria topografica di appartenenza.

Pertanto la **classe di pericolosità attribuita è la H1, l'adozione quindi dei parametri relativi allo spettro di normativa per la categoria topografica di appartenenza, offre un sufficiente grado di protezione nei confronti degli effetti reali di amplificazione sismica legati alla morfologia;**

- nelle zone **Z4a** (area di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi) e nelle zone **Z4d** (zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale), in accordo con l'ufficio tecnico comunale, sono state effettuate verifiche litologiche di 2° livello su **3 aree campione** che risultano rappresentative delle principali situazioni litologico-stratigrafiche presenti in corrispondenza

## **COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)

**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**

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

del territorio comunale.

I terreni presenti nelle aree campione A, B e C sottoposte a verifica di 2° livello, risultano appartenere alla categoria di sottosuolo “B”. Il valore di F.a. ottenuto in queste zone, è risultato inferiore al valore di soglia indicato per la categoria di sottosuolo in questione ( $F_a < S+0,1$ ) vedi tabella n. 7. Pertanto la **classe di pericolosità attribuita è la H1 e l'adozione dei parametri relativi allo spettro di normativa, per la categoria di sottosuolo di appartenenza, risulta essere sufficientemente cautelativa, non sono necessarie pertanto analisi di 3° livello.**

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

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

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

## **9. CARTA DEL QUADRO DI DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI**

La Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I., redatta in scala 1:10.000 su base C.T.R.L., è finalizzata 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..

Su tale cartografia (tavola n.6), oltre alla Zona "I" del P.A.I., così come riperimetrata dallo studio idraulico citato precedentemente (**Ee**), sono state riportate diverse aree soggette a fenomeni di crollo sia attivi (**Fa**) che quiescenti (**Fq**), un'area interessata da un movimento franoso quiescente di tipologia complessa che interessa la coltre detritica superficiale e la porzione superficiale più fratturata dell'ammasso roccioso (**Fq**), infine un accumulo detritico originatosi per un fenomeno di trasporto in massa tra gli anni '50 e '55 (**Cn**) e la cui origine potrebbe essere legata alla rimobilizzazione di un accumulo detritico di origine antropica (area ex-cava). Tali aree erano state semplicemente indicate e segnalate nello studio geologico precedente.

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

Il Comune di Costa di Mezzate risulta nell'elenco di tabella 1 (D.G.R.8/7374 28/05/2008) - Individuazione dei comuni compresi nella D.G.R. 11/12/2001 n. 7/7365 che non ha concluso l'iter di cui all'Art. 18 delle N.D.A. del PAI.

Lo studio geologico attuale contiene il quadro del dissesto aggiornato derivante da valutazioni di maggior dettaglio rispetto ai dati contenuti 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..

## **10. BIBLIOGRAFIA**

AA. VV. Carta geologica della Provincia di Bergamo. A cura del Servizio Territorio Provincia di Bergamo, Dipartimento di scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR (scala 1:50.000).

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO. **Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici** – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - Delimitazione delle aree in dissesto (Aggiornata con le ulteriori integrazioni ai sensi art. 5 deliberazione Comitato Istituzionale n.18/2001).

Il presente studio risulta conforme alla normativa regionale D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 e alla successiva D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008.

Bergamo, agosto 2010

Pedrali Carlo  
Ordine Geologi Lombardia n.860



**Allegato n. 1**  
**Indagini geofisiche**

## **1. Cenni introduttivi**

In accordo con l'Ufficio Tecnico comunale sono stati individuati in corrispondenza del territorio comunale 3 siti ove effettuare indagini geofisiche di tipo indiretto. Lo scopo delle indagini era quello di poter condurre verifiche di secondo livello secondo quanto previsto dalla normativa regionale. La normativa richiede la conoscenza dell'andamento del valore della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo ( $V_s$ ) sino al raggiungimento, per quanto possibile, del bedrock sismico (terreni/rocce con  $V_s \geq 800$  m/s).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **2. Modalità esecutive indagini e risultati**

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

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

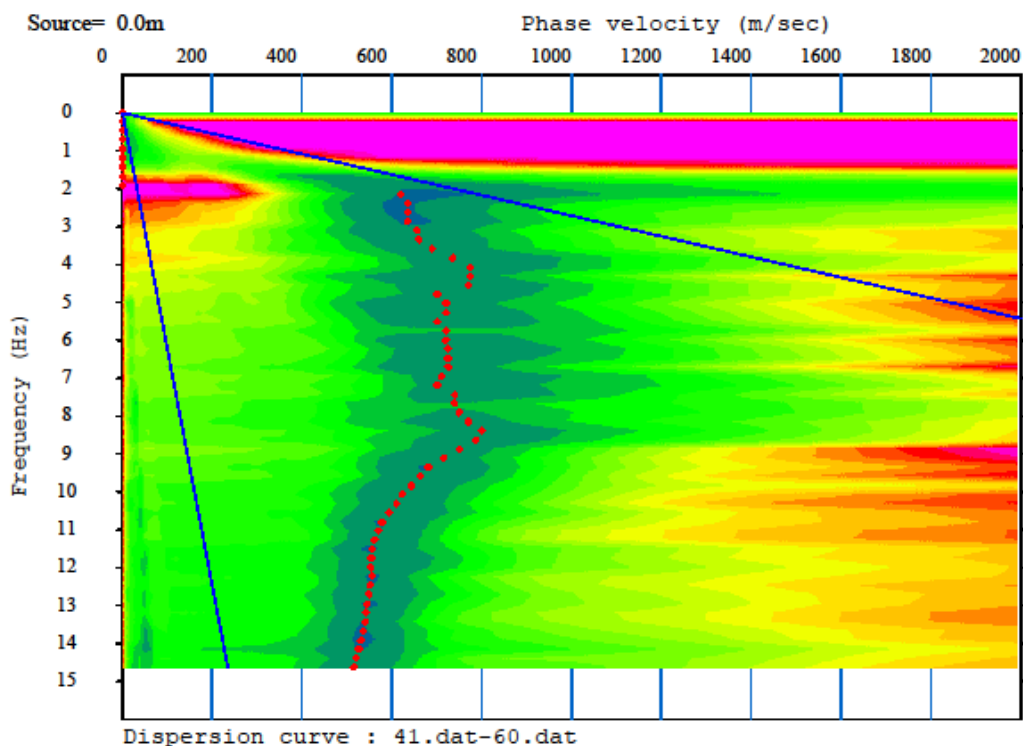
Per quanto concerne la configurazione geometrica delle linee sismiche, laddove era disponibile spazio sufficiente, sono state realizzate 2 catene geofoniche lineari intersecatesi tra loro all'incirca a 90°; per ognuna di esse sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 4 o 5 metri.

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

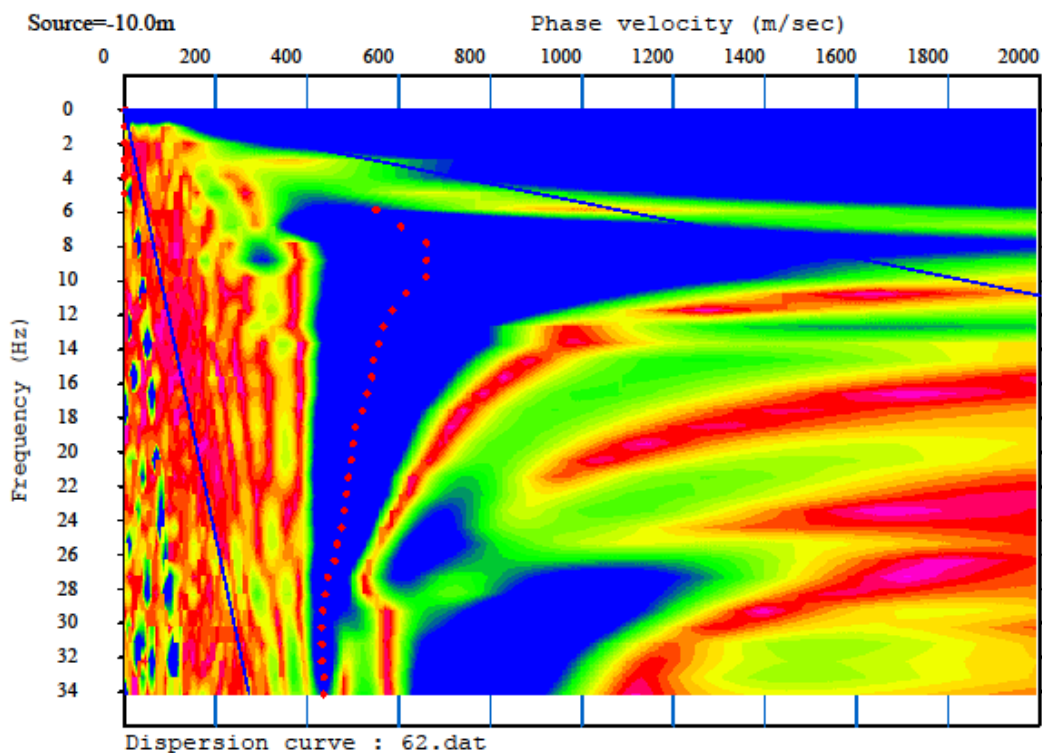
I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati con un software dedicato che ha reso possibile la ricostruzione, per ogni sito, di un profilo di Vs/profondità sufficientemente attendibile.

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

**SITO A (subito a sud abitato)**



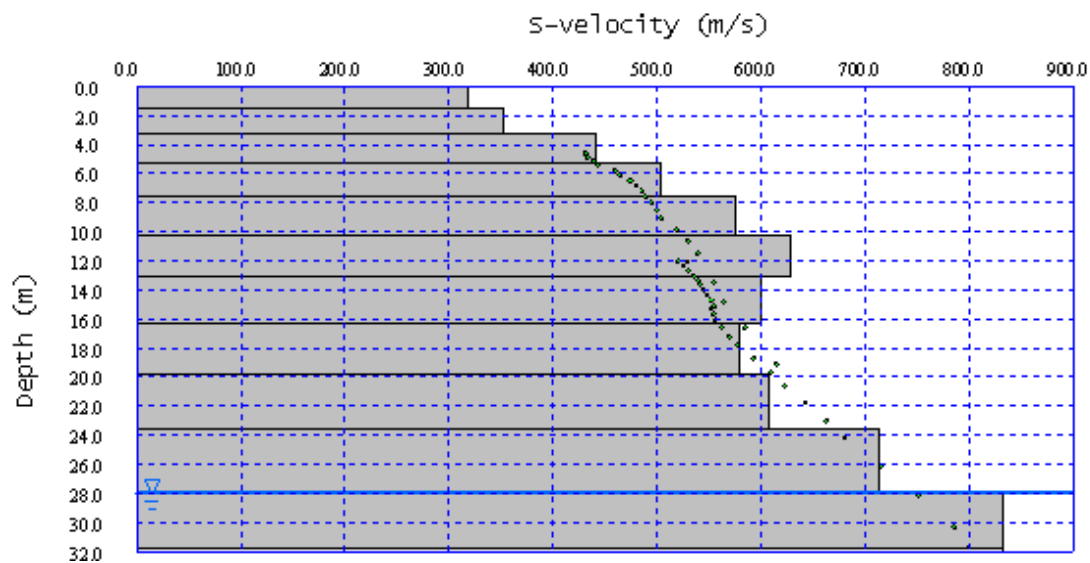
Curva di dispersione REMI



Curva di dispersione MASW

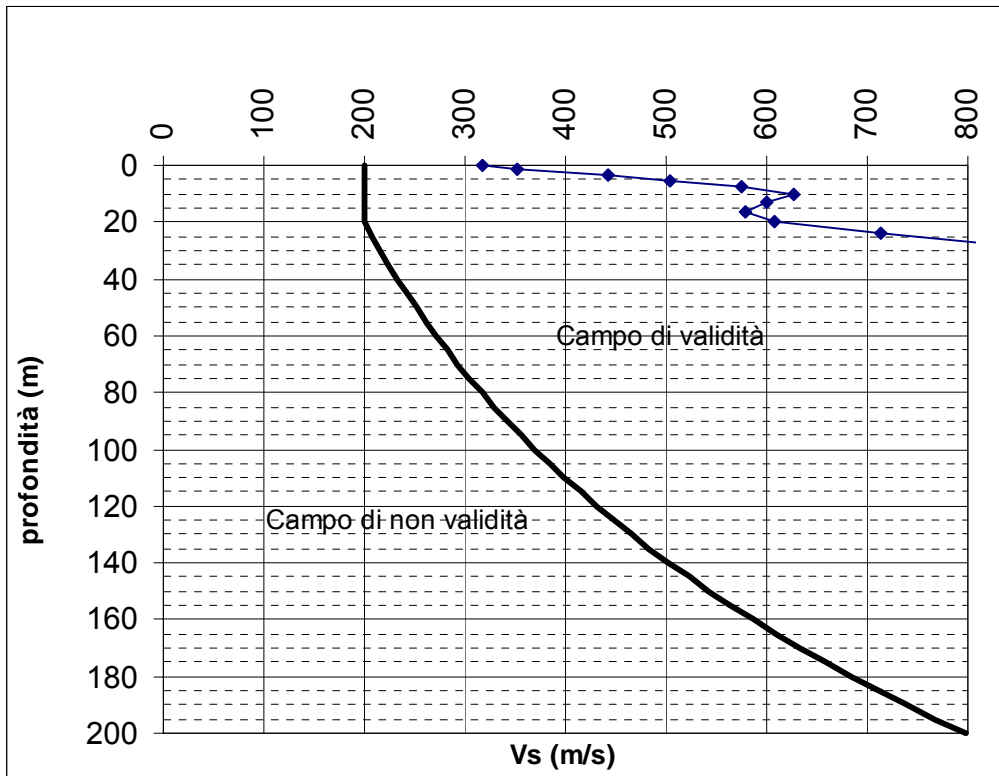
**COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**  
*in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12*

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)  
**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**  
*ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008*

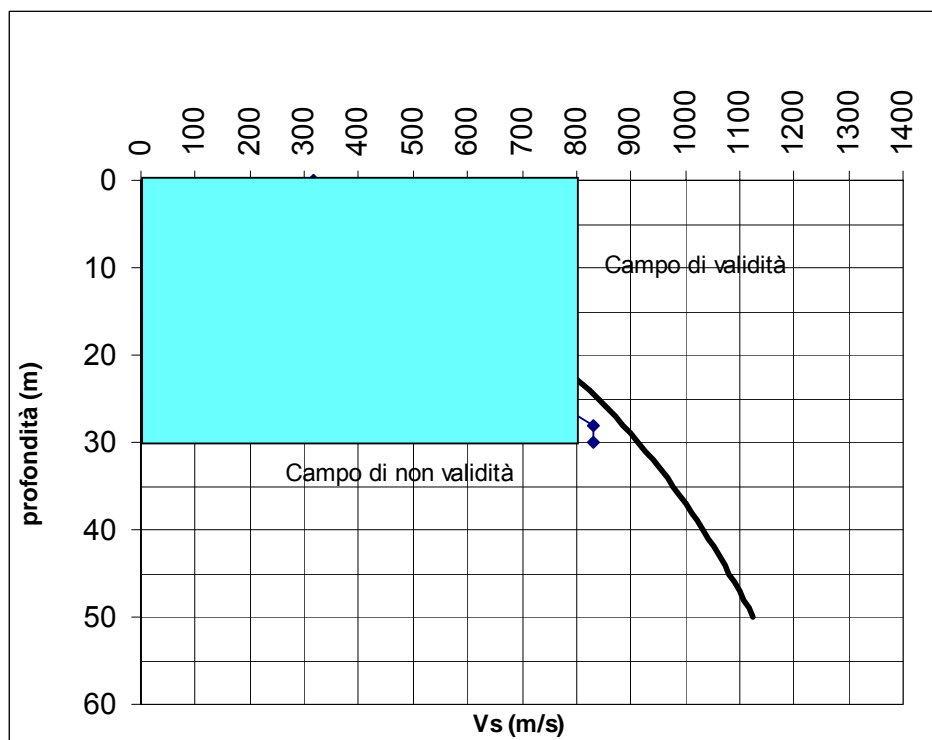


Profilo interpretativo più rappresentativo

Prof.tà (m)	Vs (m/s)
0,00	317,55
1,45	352,47
3,20	441,42
5,24	504,32
7,56	575,51
10,18	627,40
13,09	600,44
16,29	578,98
19,78	606,99
23,56	713,97
28,00	832,61

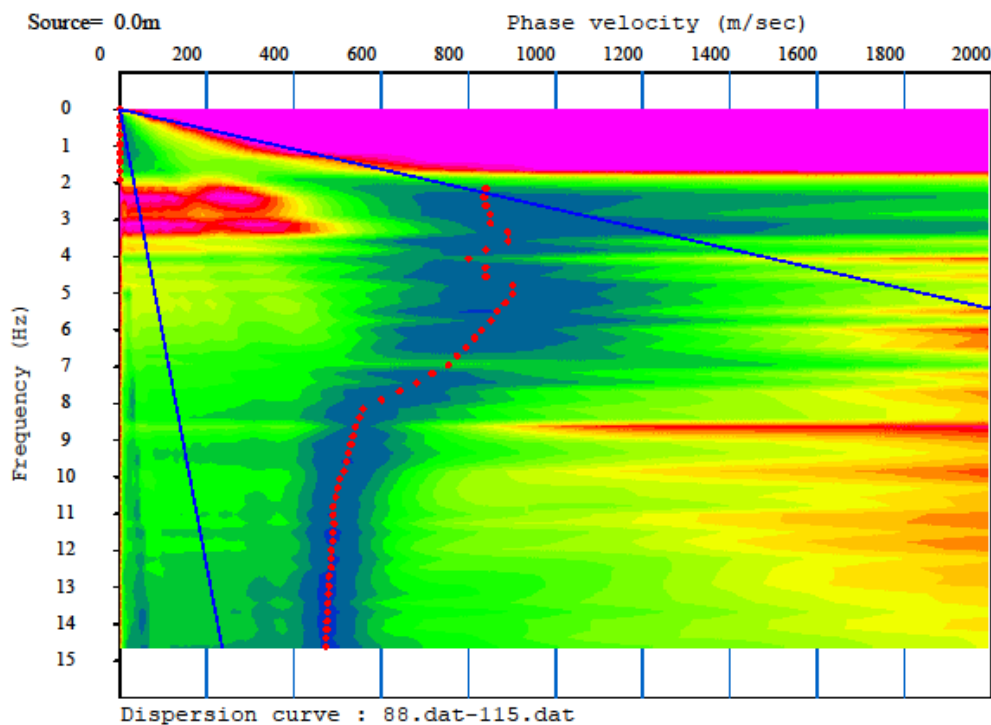


Curva Vs/z della scheda sabbie

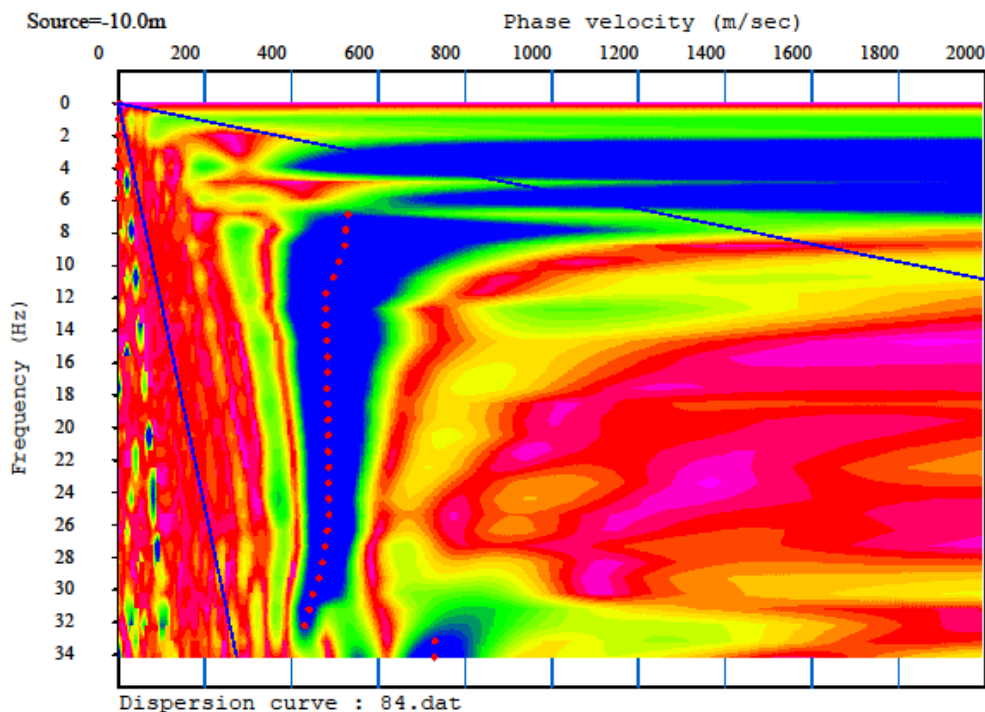


Curva Vs/z della scheda ghiaie

SITO B (zona cimitero)



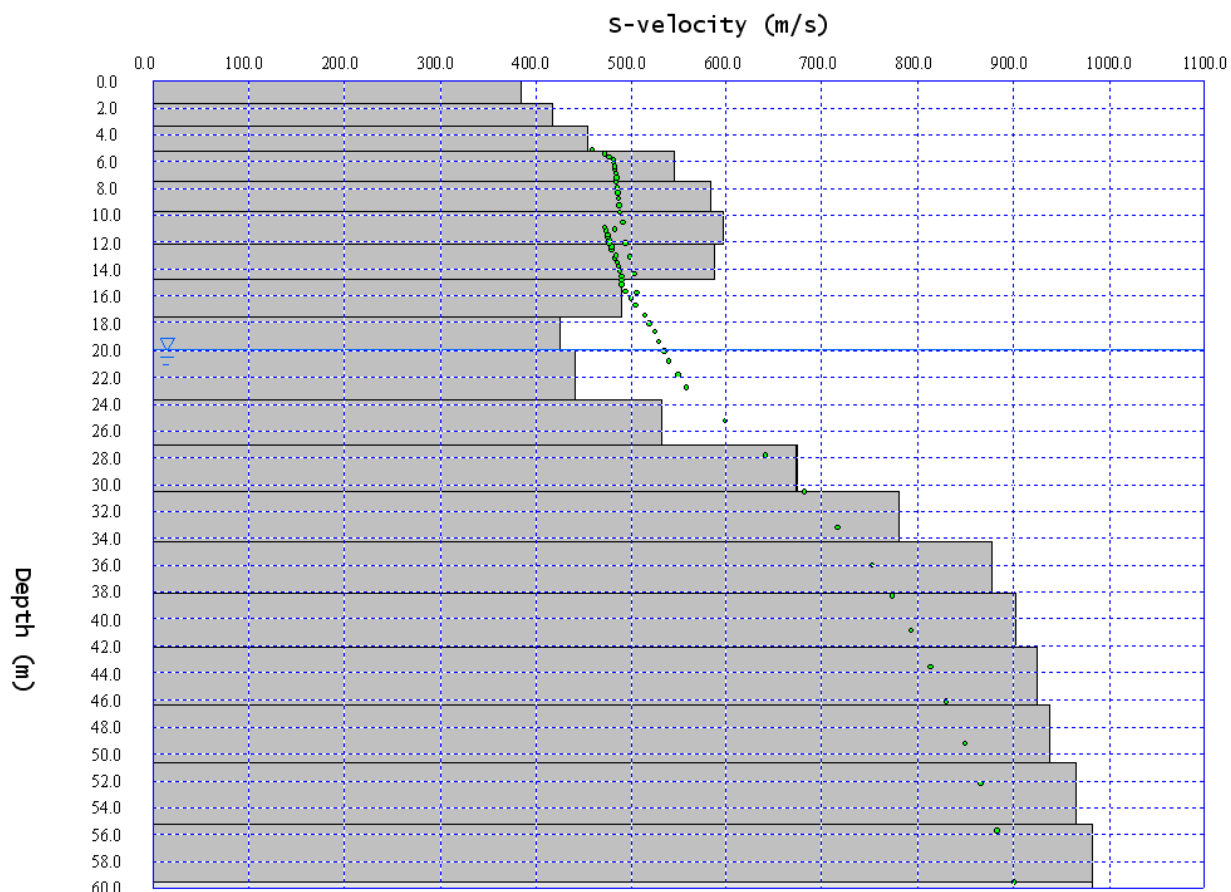
Curva di dispersione REMI



Curva di dispersione MASW

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

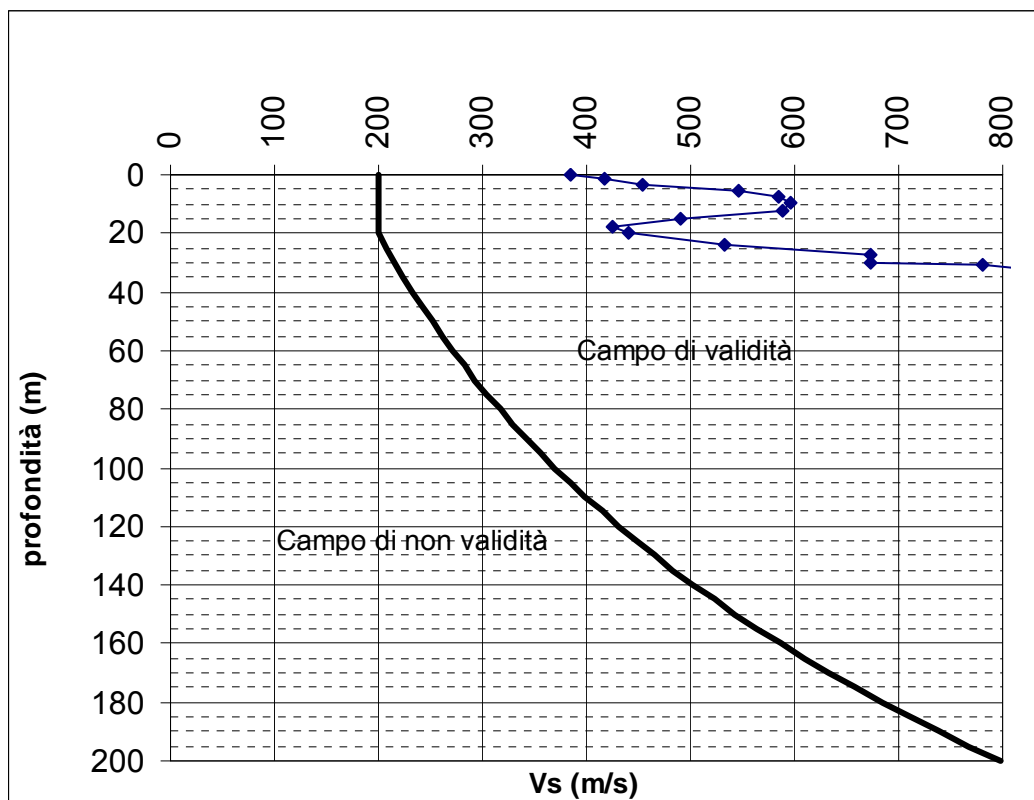
Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)  
**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**  
*ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008*



Profilo interpretativo più rappresentativo

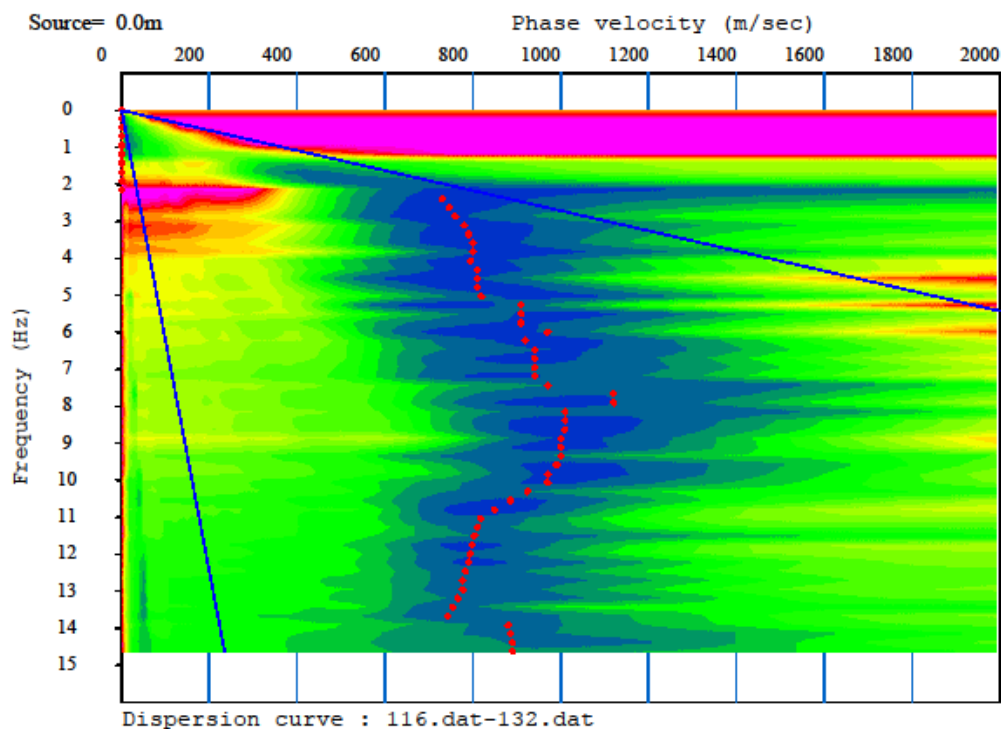
Prof.tà (m)	Vs (m/s)
0,00	384,67
1,58	417,27
3,33	454,21
5,26	545,87
7,37	584,16
9,65	596,90
12,10	588,17
14,74	491,02
17,54	425,93
20,00	441,05
23,68	532,02
27,02	673,22
30,53	781,16
34,21	877,11
38,07	901,60
42,11	923,39
46,32	937,62
50,70	964,35
55,26	982,05



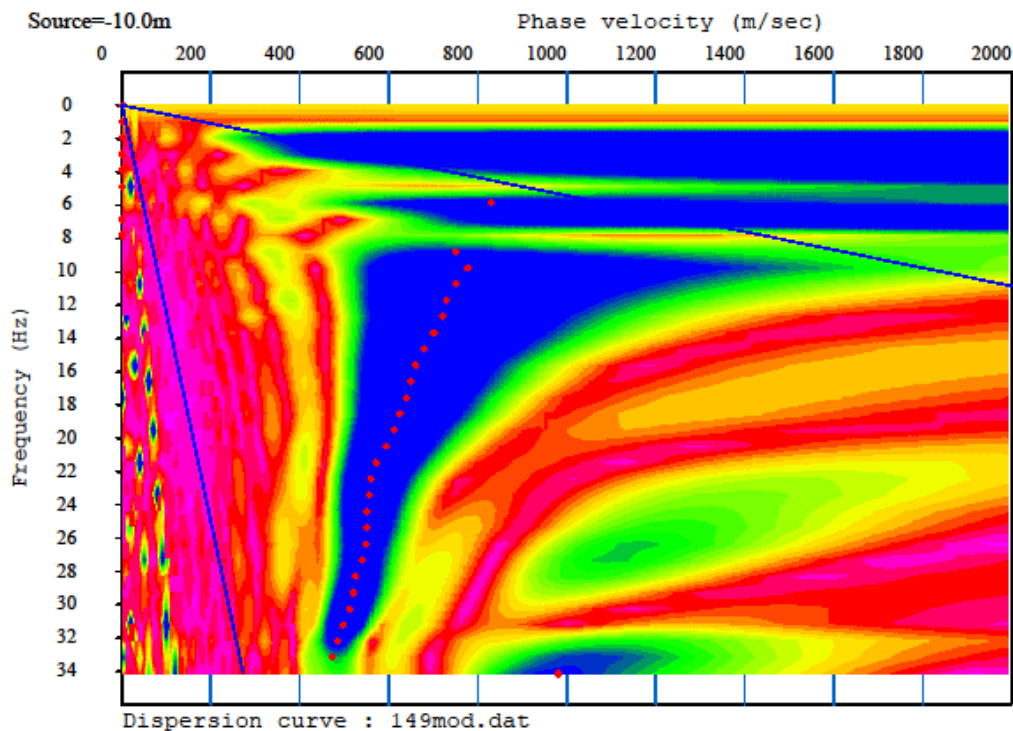


Curva Vs/z della scheda sabbie

SITO C (loc. Villa Landri - a sud dell'area industriale)



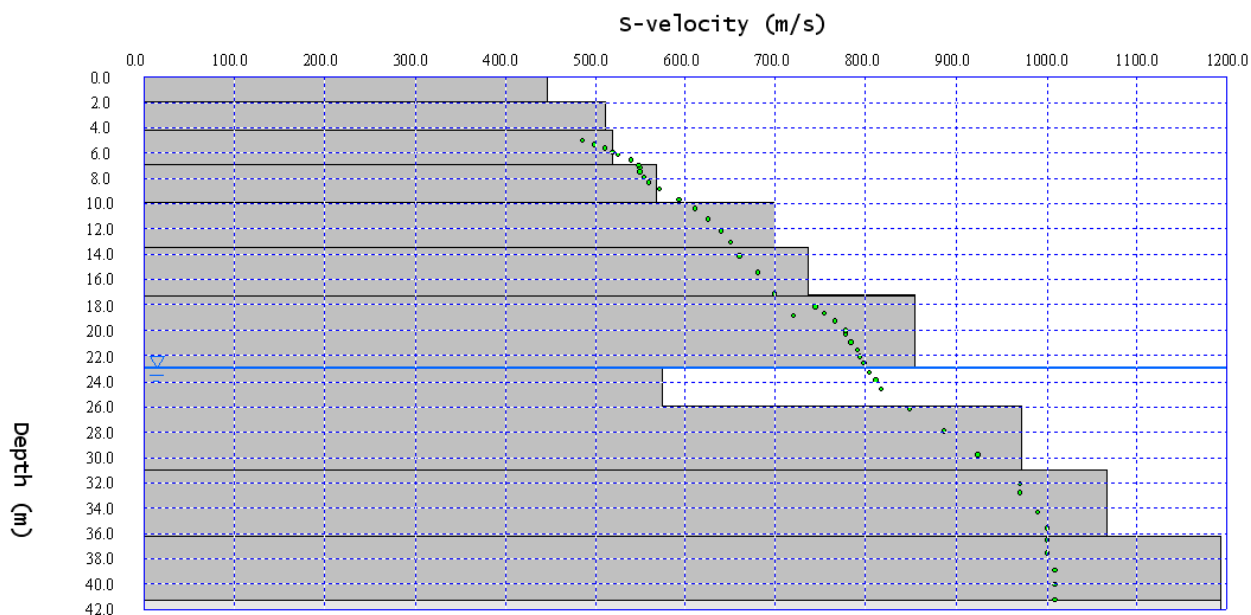
Curva di dispersione REMI



Curva di dispersione MASW

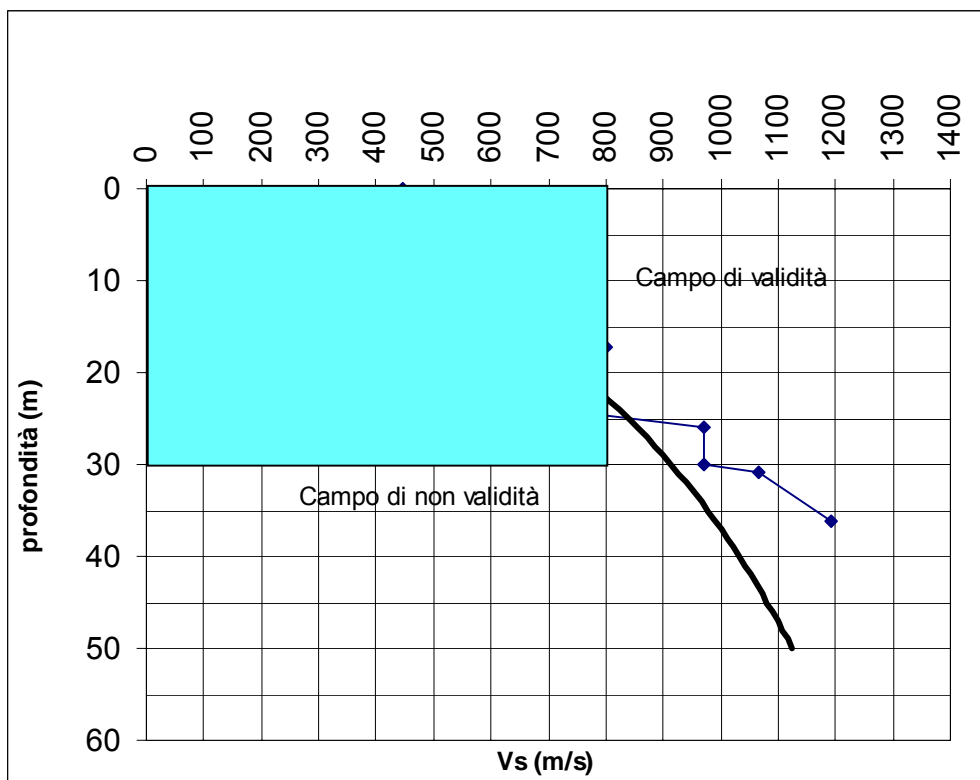
COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO  
*in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12*

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)  
**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**  
*ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008*



Profilo interpretativo più rappresentativo

Prof.tà (m)	Vs (m/s)
0,00	447,33
1,91	511,00
4,20	518,72
6,87	567,59
9,93	699,81
13,36	734,99
17,18	854,61
23,00	575,32
25,96	972,30
30,93	1066,35
36,27	1192,38



Curva Vs/z della scheda ghiaie

## Allegato n.2

### Definizione della categoria sismica del sottosuolo di fondazione

Per il comune di Costa di Mezzate (cod. ISTAT: 03016084), 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
0,12388	0,15923

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

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

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

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

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

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

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

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

CLASSIFICAZIONE DEL SITO secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)	
Località:	Costa di Mezzate 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)	530,5
Dati i risultati, il sito in esame risulta rispondere alla categoria di suolo di tipo: (si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori di ag e del coeff. S <sub>s</sub> )	B

Classificazione sismica della zona	3
------------------------------------	---

Vita nominale (V <sub>N</sub> )	50		
Classe d'uso / (C <sub>U</sub> )	2	1	
Periodo di riferimento (V <sub>R</sub> )	(V <sub>R</sub> =C <sub>U</sub> •V <sub>N</sub> )	50	
Probabilità di superamento (P <sub>VR</sub> )	allo	SLV	0,1
Periodo di ritorno (T <sub>VR</sub> ), valori 30≤T <sub>VR</sub> ≤2475ann	T <sub>VR</sub> =V <sub>R</sub> /ln(1-P <sub>VR</sub> )		475

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)/ 9,8)	0,034	0,045	0,065	0,128	0,165	0,222
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F <sub>o</sub> (-)	2,421	2,404	2,397	2,430	2,479	2,521
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T <sub>c</sub> * (sec)	0,203	0,229	0,249	0,270	0,277	0,291

Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	
		S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V <sub>s30</sub> > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1	1
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s oppure di N <sub>spt30</sub> >50 o Cu <sub>30</sub> >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,2	1,1•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,2</sup>
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s30</sub> compresi tra 180 m/s e 360 m/s oppure di 15<N <sub>spt30</sub> <50 o 70<Cu <sub>30</sub> <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,5	1,05•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,33</sup>
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s30</sub> <180 m/s oppure di N <sub>spt30</sub> <15 o Cu <sub>30</sub> <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,8	1,25•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,5</sup>
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30>800 m/s)	1,0≤2,0-1,1•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,6	1,15•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,4</sup>
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V <sub>s30</sub> <100 m/s (oppure con 10<Cu <sub>30</sub> <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<sub>s</sub> = coefficiente di amplificazione stratigrafica e C<sub>c</sub> = coefficiente in funzione della categoria del sottosuolo

## COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)

Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale

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

CLASSIFICAZIONE DEL SITO secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)	
Località:	Costa di Mezzate 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 4 m

VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)	498,2
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 <sub>s</sub> )	B

Classificazione sismica della zona		3
Vita nominale (V <sub>N</sub> )	50	
Classe d'uso / (C <sub>U</sub> )	2	1
Periodo di riferimento (V <sub>R</sub> )	(V <sub>R</sub> =C <sub>U</sub> •V <sub>N</sub> )	50
Probabilità di superamento (P <sub>VR</sub> )	allo SLV	0,1
Periodo di ritorno (T <sub>VR</sub> ), valori 30≤T <sub>VR</sub> ≤2475ann	T <sub>VR</sub> =V <sub>R</sub> /(ln(1-P <sub>VR</sub> ))	475

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)/ 9,8)	0,034	0,045	0,065	0,127	0,164	0,221
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F <sub>o</sub> (-)	2,421	2,407	2,399	2,429	2,479	2,521
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T <sub>c</sub> * (sec)	0,203	0,229	0,249	0,270	0,277	0,291

Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	
		S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V <sub>s30</sub> > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1	1
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s oppure di N <sub>spt30</sub> >50 o Cu <sub>30</sub> >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,2	1,1•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,2</sup>
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s30</sub> compresi tra 180 m/s e 360 m/s oppure di 15<N <sub>spt30</sub> <50 o 70<Cu <sub>30</sub> <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,5	1,05•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,33</sup>
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s30</sub> <180 m/s oppure di N <sub>spt30</sub> <15 o Cu <sub>30</sub> <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,8	1,25•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,5</sup>
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30>800 m/s)	1,0≤2,0-1,1•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,6	1,15•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,4</sup>
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V <sub>s30</sub> <100 m/s (oppure con 10<Cu <sub>30</sub> <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<sub>s</sub> = coefficiente di amplificazione stratigrafica e C<sub>c</sub> = coefficiente in funzione della categoria del sottosuolo

## COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)

Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale

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



CLASSIFICAZIONE DEL SITO						
secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)						
Località:	Costa di Mezzate Sito C					
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)						
639,3						
Dati i risultati, il sito in esame risulta rispondere alla categoria di suolo di tipo: (si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori di ag e del coeff. S <sub>s</sub> )						
B						
Classificazione sismica della zona						
3						
Vita nominale (V <sub>N</sub> )	50					
Classe d'uso / (C <sub>U</sub> )	2					
Periodo di riferimento (V <sub>R</sub> )	(V <sub>R</sub> =C <sub>U</sub> •V <sub>N</sub> ) 50					
Probabilità di superamento (P <sub>VR</sub> )	allo SLV 0,1					
Periodo di ritorno (T <sub>VR</sub> ), valori 30≤T <sub>VR</sub> ≤2475ann	T <sub>VR</sub> =V <sub>R</sub> /(ln(1-P <sub>VR</sub> )) 475					
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)/ 9,8)	0,035	0,046	0,066	0,129	0,166	0,223
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F <sub>o</sub> (-)	2,420	2,397	2,395	2,432	2,480	2,522
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T <sub>c</sub> * (sec)	0,204	0,230	0,249	0,270	0,277	0,292
Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali				
		S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>			
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V <sub>s30</sub> > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1	1			
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s oppure di N <sub>spt30</sub> >50 o Cu <sub>30</sub> >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,2	1,1•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,2</sup>			
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s30</sub> compresi tra 180 m/s e 360 m/s oppure di 15<N <sub>spt30</sub> <50 o 70<Cu <sub>30</sub> <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,5	1,05•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,33</sup>			
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s30</sub> <180 m/s oppure di N <sub>spt30</sub> <15 o Cu <sub>30</sub> <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,8	1,25•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,5</sup>			
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30>800 m/s)	1,0≤2,0-1,1•F <sub>o</sub> •(a <sub>g</sub> /g)≤1,6	1,15•(T <sub>c</sub> *) <sup>-0,4</sup>			
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V <sub>s30</sub> <100 m/s (oppure con 10<Cu <sub>30</sub> <20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	necessarie specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche				
S2	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.					

con S<sub>s</sub> = coefficiente di amplificazione stratigrafica e C<sub>c</sub> = coefficiente in funzione della categoria del sottosuolo

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

79

## COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)

Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale

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

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

Comune di Costa di Mezzate (Bergamo)  
**Adeguamento studio geologico ed analisi della pericolosità sismica locale**  
*ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008*