



**studio associato**

Via Giorgio e Guido Paglia, n° 21 – 24122 **BERGAMO** – e-mail: bergamo@eurogeo.net  
Tel. +39 035 248689 – Fax +39 035 27121

REL. SS-8 30/06/2014

# COMUNE DI POZZUOLO MARTESANA

*Via Martiri della Liberazione, 11– Pozzuolo Martesana (Mi)*



## COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO ai sensi della D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011

*Relazione geologica*

---

Bergamo, giugno 2014





## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA E INTRODUZIONE</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ANALISI ALLO STATO ATTUALE</b> .....	<b>6</b>
2.1	Studio per la "Determinazione del reticolo idrico minore" .....	6
2.2	Progetto delle cave di prestito. Cava di ghiaia e sabbia nei comuni di Pozzuolo Martesana e Melzo ..	7
<b>3</b>	<b>ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO E CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAV. 1)</b> .....	<b>9</b>
3.1	Introduzione.....	9
3.2	Zonazione della pericolosità sismica locale.....	12
3.2.1	<b>Primo livello</b> .....	12
3.2.2	<b>Secondo livello</b> .....	12
3.2.2.1	<i>Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazione topografica</i> .....	13
3.2.2.2	<i>Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazione litologica</i> .....	15
3.2.3	<b>Terzo livello</b> .....	16
3.2.3.1	<i>Zone con terreni di fondazioni particolarmente scadenti e falda superficiale (PSL Z2)</i> .....	16
3.2.3.2	<i>Effetti di amplificazione morfologica (PSL Z3)</i> .....	17
3.2.3.3	<i>Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)</i> .....	18
<b>4</b>	<b>CARTA DEI VINCOLI (TAV. 2)</b> .....	<b>19</b>
4.1	Vincoli di polizia idraulica.....	19
4.2	Vincoli derivanti dal PTCP della Provincia di Milano.....	20
4.2.1	<b>Indirizzi e prescrizioni relativi ai corsi d'acqua e alle aree ad essi limitrofe, definiti nell'Art. 24 delle NtA.</b> .....	20
4.2.2	<b>Elementi del paesaggio agrario (Fontanili):</b> .....	20
4.2.3	<b>Indirizzi e prescrizioni relativi al ciclo delle acque definiti nell'Art.38</b> .....	21
4.3	Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.....	23
4.3.1	<b>Aree di tutela assoluta</b> .....	23
4.3.2	<b>Aree di rispetto</b> .....	23
	<i><u>Campo pozzi presso Cascina Porro</u></i> .....	23
	<i><u>Pozzo di via Giotto in frazione Trecella</u></i> .....	24
	<i><u>Pozzo di via Bergamo</u></i> .....	24
<b>5</b>	<b>CARTA DI SINTESI (TAV. 3)</b> .....	<b>25</b>
5.1	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.....	25
5.2	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico.....	25
5.3	Aree che presentano particolari caratteristiche geotecniche .....	26
5.4	Ambiti di particolare interesse geomorfologico, scientifico, naturalistico ed educativo:.....	26
5.5	Ambiti estrattivi: .....	26
<b>6</b>	<b>CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (TAV. 4)</b> .....	<b>27</b>
6.1	Classi di fattibilità geologica .....	27
6.2	Classi di fattibilità rappresentate nel territorio di Pozzuolo Martesana.....	29
6.2.1	<b>Classe 2</b> .....	29
6.2.2	<b>Classe 3</b> .....	30



<b>6.2.3</b>	<b>Classe 4</b> .....	<b>32</b>
6.3	Normativa sismica .....	36
<b>6.3.1</b>	<b>Zone con falda superficiale (PSL Z2)</b> .....	<b>36</b>
<b>6.3.2</b>	<b>Effetti di amplificazione morfologica (PSL Z3)</b> .....	<b>37</b>
<b>6.3.3</b>	<b>Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)</b> .....	<b>38</b>

### **ALLEGATI**

1. Schema sinottico degli elaborati aggiornati;
2. Schede regionali per la valutazione del fattore di amplificazione.

### **TAVOLE**

- 1 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (scala 1:10.000);
- 2 CARTA DEI VINCOLI (scala 1:7.500);
- 3 CARTA DI SINTESI (scala 1:7.500);
- 4a CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (scala 1:5.000);
- 4b CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (scala 1:5.000).



## 1 PREMESSA E INTRODUZIONE

Con l'entrata in vigore della "Legge per il governo del territorio" (L.R. 12/05 dell'11 marzo 2005) la Regione Lombardia ha modificato l'approccio culturale alla materia urbanistica sostituendo il principio della pianificazione con quello del governo del territorio. La successiva D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005, aggiornata con la D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 e infine con la D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011 e successive modifiche e integrazioni, ha esplicitato i criteri e gli indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della Legge Regionale.

L'elemento tecnico di maggiore novità introdotto è rappresentato dall'elaborato della carta della pericolosità sismica con la quale sono individuate quelle parti del territorio comunale che, per litologia e/o conformazione geomorfologica del paesaggio, presentano maggiore sensibilità a un potenziale evento sismico.

Il presente studio costituisce aggiornamento alla "*Componente geologica, idrogeologica e sismica*" redatta ai sensi della D.G.R. 8/1566 e approvata con Delibera di Consiglio Comunale n. 14 del 21.04.2009. A tale studio si rimanda per la consultazione della documentazione di analisi propedeutica agli elaborati di seguito descritti.

Costituiscono parte integrante dell'aggiornamento il recepimento dello "*Studio del reticolo idrico minore*" redatto da GeoArborStudio, l'analisi del progetto Consorzio ArcoTEEM per l'ampliamento di una cava di prestito a servizio della TEEM (Tangenziale Est Esterna di Milano) e l'applicazione delle direttive contenute nella D.G.R. 9/2616 del 2011 e successive modifiche e integrazioni.

Le tavole allegare all'aggiornamento sostituiscono i pari elaborati allegati allo studio principale, come dettagliato nell'Allegato 1. Sono altresì allegate in un fascicolo distinto le Norme Tecniche di Attuazione inerenti la componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T..



## 2 ANALISI ALLO STATO ATTUALE

Con l'aggiornamento della componente geologica è stato recepito lo studio per la "*Determinazione del reticolo idrico minore*" redatto da GeoArborStudio ed è stata acquisita la documentazione prodotta dal Consorzio ArcoTeem a supporto del progetto esecutivo della cava di prestito per la formazione della Tangenziale Esterna Est Milano, i cui dati costituiscono un utile contributo alla definizione del quadro litostratigrafico ed idrogeologico del territorio.

### 2.1 Studio per la "*Determinazione del reticolo idrico minore*"

Lo studio per la "*Determinazione del reticolo idrico minore*" ha classificato il reticolo idrico che attraversa il territorio di Pozzuolo Martesana.

Il Torrente Trobbia è classificato come appartenente al reticolo idrografico principale per tutto il suo corso, fino alla confluenza nel Canale Muzza.

La rete artificiale di rogge le cui acque derivano dal Naviglio Martesana (di competenza del Consorzio Villoresi) è di competenza di piccoli consorzi agricoli o di privati i quali usufruiscono delle acque a scopo irriguo, a fronte del versamento al Consorzio di un canone d'uso.

Il Reticolo Idrico Minore di competenza Comunale è costituito dal tratto principale del "Vecchio Trobbia" e da una fitta rete di fontanili alimentati dalle risorgive dell'acqua di falda.

Nell'ambito di questo studio è stato effettuato un lavoro di revisione su alcuni tratti del reticolo idrico. Sulla base delle indicazioni fornite dall'Ufficio Tecnico sono stati eseguiti alcuni sopralluoghi in sito per verificare, ove possibile, la corretta individuazione dei corsi d'acqua tracciati in carta adeguando, dove necessario, il tracciato alla più recente base cartografica, utilizzata per la redazione del P.G.T..



## **2.2 Progetto delle cave di prestito. Cava di ghiaia e sabbia nei comuni di Pozzuolo Martesana e Melzo**

Il progetto presentato dal Consorzio ArcoTeem prevede l'ampliamento di una cava già esistente, autorizzata dal CIPE a servizio della TEEM (Tangenziale Est Esterna di Milano), che ricade sui comuni di Pozzuolo Martesana e Melzo.

Il rapporto contiene i risultati di una articolata campagna di indagini geognostiche che ha visto l'esecuzione di 6 sondaggi a carotaggio continuo dei quali, tre profondi 20 metri e tre 40 metri, di 35 prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*) a punta chiusa e di 32 analisi granulometriche.

Le indagini hanno evidenziato una situazione stratigrafica complessivamente omogenea, nella quale si riconosce un primo livello aerato di suolo agrario di spessore inferiore al metro seguito da un livello di terreno a tessitura limoso sabbiosa e/o sabbiosa di spessore compreso tra uno/due metri, fino a cinque metri nella parte più meridionale dell'area indagata. Dai due/cinque metri di profondità e fino alla profondità massima indagata (40 metri) è presente un banco di depositi incoerenti di natura prevalentemente ghiaiosa, formato da ghiaie eterometriche in abbondante matrice sabbiosa.

In tutti i sondaggi è stata misurato il livello della falda freatica e nel sondaggio S3 è stato installato un piezometro fino alla profondità di 40 metri dal piano campagna.

La soggiacenza della falda è risultata di 4,5 metri dal piano campagna. Per lo stesso ambito lo studio geologico redatto a supporto del P.G.T. ha trovato un valore di circa due metri.

Il livello piezometrico esprime un valore dinamico che è soggetto a oscillazioni stagionali che nel comune di Pozzuolo Martesana possono valere fino a 7,5 metri. Le misure effettuate hanno evidenziato che la falda presenta un regime unimodale. Il livello massimo (minima soggiacenza) si registra durante il periodo estivo (luglio/agosto: in concomitanza con il periodo di maggior intensità delle irrigazioni che vengono eseguite, principalmente, per scorrimento, con l'impiego di grandi corpi d'acqua); il livello minimo (massima soggiacenza) si riscontra durante il periodo primaverile (marzo/aprile).



Relativamente alla zona studiata, il flusso idrico, ortogonale alle linee isopiezometriche, presenta direzione prevalentemente verso sud/sud est. Nella parte più settentrionale del comune di Pozzuolo Martesana l'andamento delle isopiezometriche appare condizionato dalla presenza del Fiume Adda, la cui incisione svolge un'azione drenante dell'acqua di falda.

I risultati degli approfondimenti geognostici, circoscritti all'ambito d'indagine, sono stati nel complesso coerenti con il quadro litologico e idrogeologico descritto nella componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. redatta nel 2009.

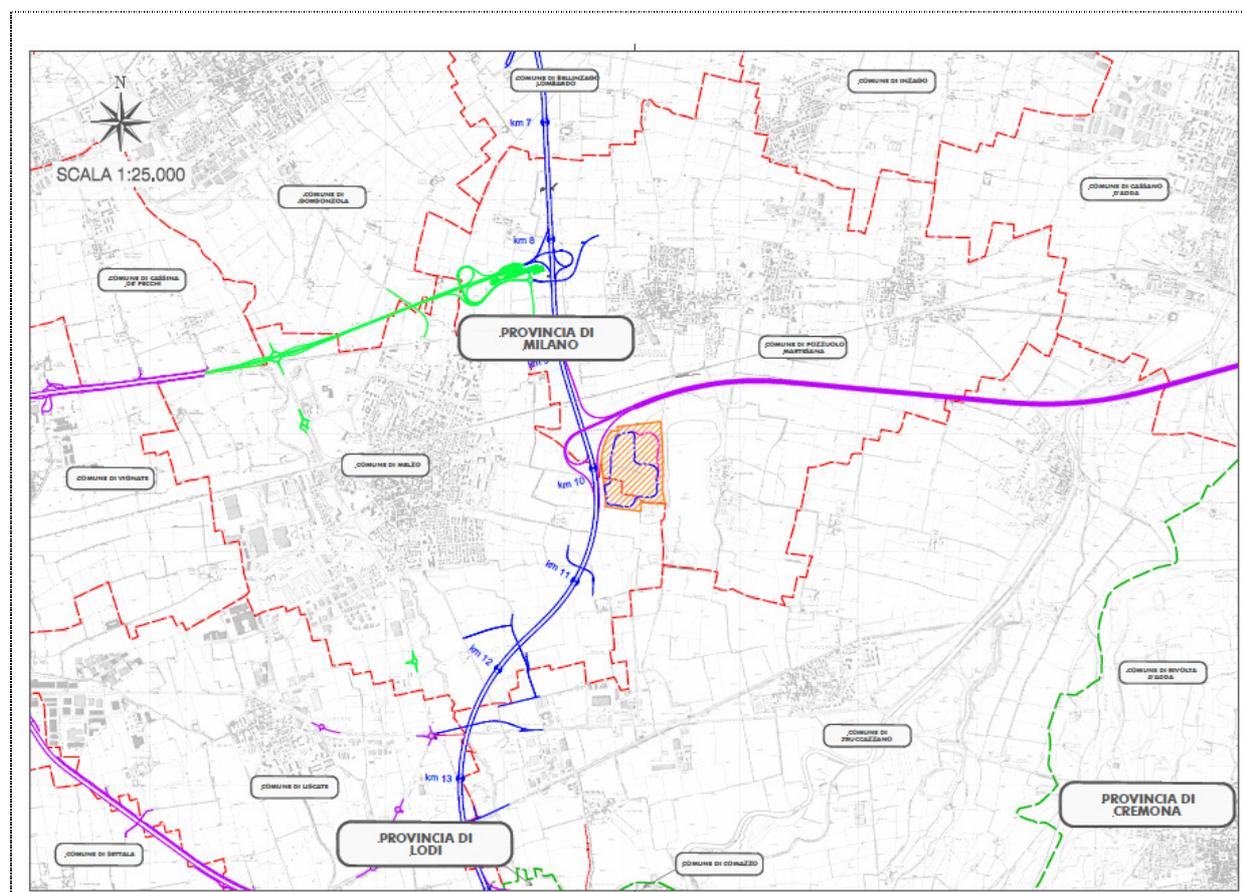


Figura 1: Inquadramento geografico dell'ambito estrattivo tra i comuni di Melzo e Pozzuolo Martesana



### 3 ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO E CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAV. 1)

#### 3.1 Introduzione

L'analisi sismica è articolata in tre livelli successivi di approfondimento implementati in relazione alla zona sismica di appartenenza del comune (O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003), agli scenari di pericolosità sismica locale ed alla tipologia delle costruzioni in progetto (allegato 5 alla D.G.R. 9/2616 del 2011 e successive integrazioni).

Le zone sismiche sono quattro e sono così definite:

**TABELLA 1: ZONE SISMICHE**

Zona	Valori di $a_g$
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

dove  $a_g$  è il valore dell'accelerazione orizzontale massima espresso come frazione della gravità (g).

Il territorio comunale di Pozzuolo Martesana ricade nella zona sismica 4 (bassa sismicità).

I livelli di approfondimento e le fasi di applicazione richieste dalla normativa sono riassunti nella tabella seguente.

**TABELLA 2: LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA SULLA ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**

zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
4	Obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- nelle aree indagate con il 2° livello quando $F_a$ calcolato > valore soglia comunale; - nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

Il primo livello di approfondimento comporta il riconoscimento delle aree nelle quali è possibile un'amplificazione dell'effetto sismico sulla base delle caratteristiche



litologiche e morfologiche ricavabili dalle carte di inquadramento tematico e confrontate con gli scenari previsti dalle direttive tecniche (Tabella 3).

A ciascuna area così individuata è attribuita una classe di pericolosità sismica ed il relativo livello di approfondimento.

**TABELLA 3: SCENARI DI PERICOLOSITÀ, EFFETTI E CLASSI DI PERICOLOSITÀ ASSOCIATE**

<b>Sigla</b>	<b>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>EFFETTI</b>	<b>CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA</b>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti		H2 - livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana		H2 - livello di approfondimento 3°
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni	H2 - livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche	H2 - livello di approfondimento 2° (3°)
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate		
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2 - livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre		
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)		
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale		
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali	H2 - livello di approfondimento 3°

L'applicazione del secondo livello di analisi consente di verificare se i valori di spettro elastico sono adatti alle tipologie di opere in progetto o, se è necessario implementare il terzo livello di analisi per la definizione di nuovi spettri.

L'analisi di terzo livello prevede un approccio quantitativo. Va sempre applicata a progetti di edifici strategici e/o rilevanti che prevedono affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) e, nel caso del comune di Pozzuolo Martesana, anche per l'analisi del potenziale di liquefazione del terreno e dell'amplificazione litologica quando i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia non sono verificati.

Le direttive tecniche contenute nella D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011 indicano che tale approfondimento deve essere preceduto dall'analisi delle classe sismica di appartenenza del suolo.



Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono state definite le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni).

**TABELLA 4: CATEGORIE DI SOTTOSUOLO**

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
<b>S1</b>	<i>Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (<math>IP &gt; 40</math>) e contenuto d'acqua (con <math>V_s &lt; 100</math> m/s)</i>
<b>S2</b>	<i>Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti</i>



## 3.2 Zonazione della pericolosità sismica locale

### 3.2.1 Primo livello

Al territorio di Pozzuolo Martesana sono stati assegnati lo scenario misto di Pericolosità Sismica Locale **Z2/Z4a** e lo scenario **Z3a**.

Lo scenario **Z2** è associato alla bassa soggiacenza della falda freatica poiché tale condizione predispone il sottosuolo al potenziale pericolo di liquefazione e/o cedimento del terreno.

Lo scenario **Z4a** è riferito alla natura alluvionale e/o fluvio-glaciale dei depositi che formano la pianura di Pozzuolo Martesana.

Lo scenario **Z3a** è stato assegnato ai cigli delle scarpate derivanti dalle attività di cava in essere. L'individuazione di tali evidenze morfologiche è indicativa in quanto le attività estrattive sono attualmente in essere.

### 3.2.2 Secondo livello

La procedura di secondo livello consiste in una valutazione semiquantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di *Fattore di Amplificazione (Fa)* e nel confronto con i valori soglia del territorio comunale stabiliti dalla Regione Lombardia e dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per ciò che concerne gli effetti di amplificazione morfologica (Tabella 5).

Tabella 5: VALORI DI SOGLIA PER IL COMUNE DI POZZUOLO MARTESANA

	Creste e scarpate	suolo tipo A	suolo tipo B	suolo tipo C	suolo tipo D	suolo tipo E
periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	1,4 – 1,2	--	1,4	1,8	2,2	2,0
periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s	//	--	1,7	2,4	4,2	3,1

La procedura di calcolo del *Fa* differisce se riferita agli effetti morfologici (scenari Z3 non riscontrati a Pozzuolo Martesana) piuttosto che litologici (scenari Z4).

La procedura di valutazione degli effetti litologici (scenari Z4) presuppone la conoscenza della litologia dei materiali presenti, della stratigrafia del sito e



dell'andamento delle **velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ )** nel primo sottosuolo. Mediante queste informazioni e l'utilizzo delle schede litologiche preparate dalla Regione Lombardia è possibile la stima del  $F_a$ .

### 3.2.2.1 Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazione topografica

La procedura consente la stima del *Fattore di amplificazione* negli scenari di cresta rocciosa, scarpata o cocuzzolo, caratterizzati da pendii con inclinazione di almeno  $10^\circ$  e i cui rilievi sono costituiti da materiale con  $V_s \geq 800$  m/s.

Gli effetti morfologici riguardano i suoli di tipo A così come sono definiti dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003.

La procedura di secondo livello per gli effetti morfologici fornisce  $F_a$  solo per l'intervallo 0,1 – 0,5 a causa di alcune limitazioni del metodo di calcolo utilizzato per la preparazione delle schede di valutazione.

Una volta individuate le creste e/o le scarpate, sono stati ricavati i parametri geometrici delle forme (Figura 2), secondo i modelli stabiliti dalla Regione Lombardia.

A Pozzuolo Martesana le uniche scarpate rilevabili sono quelle, di origine antropica, che perimetrano le aree di cava.

In fase progettuale è necessario procedere, oltre alle verifiche morfologiche necessarie, alla definizione del valore delle  $V_s$ .

Si riporta di seguito la procedura necessaria per il riconoscimento degli ambiti Z3a poiché in fase progettuale, e quindi a una scala di maggior dettaglio, il tecnico incaricato possa accertare la presenza di tale scenario.

#### Zona di ciglio

La zona di ciglio è caratterizzata da irregolarità con fronti di altezza (H) maggiore o uguale a 10 metri e inclinazione ( $\alpha$ ) del fronte principale maggiore o uguale a  $10^\circ$ . Le scarpate sono suddivise in tre tipologie (Figura 2):

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;



- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso verso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nello verso opposto rispetto al fronte principale.

L'altezza  $H$  esprime la differenza di quota tra il piede e il ciglio del fronte principale. La geometria del fronte superiore è espressa dal parametro  $h$ , al quale corrisponde la differenza di quota tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica. Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo ( $H$ ) o comunque non inferiore ai 15-20 metri;
- l'inclinazione ( $\beta$ ) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione ( $\alpha$ ) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per  $\beta \geq 1/5\alpha$  la morfologia è da considerare pendio);
- il dislivello altimetrico minimo ( $h$ ) minore di un terzo del dislivello altimetrico massimo ( $H$ ), nel caso di scarpate in contropendenza (per  $h \geq 1/3H$  la morfologia è da considerare cresta appuntita).

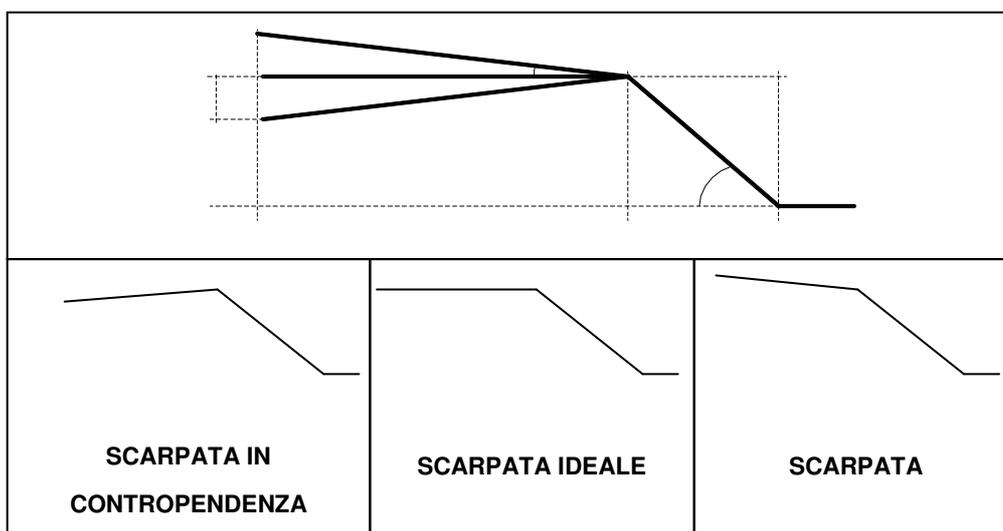


Figura 2: Estratto della scheda per il riconoscimento della tipologia di scarpata (Allegato 1)

Il *Fattore di amplificazione* è da assegnare utilizzando lo schema contenuto nella Tabella 6, i cui dati di ingresso descrivono la geometria della scarpata.



Tabella 6: Schema per l'assegnazione del Fattore di Amplificazione e il calcolo dell'area di influenza a monte del ciglio superiore della scarpata.

Classe altimetrica	Classe di 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	$A_i = 3/4 H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1,1	$A_i = 2/3 H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1,2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1,3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1,2	
	$\alpha > 70^\circ$	1,1	

Il  $F_a$  assegnato al ciglio superiore della scarpata principale va scalato in maniera lineare, fino ad assumere valore pari all'unità all'interno della relativa area di influenza.

### 3.2.2.2 Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazione litologica

Nel comune di Pozzuolo Martesana tale procedura deve essere applicata solo agli ambiti destinati alla realizzazione di edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03).

Il primo passaggio della procedura di secondo livello prevede l'identificazione della litologia prevalente e il raffronto del profilo delle **Vs** con l'apposito abaco contenuto nelle schede fornite dalla Regione Lombardia.

Attualmente sono disponibili 6 schede per 6 differenti litologie prevalenti.

Una volta individuata la scheda di riferimento, deve essere verificato l'andamento delle **Vs** con la profondità, utilizzando gli abachi riportati nelle schede di valutazione.

Nel caso in cui il profilo delle **Vs** non ricada nel campo di validità della scheda litologica corrispondente deve essere utilizzata la scheda che presenta l'andamento delle **Vs** più simile a quello riscontrato nell'indagine e stimato il valore di  $F_a$  negli intervalli 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s.

Il periodo proprio del sito (T) viene calcolato considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità  $V_s$  è uguale o maggiore a 800 m/s, mediante la seguente equazione:



$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_s$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo.

Laddove le prospezioni non investighino una profondità tale da raggiungere strati con  $V_s = 800$  m/s tale limite deve essere interpolato manualmente.

Il valore del fattore di amplificazione ottenuto, con un'approssimazione di +0,1 deve essere poi confrontato con i valori soglia forniti dalla Regione Lombardia.

Le metodologie per la ricostruzione dei profili di velocità delle onde S con la profondità saranno scelti dal professionista incaricato dell'indagine il quale avrà cura di utilizzare i metodi più consoni a seconda del tipo di opera in progetto e delle caratteristiche di sito, indicandone inoltre il grado di attendibilità.

### **3.2.3 Terzo livello**

L'applicazione del terzo livello di approfondimento prevede un approccio quantitativo per la valutazione della pericolosità sismica locale.

Tale approccio potrà essere svolto ricorrendo a metodologie strumentali o numeriche.

#### **3.2.3.1 Zone con terreni di fondazioni particolarmente scadenti e falda superficiale (PSL Z2)**

Il territorio di Pozzuolo Martesana è stato inserito nello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z2 con riferimento alla bassa soggiacenza della falda freatica.

Nei terreni appartenenti a questo scenario il verificarsi di un evento sismico può causare fenomeni di liquefazione e/o cedimenti.

Tale analisi va sempre applicata a progetti di edifici strategici e/o rilevanti che prevedono affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03).



L'analisi sismica di terzo livello per il calcolo del potenziale di liquefazione del terreno dovrà essere preceduta da un approfondimento geognostico che accerti tale pericolo mediante l'impiego di procedure note in letteratura (nell'allegato 5 alla D.G.R. 8/7374 è indicato a titolo esemplificativo il metodo di Crespellani T., 1991 – La liquefazione del terreno in condizioni sismiche – Zanichelli Bologna). L'analisi di terzo livello per la valutazione quantitativa dei cedimenti prevede l'esecuzione di accertamenti geognostici e l'impiego di procedure note in letteratura e scelte a discrezione del professionista incaricato.

### 3.2.3.2 Effetti di amplificazione morfologica (PSL Z3)

Gli scenari di pericolosità sismica locale **Z3a**, scarpate morfologiche, sono rappresentati nella carta della pericolosità sismica locale da linee.

Tali elementi individuano gli ambiti soggetti ad amplificazione topografica.

In questi ambiti il fattore di amplificazione deve essere calcolato per la quota di cresta o di ciglio e successivamente interpolato linearmente sino alla base del pendio dove assume valore pari all'unità. Possono pertanto essere soggette ad amplificazione topografica anche aree non collocate nelle immediate vicinanze delle creste e delle scarpate.

Nello scenario Z3 dovrà essere applicare il terzo livello di approfondimento sismico nei seguenti casi:

- aree di cresta o scarpata nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani;
- aree di cresta o scarpata se in un intorno significativo dell'area di progetto si rilevino asperità morfologiche ricadenti nella casistica delle PSL Z3 e il *fattore di amplificazione*, calcolato caso per caso, sia maggiore del valore soglia *St*.

La valutazione quantitativa dei fenomeni di amplificazione prevede l'utilizzo di metodologie strumentali o numeriche, a discrezione del professionista incaricato.

Le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 9/2612 del 30 novembre



2011 sono indicati a titolo esemplificativo il metodo di Nakamura (1989) e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)).

Le metodologie numeriche consistono nella ricostruzione di un modello geometrico e meccanico dell'area di studio e nell'applicazione di codici di calcolo (monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali) per la valutazione della risposta sismica locale.

La scelta del metodo e le modalità di applicazione sono a discrezione del professionista incaricato che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare i vantaggi e gli svantaggi dei differenti approcci.

### 3.2.3.3 Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)

L'applicazione del terzo livello di approfondimento prevede un approccio quantitativo per la valutazione della pericolosità sismica locale che potrà essere svolto ricorrendo a metodologie strumentali o numeriche.

Per l'analisi dell'amplificazione litologica le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 9/2612 del 30 novembre 2011 sono indicate a titolo esemplificativo il metodo di Nakamyre (1989) e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)). Le metodologie numeriche consistono nella ricostruzione di un modello geometrico e meccanico dell'area di studio e nell'applicazione di codici di calcolo (monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali) per la valutazione della risposta sismica locale.

La scelta del metodo è a discrezione del professionista che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare gli svantaggi dei differenti approcci.



## 4 CARTA DEI VINCOLI (TAV. 2)

Nella Carta dei Vincoli sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti dalle normative in vigore di contenuto prettamente idrogeologico e/o ambientale-paesaggistico.

Nel territorio di Pozzuolo Martesana sono presenti:

- **Vincoli di polizia idraulica sul reticolo idrografico principale e minore** (individuati in base alla D.G.R. 7/7868 del 2002 e successive integrazioni) ai sensi del R.D. 523/1904 e del R.D. 368/1904, così come definiti nello studio per la "*Determinazione del reticolo idrico minore*" redatto da GeoArborStudio nel 2009.
- Vincoli derivanti dal **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale** (Figura 3) di Milano, al quale si rimanda per maggiori approfondimenti, approvato con deliberazione del Consiglio Provinciale n. 93 del 17 dicembre 2013 e che comprende:
  - Indirizzi e prescrizioni relativi ai corsi d'acqua e alle aree ad essi limitrofe, definiti nell'Art. 24 delle NtA.
  - Elementi del paesaggio agrario (Fontanili): il PTCP della Provincia di Milano vincola i fontanili attivi e le aree a essi circostanti con l'art. 29 delle NtA.
  - Indirizzi e prescrizioni relativi al ciclo delle acque definiti nell'Art.38: sono individuati e vincolati gli ambiti di rigenerazione prevalente della risorsa idrica, gli ambiti di influenza del Canale Villoresi e gli ambiti degli acquiferi a vulnerabilità molto elevata.
- **Area di salvaguardia delle captazioni a uso idropotabile** (pozzi e sorgenti): D.L. 152/99, D.L. 258/00 e D.G.R. 7-12693/2003.

### 4.1 *Vincoli di polizia idraulica*

Nell'ambito di questo studio è stato effettuato un lavoro di revisione su alcuni tratti del reticolo idrico. Sulla base delle indicazioni fornite dall'Ufficio Tecnico sono stati eseguiti alcuni sopralluoghi in sito per verificare, ove possibile, la corretta



individuazione dei corsi d'acqua tracciati in carta adeguando, dove necessario, il tracciato alla più recente base cartografica, utilizzata per la redazione del P.G.T..

## **4.2 Vincoli derivanti dal PTCP della Provincia di Milano**

### **4.2.1 Indirizzi e prescrizioni relativi ai corsi d'acqua e alle aree ad essi limitrofe, definiti nell'Art. 24 delle NtA.**

Indirizzi:

- a. Progettare gli interventi urbanistici e infrastrutturali che interferiscono con il corso d'acqua armonizzandoli con i suoi tratti idrografici naturali;
- b. Negli interventi di difesa del suolo e di regimazione idraulica, utilizzare soluzioni che coniughino la prevenzione del rischio idraulico con la riqualificazione paesistico-ambientale, garantendo la realizzazione di entrambi, consentendo l'attuazione del progetto di rete ecologica provinciale;
- c. Realizzare le vasche di laminazione delle piene fluviali e i canali by-pass per il rallentamento dei colmi di piena fluviale, con aspetto naturaliforme, creando un contesto golenale con funzioni ecologico-ambientali.

Prescrizioni:

- a. Utilizzare tecniche di ingegneria naturalistica negli interventi di difesa del suolo e regimazione idraulica, fatta salva la loro inapplicabilità, anche con riferimento al Repertorio delle misure di mitigazione e compensazione paesistico-ambientali;
- b. Sostituire, qualora ammalorate, le opere di difesa del suolo in calcestruzzo, muratura, scogliera o prismata realizzate sui corsi d'acqua naturali e prive di valore storico-paesistico operando secondo quanto indicato alla lettera precedente;
- c. Rimuovere le tombinature esistenti sui corsi d'acqua ripristinando, ove possibile, le sezioni di deflusso a cielo aperto;

### **4.2.2 Elementi del paesaggio agrario (Fontanili):**

Il PTCP della Provincia di Milano vincola i fontanili attivi e le aree a essi circostanti con l'art. 29 delle NtA.



#### **4.2.3 Indirizzi e prescrizioni relativi al ciclo delle acque definiti nell'Art.38**

Sono individuati e vincolati gli ambiti di rigenerazione prevalente della risorsa idrica, gli ambiti di influenza del Canale Villoresi e gli ambiti degli acquiferi a vulnerabilità molto elevata.

- a. *Ambiti di ricarica prevalente della falda e Ambiti di influenza del canale Villoresi:* favorire l'immissione delle acque meteoriche sul suolo e nei primi strati del sottosuolo, evitando condizioni di inquinamento o di trasporto di sostanze inquinanti verso le falde. Nelle eventuali trasformazioni urbanistiche e infrastrutturali è necessario favorire l'infiltrazione e l'invaso temporaneo diffuso delle precipitazioni meteoriche al fine di non causare condizioni di sovraccarico nella rete di drenaggio, in coerenza anche con le disposizioni del PAI e del PTUA;
- b. *Ambiti di rigenerazione prevalente della risorsa idrica:* favorire l'immissione delle acque meteoriche nel reticolo idrico superficiale. Nelle eventuali trasformazioni urbanistiche e infrastrutturali è necessario valutare le alterazioni al regime delle acque sotterranee e verificare i relativi effetti anche nelle aree limitrofe, eventualmente introducendo adeguati correttivi al progetto di intervento.

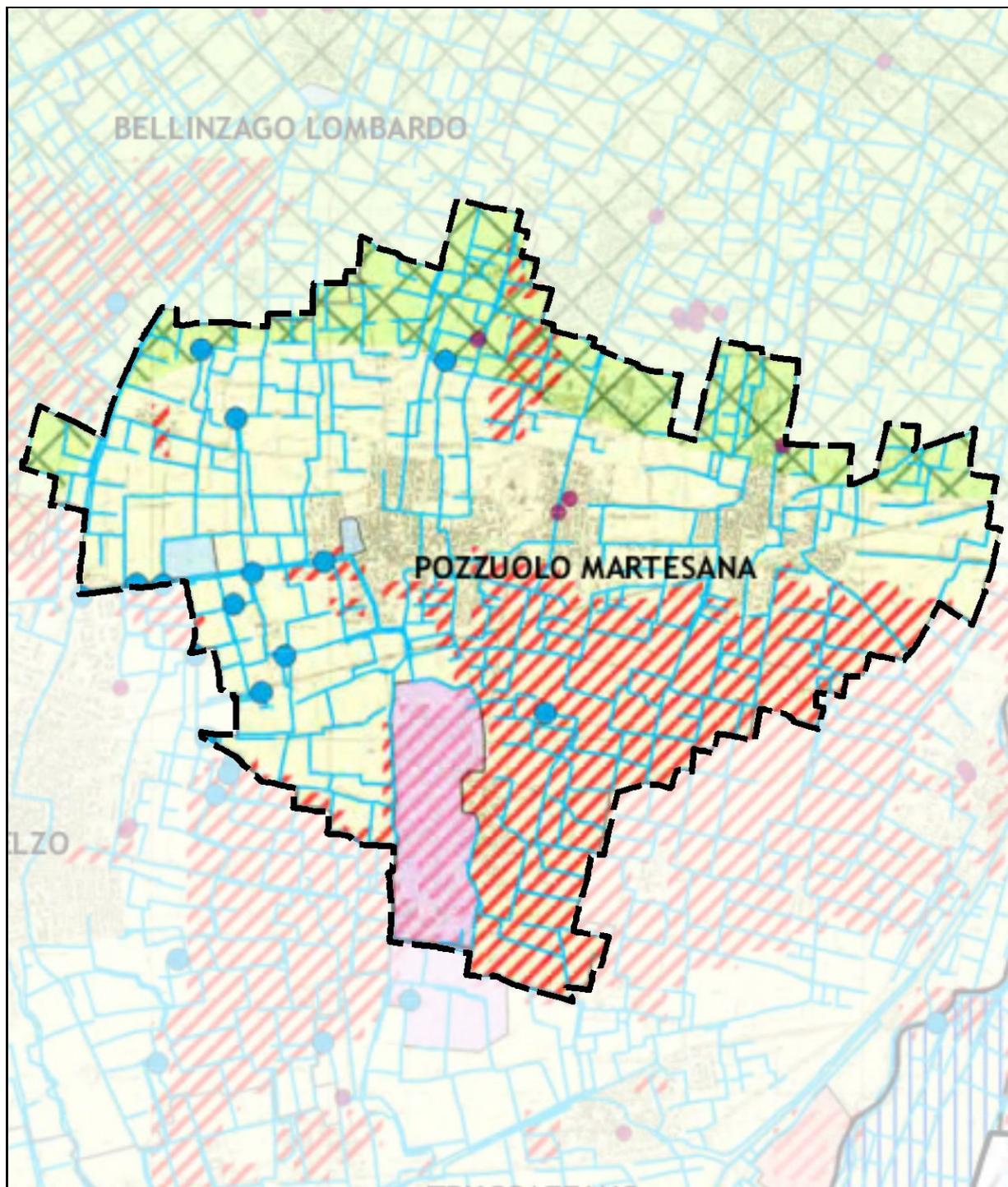


Figura 3: Estratto della Tavola 7 "Difesa del Suolo" del PTCP della Provincia di Milano (2013, scala 1:35.000; verde: ambiti di influenza del canale Villoresi, giallo: ambiti di rigenerazione prevalente della risorsa idrica, quadrettato verde: ambiti di ricarica prevalente della falda, barrato rosso: ambiti degli acquiferi a vulnerabilità molto elevata; bollo blu: fontanile.



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

#### **4.3.1 Aree di tutela assoluta**

Si tratta delle aree di raggio uguale a 10 metri di tutela assoluta delle captazioni di acque sotterranee destinate al consumo umano, siano esse pozzi o sorgenti. Per tali ambiti valgono le prescrizioni contenute nel documento “direttive per la disciplina delle attività all’interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del DLGS 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)” approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003.

Le aree di tutela assoluta devono essere adeguatamente protette e adibite esclusivamente ad opere di captazione e alle infrastrutture accessorie. È vietato al loro interno ogni tipo di intervento.

#### **4.3.2 Aree di rispetto**

Le zone di rispetto sono parti di territorio circostanti le zone di tutela assoluta individuate con criterio geometrico, idrogeologico o temporale. In tali ambiti valgono le prescrizioni contenute nel documento “direttive per la disciplina delle attività all’interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del DLGS 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)” approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003 e confermato nell’art. 94 del D.Lgs 152 del 3 aprile 2006.

Con Delibera di Consiglio Comunale n. 27 del 03/07/2001 il Comune di Pozzuolo Martesana ha aggiornato i propri strumenti urbanistici recependo le aree di rispetto delle captazioni a uso acquedottistico.

#### **Campo pozzi presso Cascina Porro**

In prossimità della Cascina Porro, a nord dell’abitato di Pozzuolo, è stato realizzato un campo pozzi la cui gestione è affidata al CAP (Consorzio Acqua Potabile).

Il campo pozzi è denominato “Fabbrica dell’acqua”, ed è costituito da otto pozzi destinati alla produzione di acqua potabile, ciascuno dei quali ha una portata pari a circa 30-40 litri al secondo per un totale di circa 240-320 l/s.



La zona di rispetto del campo pozzi è stata definita con criterio temporale facendo coincidere la perimetrazione con l'involuppo della isocrona dei 60gg.

**Pozzo di via Giotto in frazione Trecella**

La zona di rispetto del campo pozzi è stata definita con criterio temporale facendo coincidere la perimetrazione con l'involuppo dell'isocrona dei 60gg.

**Pozzo di via Bergamo**

È stato applicato il criterio geometrico facendo coincidere la perimetrazione con un cerchio avente raggio di 200 metri dal centro della captazione.



## 5 CARTA DI SINTESI (TAV. 3)

La Carta di Sintesi è costituita da una serie di poligoni ognuno dei quali definisce una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di rischio in atto o potenziale, o da vulnerabilità idrogeologica.

La sovrapposizione di più ambiti genera poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori.

Tale perimetrazione è stata ricavata dalle carte di inquadramento contenute nello studio redatto da GeoArborStudio e da puntuali sopralluoghi in sito.

In particolare sono state individuate:

### **5.1 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

**fl:** area adiacente a corsi d'acqua che deve essere tenuta libera da manufatti per consentire l'accessibilità dei mezzi per la manutenzione e/o la realizzazione di eventuali opere di difesa spondale. Fasce di rispetto del reticolo idrico principale e minore.

### **5.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico**

**sg1:** area a elevata vulnerabilità dell'acquifero freatico, con soggiacenza della falda inferiore a 2 metri dal piano campagna: comprende l'area centromeridionale del territorio comunale interessata dalla presenza dell'ambito estrattivo ATEg20 e della cava di prestito per la realizzazione della Tangenziale Est Esterna di Milano.

**sg2:** area a elevata vulnerabilità dell'acquifero freatico, con soggiacenza della falda compresa tra 2 e 10 metri: comprende la maggior parte del territorio di Pozzuolo Martesana.

**sg3:** area a medio-alta vulnerabilità dell'acquifero freatico, con soggiacenza della falda maggiore di 10 metri: è la porzione più orientale del comune e comprende quasi totalmente la frazione di Trecella sino al confine con Inzago, Cassano d'Adda e Truccazzano.



**pz1:** area di tutela assoluta delle opere di captazione a uso idropotabile.

**pz2:** area di rispetto delle opere di captazione a uso idropotabile.

### **5.3 Aree che presentano particolari caratteristiche geotecniche**

**gt:** area prevalentemente ghiaiosa sabbiosa con discreta-buona capacità portante. Individua l'unità fisiografica del Livello Fondamentale della Pianura.

### **5.4 Ambiti di particolare interesse geomorfologico, scientifico, naturalistico ed educativo:**

**fon:** ambito di tutela paesaggistica delle teste dei fontanili. L'emergenza della falda si verifica quando la superficie freatica interseca la superficie topografica. Condizione che è dovuta normalmente a una perdita di trasmissività dell'acquifero e quindi ad una variazione granulometrica dei depositi.

### **5.5 Ambiti estrattivi:**

**ae:** Ambito destinato alla coltivazione di materiale sciolto destinato alle costruzioni, ghiaie e sabbie.



## **6 CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (TAV. 4)**

### **6.1 Classi di fattibilità geologica**

I dati raccolti dallo studio GeoArborStudio compresi gli approfondimenti condotti nell'ambito di questo aggiornamento, consentono, mediante l'analisi dei vari elementi che caratterizzano l'area in esame, di suddividere il territorio in settori a maggiore o minore vocazione urbanistica.

Si tratta di una classificazione della pericolosità che fornisce indicazioni generali sulle destinazioni d'uso, sulle cautele generali da adottare per gli interventi, sugli studi e le indagini necessarie in caso di intervento e sulle opere di riduzione degli eventuali rischi territoriali, ciò al di là di ogni considerazione di carattere economico e amministrativo, ma esclusivamente in funzione dei diversi parametri naturali che caratterizzano il territorio.

È opportuno ricordare che i cambiamenti di destinazione d'uso di una qualsiasi parte del territorio devono derivare dalla lettura incrociata della carta della fattibilità e della carta dei vincoli dove sono rappresentate le limitazioni derivanti dalla normativa in vigore.

La D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011 adotta quattro classi di fattibilità.

#### **Classe 1 (bianca) - Fattibilità senza particolari limitazioni**

*La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.*

#### **Classe 2 (gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni**

*La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa*



*classe devono essere indicati, nelle norme geologiche di piano, gli approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.*

### **Classe 3 (arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni**

*La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.*

*Il professionista, nelle norme geologiche di piano, deve, in alternativa:*

- se dispone fin da subito di elementi sufficienti, definire puntualmente per le eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto;*
- se non dispone di elementi sufficienti, definire puntualmente i supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito di territoriale di riferimento (puntuale, quali caduta massi, o relativo ad ambiti più estesi coinvolti dal medesimo fenomeno quali ad es. conoidi, interi corsi d'acqua ecc.) e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità tecnico-economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione.*

### **Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni**

*L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, ivi comprese quelle interrato, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla*



*normativa antisismica. Il professionista deve fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non é strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di emergenza; deve inoltre essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.*

A discrezione del professionista ogni classe di fattibilità, con particolare riferimento alle classi 2 e 3, può essere, per maggiore chiarezza, suddivisa in sottoclassi riguardanti ambiti omogenei.

## **6.2 Classi di fattibilità rappresentate nel territorio di Pozzuolo Martesana**

La suddivisione del territorio nelle diverse classi di fattibilità è accompagnata dai relativi articoli con le prescrizioni a cui attenersi per regolarne l'edificabilità.

L'attribuzione di alcune classi di fattibilità trova giustificazione nelle direttive contenute nella D.G.R. 9/2612 del 30 novembre 2011 per la redazione dello studio geologico ai sensi della L.R. 12 del 11 marzo 2005, secondo un rigido schema che prescrive la corrispondenza tra classi di fattibilità e le aree soggette ai vincoli nonché ai pericoli individuati nella carta di sintesi.

### **6.2.1 Classe 2**

Esprime una fattibilità con modeste limitazioni dovuta alle mediocri proprietà meccaniche del primo sottosuolo e alla soggiacenza della falda freatica, il cui livello si trova normalmente a profondità maggiore di 10 metri. La vulnerabilità dell'acquifero è medio-alta.

L'utilizzo delle aree ricadenti in questa sottoclasse è subordinato alla realizzazione di studi che approfondiscano la conoscenza dei parametri meccanici del sottosuolo e



della situazione idrogeologica locale. Tali studi potranno essere supportati da indagini geognostiche ad hoc, oppure essere basati sulla conoscenza della situazione geologica idrogeologica locale derivante dall'esperienza del tecnico incaricato.

Allo scopo di proteggere le acque sotterranee le richieste di concessione edilizia dovranno contenere:

- un'indicazione quantitativa e qualitativa degli scarichi liquidi prodotti dal fabbricato o dal complesso di cui si richiede la costruzione;
- un'indicazione progettuale dei sistemi di depurazione corrispondenti e/o dei sistemi adottati per l'eliminazione dei materiali residui e la salvaguardia idrogeologica e relativi criteri costruttivi.

Valgono altresì le prescrizioni degli articoli 24, 29 e 38 del vigente PTCP della Provincia di Milano sintetizzati nel paragrafo 4.2.

### **6.2.2 Classe 3**

In questa classe ricadono le zone dove sono state rilevate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso.

In relazione alle condizioni di rischio riscontrate sono state individuate 4 sottoclassi.

#### **- 3a**

Esprime una fattibilità con consistenti limitazioni dovuta all'elevata vulnerabilità dell'acquifero freatico. La particolare conformazione geologica del territorio fa sì che in queste zone la falda freatica sia prossima alla superficie topografica (soggiacenza minore di 2 metri).

Oltre alla puntuale caratterizzazione dei parametri meccanici del sottosuolo (D.M. 11 marzo 1988 e nelle N.T.C. del 14 gennaio 2008), l'utilizzo di queste aree è subordinato ad una approfondita analisi della situazione idrogeologica locale allo scopo di evitare interferenze delle opere in progetto con la falda e salvaguardare le condizioni naturali che sono all'origine delle risorgive.



Si applicano altresì le prescrizioni di cui alla classe 2 per la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e quelle relative agli articoli 24 e 38 del vigente PTCP della Provincia di Milano, sintetizzati nel paragrafo 4.2.

### **- 3b**

Esprime una fattibilità con consistenti limitazioni dovuta alla vulnerabilità dell'acquifero freatico e a una soggiacenza della falda compresa tra 2 e 10 metri dal piano campagna.

L'utilizzo delle aree ricadenti in questa classe è subordinato alla realizzazione di indagini geognostiche ad hoc (D.M. 11 marzo 1988 e nelle N.T.C. del 14 gennaio 2008), per la caratterizzazione puntuale dei parametri meccanici del sottosuolo, nonché della situazione idrogeologica locale al fine di prevedere, già in fase progettuale, quegli accorgimenti tecnici necessari a garantire la salubrità dei locali e mitigare il rischio di contaminazione della falda.

Si applicano altresì le prescrizioni di cui alla classe 2 per la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e quelle relative agli articoli 24, 29 e 38 del vigente PTCP della Provincia di Milano, sintetizzati nel paragrafo 4.2.

### **- 3c**

Esprime una fattibilità con consistenti limitazioni dovuta alle limitazioni imposte dalle fasce di rispetto delle captazioni di acqua sotterranea a scopo idropotabile. Si applicano le relative prescrizioni (parag. 4.3.2).

L'utilizzo delle aree ricadenti in questa classe è subordinato alla realizzazione di indagini geognostiche ad hoc (D.M. 11 marzo 1988 e nelle N.T.C. del 14 gennaio 2008) per la caratterizzazione puntuale dei parametri meccanici del sottosuolo, nonché della situazione idrogeologica locale al fine di prevedere, già in fase progettuale, quegli accorgimenti tecnici necessari a garantire la salubrità dei locali e a mitigare il rischio di contaminazione della falda.

Si applicano altresì le prescrizioni di cui alla classe 2 per la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e quelle relative agli articoli 24, 29 e 38 del vigente PTCP della Provincia di Milano, sintetizzati nel paragrafo 4.2.



### **- 3d**

In questa sottoclasse sono compresi l'Ambito estrattivo ATEg20 e la cava di prestito per la realizzazione della TEEM.

Oltre alle prescrizioni della classe 3a è necessario, in un intorno significativo dal ciglio delle scarpate delle cave, realizzare gli approfondimenti geognostici per la caratterizzazione puntuale dei parametri geotecnici del sottosuolo nonché della situazione idrogeologica locale al fine di procedere all'analisi di stabilità del complesso pendio-opera.

### **6.2.3 Classe 4**

In classe 4 dovrà essere esclusa qualsiasi edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentite esclusivamente le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo come definiti dall'art. 27 lettere a), b) e c) della L.R. 12/05.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio presente.

In relazione alle condizioni di rischio riscontrate sono state individuate tre sottoclassi.

### **- 4a**

La sottoclasse 4a coincide con la perimetrazione delle aree di tutela assoluta delle opere di captazione idropotabile.

All'interno di esse si applicano le relative prescrizioni (parag. 4.3.1).



#### **- 4b**

Nella sottoclasse 4b sono inserite le aree adiacenti ai corsi d'acqua che devono essere tenute libere da manufatti per consentire l'accessibilità dei mezzi per la manutenzione e/o la realizzazione di eventuali opere di difesa spondale.

Vige il divieto di copertura dei corsi d'acqua ai sensi dell'art. 115 del DLgs 152/06.

Le seguenti attività sono vietate:

- a. Attività di trasformazione dei luoghi, che modificano l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni indicate dalle norme per le attività soggette ad autorizzazione;
- b. Realizzazione di nuove edificazioni, di ampliamenti in planimetria;
- c. Insediamenti per attività produttive;
- d. Gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità d'invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento della capacità d'invaso in area idraulicamente equivalente;
- e. Realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti così come definiti dal DLgs 22/57, fatto salvo quanto prescritto dalle norme per le attività soggette ad autorizzazione;
- f. Argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso le sponde. Scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità dell'argine.
- g. I lavori e gli atti di cui all'art. 96, del R.D. 25 luglio, 1904, n. 523.

Le seguenti attività sono vietate soggette ad autorizzazione, solo dopo espressa autorizzazione e/o nulla osta idraulico da parte dell'Ente Competente, i seguenti:

- a. Gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti all'art. 3 del D.P.R. 380/01, demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo senza aumento di superficie o di volume e senza aumento del carico insediativo;
- b. La ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari (viabilità) e a rete riferite a servizi pubblici essenziali e relativi impianti, previo studio di compatibilità



dell'intervento validato dall'Ente Competente; gli interventi devono garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti, l'intervento è subordinato all'adozione di adeguati provvedimenti cautelativi nei confronti di possibili allagamenti dell'area e di un progetto corredato da uno studio idraulico, che preveda eventuali opere di difesa nei confronti delle acque, tali da non compromettere la sicurezza delle aree circostanti;

- c. Interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto idrogeologico ed idraulico dell'area. Il progetto di queste opere dovrà essere accompagnato da uno studio idrogeologico ed idraulico del bacino di riferimento;
- d. Impianti di trattamento delle acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti, i relativi interventi saranno soggetti a parere di compatibilità dell'Ente Competente. Il progetto di queste opere dovrà essere corredato da uno studio idrogeologico ed idraulico del bacino di riferimento;
- e. Il rimodellamento del terreno può essere concesso, solo laddove fa parte di un progetto di sistemazione idraulica che consideri l'influenza che gli interventi inducono a monte e a valle dell'area;
- f. L'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, fermo restando le disposizioni all'art. 112 del DLgs 152/06 e successive modifiche ed integrazioni;
- g. Il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale, i relativi interventi saranno soggetti a parere di compatibilità dell'Ente Competente;
- h. I cambi delle destinazioni colturali, che potranno interessare esclusivamente, aree attualmente coltivate.

Gli interventi nelle aree adiacenti ai corsi d'acqua sono altresì soggetti alle prescrizioni dell'art. 24 delle NtA del PTCP della Provincia di Milano.



#### **- 4c**

La sottoclasse 4c include le parti più prossime alla zona di emergenza delle risorgive per la valenza ambientale e idrogeologica che rivestono tali ambiti. Oltre alle tutele derivanti dall'art. 29 delle NtA del PTCP della Provincia di Milano, all'interno di tali perimetrazioni sono vietate le 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 proveniente 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;
- j. centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- k. pozzi perdenti;
- l. 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.



### **6.3 Normativa sismica**

Il comune di Pozzuolo Martesana ricade nella zona sismica 4, così come definita nell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003.

L'intero territorio comunale è ascritto allo scenario di Pericolosità Sismica Locale Z2/Z4a, come evidenziato nella *Carta della Pericolosità Sismica Locale* (TAV.1) e nella *Carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano* (TAV. 4).

La normativa regionale prevede l'applicazione del secondo livello di approfondimento sismico nelle zone a PSL Z3 e Z4 solo nelle aree in cui è prevista la realizzazione di edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. N. 19904/03).

L'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per gli scenari di PSL Z1 e Z2 solo nelle aree in cui è prevista la realizzazione di edifici strategici e rilevanti.

#### **6.3.1 Zone con falda superficiale (PSL Z2)**

L'analisi di terzo livello prevede la valutazione quantitativa dei cedimenti e del potenziale di liquefazione mediante l'esecuzione di accertamenti geognostici e l'impiego di procedure note in letteratura e scelte a discrezione del professionista incaricato.

Il terzo livello di approfondimento dovrà essere applicato solo nelle aree in cui è prevista la realizzazione di edifici strategici e rilevanti rispettando le direttive tecniche regionali riassunte nel paragrafo 3.2.3.1.

Si potrà ovviare all'applicazione del terzo livello di approfondimento sismico, utilizzando lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, utilizzando il seguente schema:

- in sostituzione dello spettro per la classe sismica B si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe C; nel caso in cui la soglia non fosse sufficientemente cautelativa si può utilizzare lo spettro previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica C si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D;



- in sostituzione dello spettro per la classe sismica E si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D.

### **6.3.2 Effetti di amplificazione morfologica (PSL Z3)**

Lo scenario di pericolosità sismica locale **Z3** è rappresentato nella carta della pericolosità sismica locale da linee. Tali elementi individuano gli ambiti soggetti ad amplificazione topografica. In questi ambiti il *fattore di amplificazione* deve essere calcolato per la quota di cresta e successivamente interpolato linearmente sino alla base del pendio dove assume valore pari all'unità. Possono pertanto essere soggette ad amplificazione morfologica anche aree non collocate nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata.

In fase di progettazione si dovrà pertanto accertare se l'ambito oggetto di studio è potenzialmente soggetto ad amplificazione topografica, in quanto parte, prossima fino a distale, di un ciglio di scarpata o di una cresta rocciosa.

Il terzo livello di approfondimento dovrà essere applicato rispettando le direttive tecniche regionali riassunte nel paragrafo 3.2.3.2.

Potrà essere evitata l'applicazione del terzo livello di approfondimento sismico utilizzando lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, seguendo il seguente schema:

- in sostituzione dello spettro per la classe sismica B si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe C; nel caso in cui la soglia non fosse sufficientemente cautelativa si può utilizzare lo spettro previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica C si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica E si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D.



### **6.3.3 Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)**

Nello scenario Z4 è richiesta l'applicazione del secondo livello di approfondimento nel caso di progetto di edifici strategici e rilevanti che prevedano affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) e l'approfondimento di terzo livello per l'analisi dell'amplificazione litologica, solo quando il *fattore di amplificazione* calcolato è maggiore del valore soglia.

Il terzo livello di approfondimento dovrà essere applicato rispettando le direttive tecniche regionali riassunte nel paragrafo 3.2.3.3. Tali approfondimenti dovranno essere preceduti dalla definizione della classe sismica di appartenenza del suolo (A, B, C, D, E).

Si potrà avviare all'applicazione del terzo livello di approfondimento sismico utilizzando lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, seguendo il seguente schema:

- in sostituzione dello spettro per la classe sismica B si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe C; nel caso in cui la soglia non fosse sufficientemente cautelativa si può utilizzare lo spettro previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica C si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica E si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D.

Dott. Geol. Renato Caldarelli

Dott. Geol. Massimo Elitropi

**ALLEGATI**

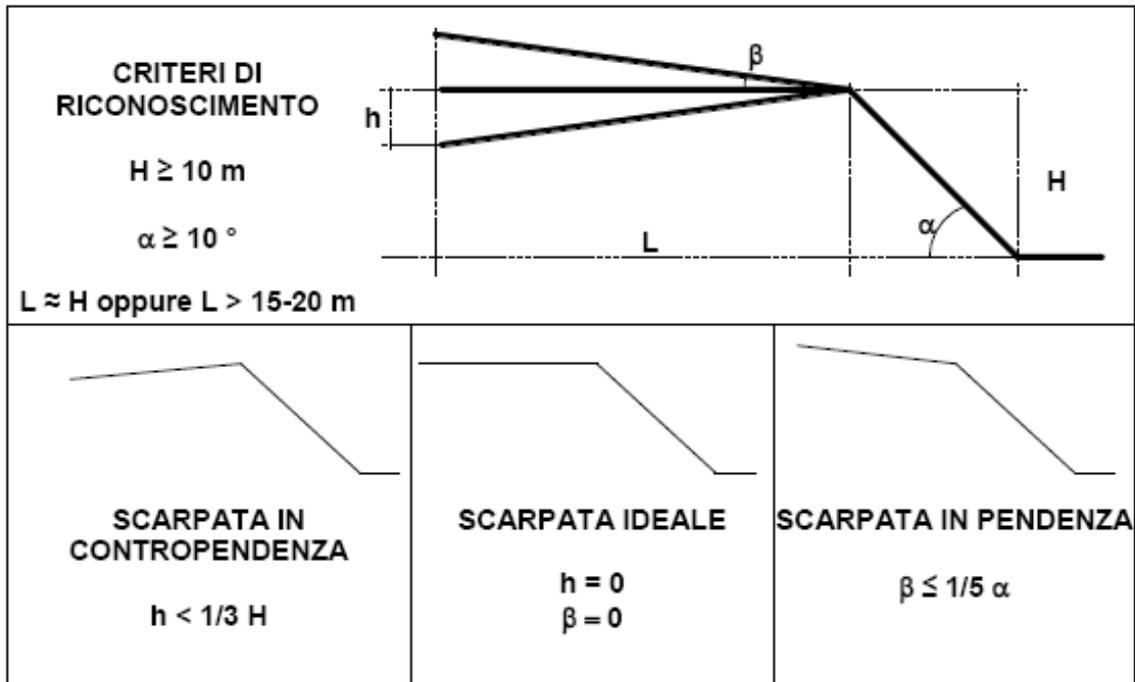
**SCHEMA SINOTTICO DEGLI  
ELABORATI AGGIORNATI**



<p><b>Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T.</b></p> <p><b>Ai sensi della d.g.r. 8/1566 del 22/12/2005</b></p> <p><b>[approvazione 2009]</b></p>	<p><b>Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T.</b></p> <p><b>AGGIORNAMENTO [2013-2014]</b></p> <p><b>ai sensi della d.g.r. 9/2616 del 30/11/0212</b></p>	<p><b>Note</b></p>
<p><b>RELAZIONE</b></p>	<p><b>RELAZIONE TECNICA</b></p>	<p>La relazione di aggiornamento sostituisce la precedente solo relativamente agli aspetti affrontati. Entrambi i documenti devono essere consultati.</p>
	<p><b>NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE</b></p>	
<p><b>a2.4_t1</b> Carta corografica</p>	<p>//</p>	
<p><b>a2.4_t2</b> Carta geologica, litologia e geomorfologica</p>	<p>//</p>	
<p><b>a2.4_t3</b> Sezione geologica</p>	<p>//</p>	
<p><b>a2.4_t4</b> Carta idrogeologica (dati riferiti a marzo 2005) e della vulnerabilità dell'acquifero</p>	<p>//</p>	
<p><b>a2.4_t5</b> Carta della vulnerabilità dell'acquifero</p>	<p>//</p>	
<p><b>a2.4_t6</b> Carta idrogeologica (dati riferiti a agosto 2005) e della vulnerabilità dell'acquifero</p>	<p>//</p>	
<p><b>a2.4_t7</b> Carta dell'idrografia superficiale</p>	<p>//</p>	
<p><b>a2.4_t8</b> Carta pedologica</p>	<p>//</p>	
<p><b>a2.4_t9</b> <del>Carta della pericolosità sismica</del></p>	<p><b>Tav. 1</b> Carta della pericolosità sismica locale</p>	
<p><b>a2.4_t10</b> Carta geotecnica</p>	<p>//</p>	
<p><b>a2.4_t11</b> <del>Carta dei vincoli</del></p>	<p><b>Tav. 2</b> Carta dei Vincoli</p>	
<p><b>a2.4_t12</b> <del>Carta di sintesi</del></p>	<p><b>Tav. 3</b> Carta di Sintesi</p>	
<p><b>a2.4_t13</b> <del>Carta di fattibilità</del></p>	<p><b>Tav. 4a – 4b</b> Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano</p>	

**SCHEDE REGIONALI PER LA  
VALUTAZIONE DEL FATTORE  
DI AMPLIFICAZIONE**

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $F_{\alpha_{0,1-0,5}}$	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	

EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b

**CRITERI DI RICONOSCIMENTO**

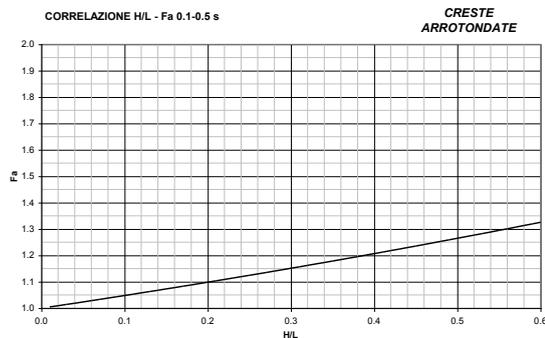
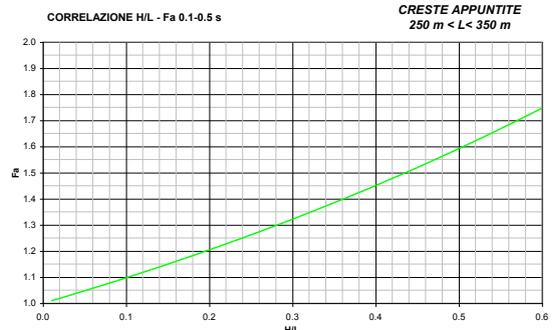
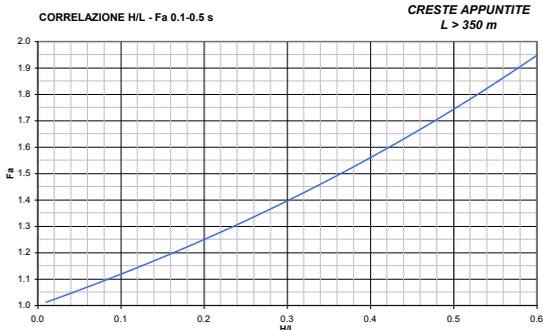
**CRESTA**  
 $\alpha_1 \geq 10^\circ$  e  $\alpha_2 \geq 10^\circ$   
 $h \geq 1/3 H$

**CRESTA ARROTONDATA**  
 $\beta_1 < 10^\circ$  e  $\beta_2 < 10^\circ$   
 $l \geq 1/3 L$

**CRESTA APPUNTITA**  
 $l < 1/3 L$

$V_s \geq 800 \text{ m/s}$

	L > 350	250 < L < 350	150 < L < 250	L < 150
<b>Creste Appuntite</b>	$Fa_{0.1-0.5} = e^{1.11H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.93H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.40H/L}$
<b>Creste Arrotondate</b>	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			



EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

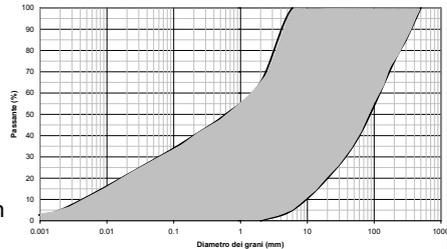
GRANULOMETRIA:

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

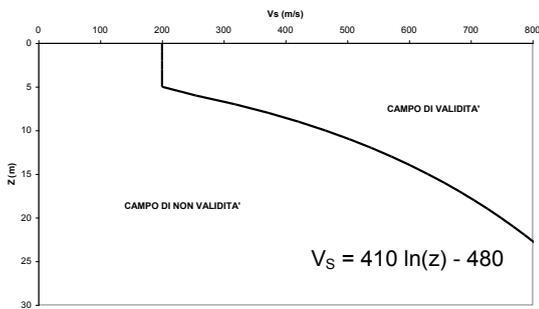
NOTE:

- 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
- Presenza di eventuali orizzonti localmente cementati

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



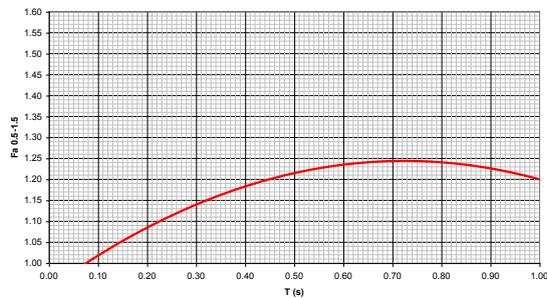
ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'



Profondità primo strato (m)

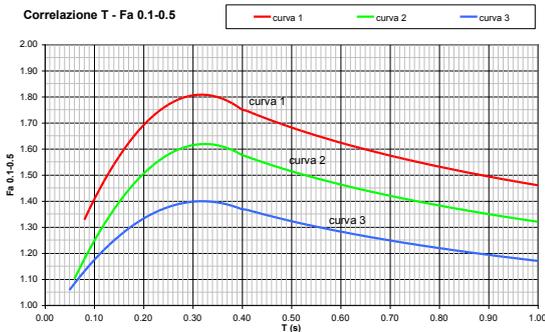
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	
200				1	1										
250				2	2	2									
300				3	3	3	3								
350				3	3	3	3	3							
400				3	3	3	3	3	3						
450				3	3	3	3	3	3	3					
500				3	3	3	3	3	3	3	3				
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



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

Correlazione T - Fa 0.1-0.5



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

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 1

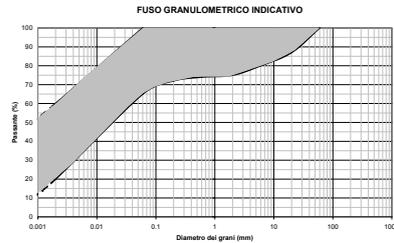
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

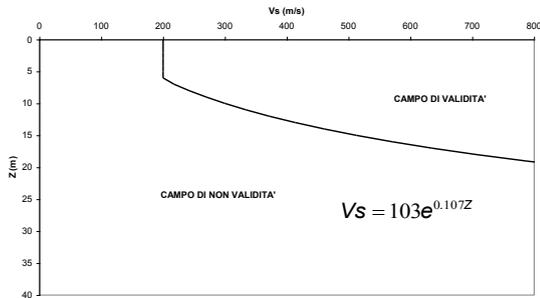
Da limi ghiaioso – argillosi debolmente sabbiosi ad argille con limi passando per limi argillosi, limi con sabbie argillose, limi e sabbie con argille, argille ghiaiose, argille ghiaiose debolmente limose ed argille con sabbie debolmente limose

NOTE:

- Comportamento coesivo
- Struttura matrice-sostenuta
- Frazione limosa superiore al 40%
- Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm
- Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 25%
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 35%
- Frazione argillosa compresa tra 20% e 60%
- Presenza di eventuali sottili orizzonti ghiaioso fini e sabbioso medio-grossolani



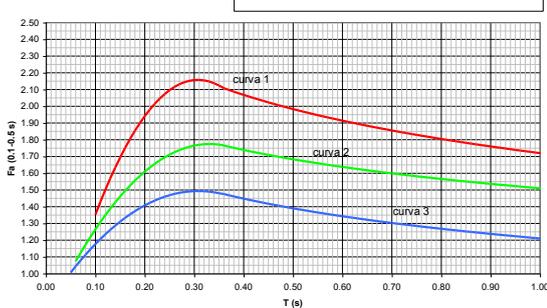
ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'



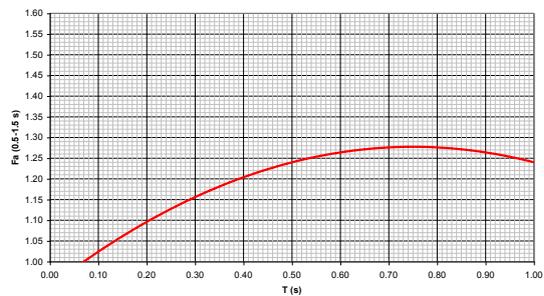
Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1	1								
250				2	2	1								
300				2	2	2	2	2	2	2				
350				3	3	3	2	2	2	2	2			
400				3	3	3	3	3	3	3	3			
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.6T^2 + 0.9T + 0.94$$

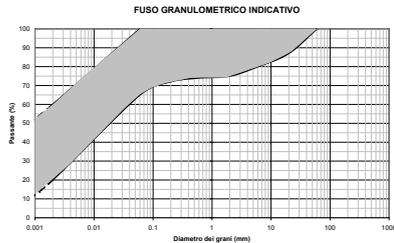
Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -18.7T^2 + 11.5T + 0.39$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.72 - 0.38LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 2

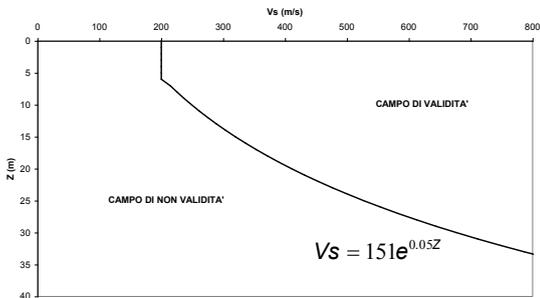
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA e NOTE: come per la litologia limoso - argillosa TIPO 1, a cui in aggiunta è possibile associare i seguenti range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per argille con limi ghiaiosi debolmente sabbiosi:

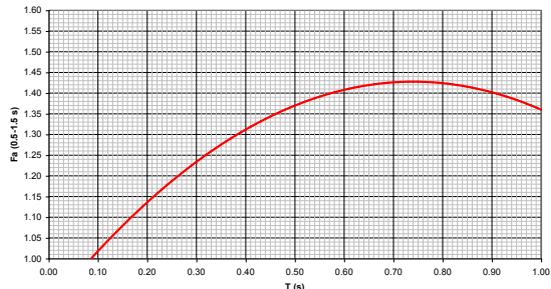
PARAMETRO		INTERVALLO
Peso di volume naturale	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19.5-20.0
Peso specifico particelle solide	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	25.7-26.7
Contenuto d'acqua naturale	w [%]	20-25
Limite di liquidità	w <sub>L</sub> [%]	30-50
Limite di plasticità	w <sub>p</sub> [%]	15-20
Indice di plasticità	I <sub>p</sub> [%]	15-30
Indice dei vuoti	e	0.5-0.7
Grado di saturazione	S <sub>r</sub> [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K <sub>0</sub>	0.5-0.6
Indice di compressione	C <sub>c</sub>	0.15-0.30
Indice di rigonfiamento	C <sub>s</sub>	0.02-0.06
Coefficiente di consolidazione secondaria	C <sub>α</sub>	0.001-0.005
Grado di consolidazione	OCR	1-3
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N <sub>spt</sub>	15-30



ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'

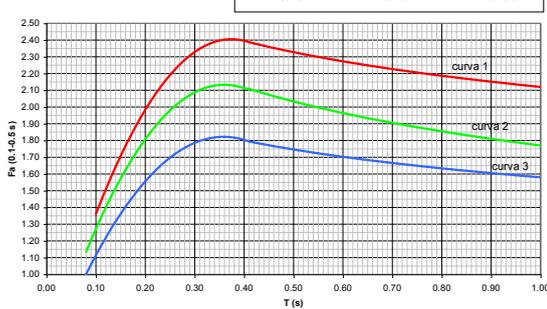


Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -T^2 + 1.48T + 0.88$$

Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



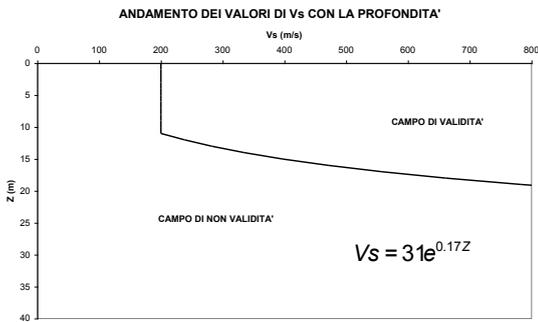
Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	0.10 < T ≤ 0.40	0.40 < T ≤ 1.00
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	0.08 < T ≤ 0.40	0.40 < T ≤ 1.00
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	0.05 < T ≤ 0.40	0.40 < T ≤ 1.00
	$Fa_{0.1-0.5}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

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 1

**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

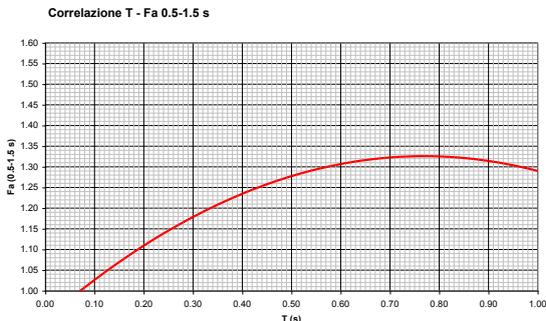
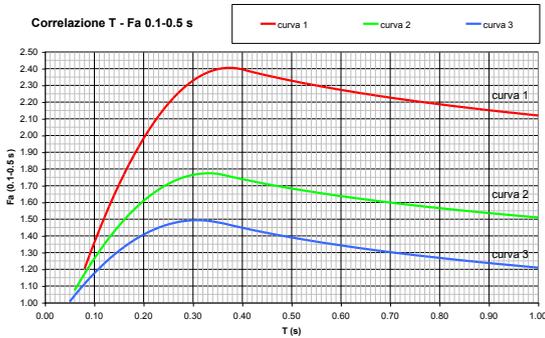
**PARAMETRI INDICATIVI**



Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
250				2	2	2	2	2	2	2	1	1	1					
300				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
350				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		
450				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
600				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

Velocità primo strato (m/s)



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.67T^2 + 1.03T + 0.93$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

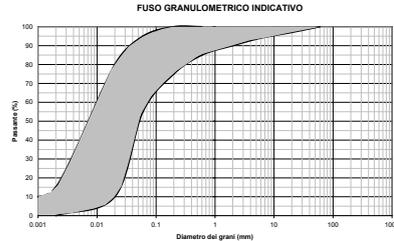
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

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

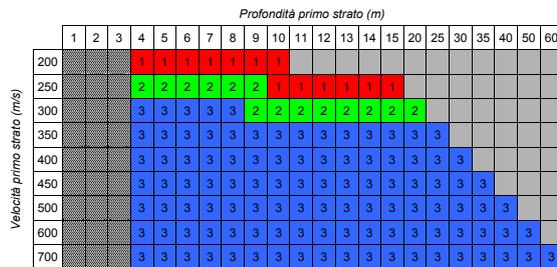
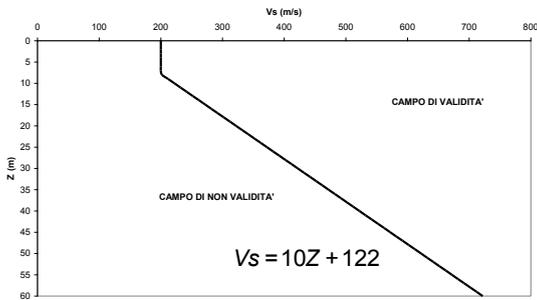
NOTE:

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

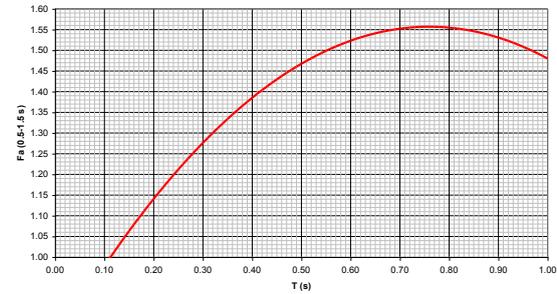


PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18.5-19.5
Peso specifico particelle solide $\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale $w$ [%]	25-30
Limite di liquidità $w_L$ [%]	25-35
Limite di plasticità $w_p$ [%]	15-20
Indice di plasticità $I_p$ [%]	5-15
Indice dei vuoti $e$	0.6-0.9
Grado di saturazione $S_v$ [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo $K_0$	0.4-0.5
Indice di compressione $C_c$	0.10-0.30
Indice di ri gonfiamento $C_u$	0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondaria $C_s$	0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	0-20

ANDAMENTO DEI VALORI DI  $V_s$  CON LA PROFONDITA'

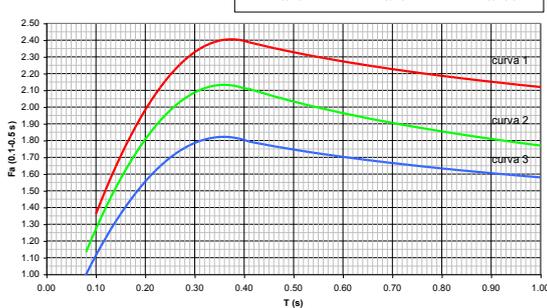


Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



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

Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



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

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

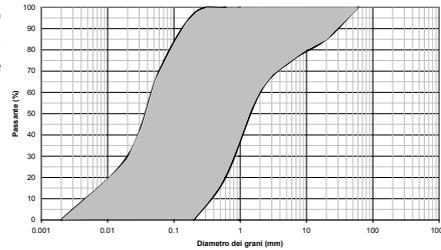
GRANULOMETRIA:

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

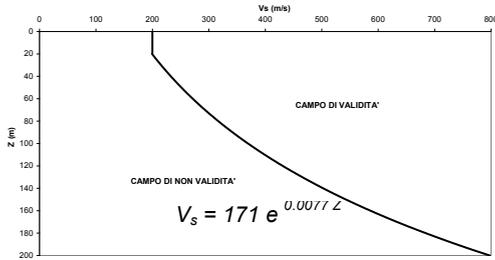
NOTE:

- 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



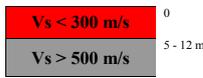
ANDAMENTO DELLE  $V_s$  CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA



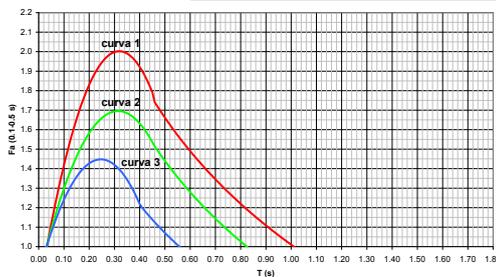
		Profondità primo strato (m)																					
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
Velocità primo strato (m/s)	200	2	2	2-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	250	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	300	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA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

ove la sigla NA indica  $Fa = 1$

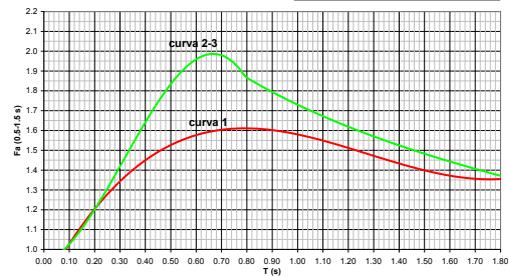
il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1  
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media  $V_s$  minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



Correlazione T - Fa (0.5-1.5 s)



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