



**Dott. Alberto Manella**  
Studio di Geologia

Geologia Applicata | Geotecnica | Geologia Ambientale  
Idrogeologia | Idrologia | Idraulica

## **Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica**

### **RELAZIONE GEOLOGICA E GENERALE**

#### **Committente**

Comune di Grumello del Monte

#### **Località**

Comune di Grumello del Monte (BG)

#### **Data**

Ottobre 2007

#### **Relatore**

Dott. Geol. Alberto Manella



via degli Alpini 12, 24064 Grumello del Monte (BG) | tel/fax 035 831209  
C.F. MNLLRT69C23E219M | P.IVA 02383900160  
alberto@studiomanella.it | [www.studiomanella.it](http://www.studiomanella.it)

## INDICE

1 – PREMESSA .....	Pag.	2
2 – METODOLOGIA APPLICATA .....	»	3
2.1 – Fase di analisi .....	»	3
2.2 – Fase di sintesi / valutazione .....	»	6
2.3 – Fase di proposta .....	»	6
3 – ELEMENTI GEOGNOSTICI E MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO .....	»	7
3.1 – Elementi geognostici .....	»	7
3.2 – Modello geologico del sottosuolo .....	»	8
4 – PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE .....	»	10
4.1 – Primo livello di approfondimento .....	»	10
4.2 – Secondo livello di approfondimento .....	»	11
5 – VINCOLI AMBIENTALI .....	»	14
5.1 – Vincolo di polizia idraulica .....	»	14
5.2 – Area di rispetto e di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile .....	»	15
5.3 – Vincolo idrogeologico .....	»	15
5.4 – Vincolo cimiteriale .....	»	16
5.5 – Vincolo PAI .....	»	16
6 – FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO .....	»	16
7 – NORME GEOLOGICHE DI PIANO .....	»	17
Art. 1 – Classe di fattibilità 1 .....	»	17
Art. 2 – Classe di fattibilità 2 .....	»	18
Art. 3 – Classe di fattibilità 3 .....	»	20
Art. 4 – Classe di fattibilità 4 .....	»	22
Art. 5 – Aree in dissesto idraulico ed idrogeologico ai sensi del PAI .....	»	27
Art. 6 – Zone di protezione delle captazioni ad uso idroptabile .....	»	27
Art. 7 – Studi di approfondimento dello strumento geologico comunale ..	»	29
Art. 8 – Norme per le aree soggette ad instabilità e cedimento indotti da un sisma .....	»	29
8 – ALLEGATI .....	»	29
8.1 – Allegati alla relazione geologica e generale .....	»	29
8.2 – Cartografia tematica .....	»	30

## 1 - PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Grumello del Monte è stato eseguito l'approfondimento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica, così da adeguare lo strumento geologico alla normativa vigente ed al Piano di Governo del Territorio programmato nell'imminente futuro.

Il Comune di Grumello del Monte è dotato di studio geologico approvato ai sensi della Legge 24-11-1997 n. 41 e redatto secondo i criteri stabiliti dalla D.G.R. 29-10-2001, n. 7/6645. Nel 2003 sono state apportate le modifiche proposte dalla Regione Lombardia, riguardanti la revisione della Carta di Fattibilità e la redazione della Carta del Dissesto con legenda uniformata PAI; infine nel 2007 è stata predisposta una variante finalizzata all'adeguamento dello studio geologico alle norme di polizia idraulica, inserite attraverso l'individuazione del reticolo idrico superficiale principale e minore ai sensi della D.G.R. 25-01-2002 n. 7/7868 modificata dalla D.G.R. 01-08-2003 n. 7/13950.

Tutti i percorsi amministrativi ed autorizzativi sono stati ultimati con esito positivo e quindi allo stato attuale il Comune di Grumello del Monte possiede uno studio geologico a supporto dello strumento urbanistico ritenuto esaustivo anche per le verifiche di compatibilità di cui all'art. 18 delle Norme di Attuazione del PAI.

La Legge Regionale 11-03-2005 n. 12 ha introdotto un nuovo strumento di gestione del territorio comunale, caratterizzato da un innovativo approccio culturale alla materia urbanistica e denominato Piano di Governo del Territorio. La componente geologica assume una forte centralità, soprattutto nella definizione dei rischi esistenti sulla base dei quali devono essere operate le scelte di modificazione d'uso dei terreni. In adempimento alla suddetta legge la Regione Lombardia ha emanato la D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566 contenente:

- le linee guida per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio
- le indicazioni per l'aggiornamento degli studi geologici approvati
- le modalità di confronto fra gli strumenti di pianificazione comunale con gli atti di pianificazione sovraordinata (PTCP e PAI).

La direttiva regionale rappresenta un documento normativo molto aggiornato, in quanto recepisce le "Norme Tecniche per le Costruzioni" in materia di rischio sismico, traducendole nell'ambito della procedura di microzonazione da realizzare sulla base della classificazione sismica dei comuni lombardi.

Dal momento che l'Amministrazione Comunale di Grumello del Monte intende procedere in futuro alla redazione del PGT si è reso necessario eseguire l'aggiornamento dello studio geologico per quanto concerne la componente sismica, applicando i criteri e le metodologie contenuti nella D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566.

## 2 - METODOLOGIA APPLICATA

La redazione della componente geologica prevede la suddivisione in tre fasi di lavoro, in ordine temporale di analisi, sintesi e proposta, con l'attuazione di operazioni differenti mirate all'obiettivo finale della zonazione del territorio.

### 2.1 – Fase di analisi

La **fase di analisi** è stata limitata al solo rischio sismico, in quanto lo studio precedente ha esaurito il quadro delle conoscenze di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico che identificano il territorio di Grumello del Monte.

La valutazione del rischio sismico è stata eseguita interpretando le condizioni geologiche e morfologiche del sito per identificare la possibilità, in occasione di eventi sismici, di effetti di amplificazione che possano alterare la situazione di pericolosità sismica dell'area stabilita dalla normativa. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti e quindi in rapporto alle caratteristiche dei terreni si distinguono i seguenti gruppi di effetti locali.

1) **Effetti di sito o di amplificazione sismica locale**: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Questi effetti sono a loro volta distinti nei seguenti due gruppi:

- ✓ effetti di amplificazione topografica, che si verificano quando le morfologie e le irregolarità della topografia favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto;
- ✓ effetti di amplificazione litologica, che si verificano quando l'esistenza di orizzonti litologici di particolari proprietà meccaniche possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno.

2) **Effetti di instabilità**: riguardano i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese, associato a collassi e movimenti di grandi masse di terreno. Nel caso di versanti in equilibrio precario di possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di processi gravitativi; nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici si possono verificare movimenti differenziali fra i vari settori; nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista geotecnico si possono avere cedimenti, fluimenti, scivolamenti e colamenti; nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo si possono verificare fenomeni di subsidenza legati al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

Nell'ambito del territorio comunale di Grumello del Monte, trattandosi di un'area collinare, pianeggiante e dotata di scarpate di altezza superiore a 10 m, gli effetti di possibile amplificazione sismica sono connessi con la presenza nel sottosuolo di livelli stratigrafici di scarsa qualità geotecnica e con l'esistenza di zone di ciglio e cresta, in grado di accentuare la risposta sismica locale e produrre azioni sui manufatti esistenti maggiori rispetto a quelle attese.

La metodologia impiegata per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal Decreto Ministeriale 14-09-2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e dall'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20-03-2003, si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia. Tale metodologia prevede i seguenti tre livelli di approfondimento:

- **1° livello:** consiste nel riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base di osservazioni geologiche e di dati esistenti in letteratura;
- **2° livello:** è articolato nell'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente, sulla base di determinazioni di tipo semi-quantitativo, a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale;
- **3° livello:** comporta la definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini ed analisi più approfondite.

Il primo livello è obbligatorio per tutti i comuni e contempla la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale riportando gli scenari di pericolosità contenuti nella seguente tabella:

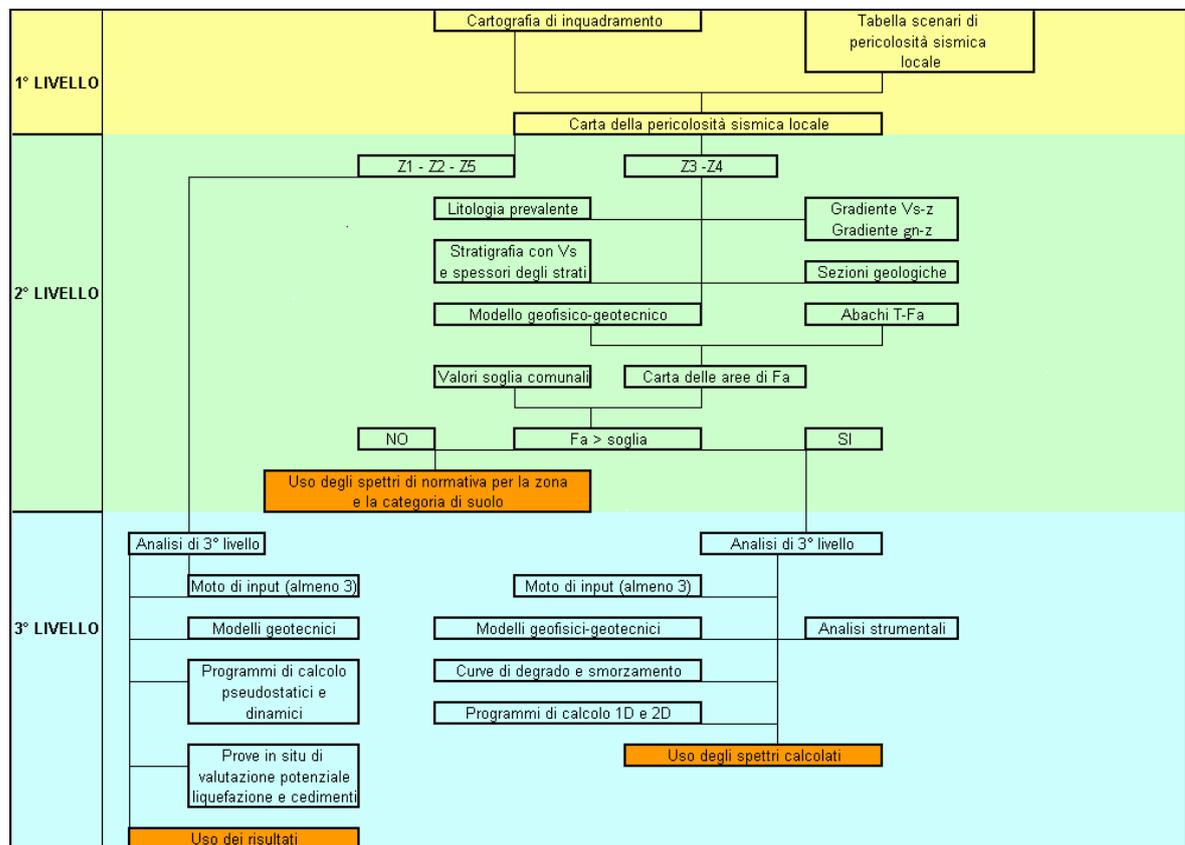
Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
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
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
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

Il secondo livello è obbligatorio per i comuni che ricadono nelle zone sismiche 2 e 3 nelle aree suscettibili di amplificazione sismica morfologica e litologica ed interferenti con l'urbanizzato e/o le aree di espansione.

Il terzo livello si applica successivamente al secondo quando la normativa nazionale è inadeguata all'interno degli scenari caratterizzati da effetti di amplificazione morfologica e litologica, quando vi sono aree soggette ad effetti di instabilità, cedimenti e liquefazioni e quando si è in presenza di zone di contatto fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non vanno applicati sulle aree che per situazioni geologiche e ambientali o per vincoli normativi siano considerate inedificabili.

Per sintetizzare quanto descritto si riporta di seguito il diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli d'indagine, così come stabilito nell'allegato 5 della D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566.



Il Comune di Grumello del Monte è inserito in zona sismica 3 e quindi si è reso necessario, in funzione degli scenari di pericolosità sismica riscontrati, effettuare i primi due livelli di analisi.

## 2.2 – Fase di sintesi / valutazione

In questa fase si definiscono le limitazioni d'uso del territorio derivanti dalle normative in vigore di carattere geologico e si propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica ed idrogeologica.

In occasione dello studio geologico redatto per la variante generale del Piano Regolatore tale fase è stata completamente esaurita, in quanto è stata prodotta la Carta di Sintesi nella quale sono riportati i vincoli esistenti e gli elementi di pericolosità geologica, da cui è stata dedotta la Carta della Fattibilità. In tale sede è stata tuttavia riprodotta in forma unitaria la Carta dei Vincoli Ambientali, nella quale sono state inserite tutte le specifiche limitazioni aggiornate e connesse con le normative ambientali esistenti sul territorio alla data attuale.

## 2.3 – Fase di proposta

La fase di proposta si articola nella compilazione della Carta della Fattibilità delle Azioni di Piano e delle norme geologiche di attuazione. In relazione alla tipologia della pericolosità geologica, geotecnica, idraulica ed idrogeologica e dell'entità dei fenomeni rilevati sono state assegnate classi di fattibilità diversa, riferite ad ambiti omogenei.

Per le varie classi di fattibilità e per gli ambiti soggetti a pericolosità sismica è prevista una specifica normativa, che si concretizzerà nelle fasi attuative delle previsioni del PGT.

La cartografia di base, sulla quale sono stati rappresentati i vari tematismi, è costituita dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e dal rilievo aerofotogrammetrico dell'intero territorio comunale disponibile in scala 1:2.000.

Le carte prodotte sono le seguenti:

- Carta degli elementi geognostici in scala 1:10.000 sulla CTR
- Carta della Pericolosità Sismica Locale in scala 1:10.000 sulla CTR
- Carta dei Vincoli Ambientali in scala 1:5.000 sul rilievo aerofotogrammetrico
- Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano in scala 1:10.000 sulla CTR
- Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano in scala 1:2.000 sul rilievo aerofotogrammetrico.

### 3 - ELEMENTI GEOGNOSTICI E MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Il processo di microzonazione sismica così come la ricostruzione della pericolosità sismica di un territorio prevedono la conoscenza di tutti gli elementi geologici e geomorfologici dell'area in esame e dei caratteri litostratigrafici e geotecnici del sottosuolo. Come accennato in precedenza il comune di Grumello del Monte è caratterizzato da una fisiografia molto variabile, derivante dalla coesistenza di aree pianeggianti, poste a quote altimetriche comprese fra 185 e 250 m s.l.m., con zone collinari sviluppate sino al oltre 600 m s.l.m..

Pertanto vi sono innumerevoli scenari di pericolosità, connessi con le proprietà meccaniche dei terreni quaternari di copertura superficiale e con le morfologie di ciglio di scarpata e di cresta rocciosa.

#### 3.1 – Elementi geognostici

L'analisi degli effetti sismici di sito ha quindi richiesto la raccolta di dati litostratigrafici, geotecnici e geofisici tali da consentire la costruzione di un modello geologico del sottosuolo, sulla base del quale applicare le varie fasi di approfondimento previste dalle direttive regionali.

Nella **Carta degli Elementi Geognostici**, allegata in scala 1:10.000 sulla base della Carta Tecnica Regionale, sono riportate tutte le indagini ed i dati impiegati per caratterizzare il sottosuolo, i cui dettagli sono contenuti nelle relative schede allegate. In particolare si dispone di:

- o dati tecnici inerenti i **pozzi per acqua** (profondità compresa fra 41.0 e 128.0 m)
- o stratigrafie di **sondaggi meccanici a carotaggio continuo** (profondità compresa fra 12.0 e 15.0 m)
- o diagrammi di **prove penetrometriche dinamiche continue** (profondità compresa fra 10.0 e 15.0 m)
- o dati geofisici derivanti da un'indagine sismica con il metodo **Refraction Microtremor**.

I dati ricavati dai pozzi e dai sondaggi meccanici sono stati utilizzati per la ricostruzione delle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, mentre i risultati delle prove penetrometriche hanno permesso la parametrizzazione del terreno con la definizione delle proprietà di resistenza e deformabilità del sottosuolo. L'indagine geofisica, eseguita con il metodo ReMi presso la zona del centro abitato e dell'estremità meridionale del territorio comunale, è stata appositamente programmata per stimare attraverso dati diretti la velocità delle onde trasversali, indispensabile per quantificare gli effetti di amplificazione litologica. Per i dettagli tecnici si rimanda alla relazione illustrativa allegata, redatta dalla società Progea Consulting S.r.l. e contenente i dettagli delle procedure utilizzate oltre che le modalità di interpretazione dei dati.

Per completare il quadro dei dati di base coinvolti nelle valutazioni degli effetti di sito connessi con la possibile amplificazione sismica, nella Carta degli Elementi Geognostici sono

state inserite anche le **linee isopiezometriche**, desunte dallo studio geologico del territorio comunale già approvato, che rappresentano la geometria e l'assetto idrogeologico della falda idrica sotterranea.

### 3.2 – Modello geologico del sottosuolo

I dati geognostici a disposizione sono stati interpretati ed intersecati criticamente per formulare il modello geologico da assumere quale riferimento per le situazioni esistenti sul territorio comunale.

Il comune di Grumello del Monte si trova in un contesto prevalentemente pianeggiante, con circa il 30% della sua superficie occupata da propaggini collinari; la fascia di pianura è caratterizzata da depositi quaternari eluvio-colluviali e fluvioglaciali identificati da sedimenti di granulometria variabile da limi-argillosi a ghiaie e sabbie limose. Pertanto le caratteristiche distintive dei modelli geologici che rappresentano il territorio di Grumello del Monte sono le seguenti:

#### MODELLO DELLA ZONA PEDECOLLINARE ELUVIO-COLLUVIALE

Strato	Profondità (m)	Litologia	Angolo di attrito	Velocità delle onde sismiche trasversali (m/s)
1	0.0-5.0	Limo argilloso	24°-28°	250
2	5.0-10.0	Limo argilloso	28°-32°	400
3	10.0-30.0	Limo argilloso	32°-35°	500

#### MODELLO DELLA PIANURA FLUVIOGLACIALE RECENTE

Strato	Profondità (m)	Litologia	Angolo di attrito	Velocità delle onde sismiche trasversali (m/s)
1	0.0-4.0	Ghiaia e sabbia con limo	28°-32°	420
2	4.0-19.0	Ghiaia e sabbia limose	32°-38°	520
3	19.0-27.0	Ghiaia e sabbia limose con strati di conglomerato	35°-38°	1075
4	27.0-30.0	Ghiaia e sabbia limose con strati di conglomerato	35°-38°	1250

#### MODELLO DELLA PIANURA FLUVIOGLACIALE ANTICA

Strato	Profondità (m)	Litologia	Angolo di attrito	Velocità delle onde sismiche trasversali (m/s)
1	0.0-4.0	Limo argilloso	24°-28°	250

		con ghiaia e sabbia		
2	4.0-9.0	Ghiaia e sabbia con limo e argilla	28°-32°	350
3	9.0-18.0	Ghiaia e sabbia con limo e argilla	30°-32°	450
4	18.0-27.0	Ghiaia e sabbia con limo e argilla	30°-32°	330
5	27.0-30.0	Ghiaia e sabbia con limo e argilla	30°-32°	380

Va sottolineato che i tre modelli geologici rappresentativi dei depositi quaternari di copertura superficiale sono stati ricostruiti sintetizzando i vari parametri a disposizione e scegliendo valori numerici indicativi, fra quelli talora contrastanti ottenuti con metodologie differenti. I valori dell'angolo di attrito indicati per gli strati superficiali sono stati ottenuti per correlazione diretta dalla resistenza penetrometrica, utilizzando la formula di Shioi-Fukuni; quelli riferiti agli strati più profondi sono stati invece ipotizzati ragionevolmente in rapporto alla granulometria del deposito ed alle rare prove penetrometriche discontinue effettuate nei fori di sondaggio.

I dati raccolti per la ricostruzione del modello geologico provengono in parte da indagini effettuate direttamente dallo scrivente ed in parte da dati disponibili in letteratura presso gli enti pubblici. Evidentemente il grado di affidabilità può variare in relazione alle modalità di acquisizione dei parametri ed al personale che ha provveduto a compilare le schede tecniche riassuntive delle indagini svolte.

Pertanto, così come proposto dalla D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566, si rappresenta sinteticamente nella tabella seguente il livello di attendibilità dei vari dati forniti.

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

## 4 - PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La fase preliminare della definizione della pericolosità sismica locale è stata svolta secondo i criteri previsti nel primo livello di analisi, individuando le zone dove gli effetti prodotti dall'azione sismica sono prevedibili con buona approssimazione sulla base degli elementi geologici e geognostici a disposizione. Successivamente è stato attuato il percorso appartenente al secondo livello, con lo scopo di quantificare gli effetti di possibile amplificazione sismica legati alle caratteristiche litologiche e geotecniche del terreno costituente il sottosuolo ed alla morfologia di alcuni settori collinari.

L'analisi comparata dei dati raccolti ha permesso di ricostruire lo scenario di pericolosità sismica locale e di identificare le aree per le quali la normativa non è adeguata a rappresentare gli effetti di un potenziale sisma.

### 4.1 – Primo livello di approfondimento

L'insieme dei dati geologici, geotecnici e geofisici contenuti nella cartografia d'inquadramento ed il quadro dei possibili scenari di pericolosità sismica sul territorio di Grumello del Monte hanno permesso la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale, allegata in scala 1:5.000 sulla base della Carta Tecnica Regionale.

Gli scenari individuati sono i seguenti:

- **Z1b** – Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti; è identificata in corrispondenza di alcuni settori collinari, molto circoscritti a quote comprese fra 250 e 450 m s.l.m. lungo la Strada Comunale per Gandosso, dove in passato si sono verificati fenomeni gravitativi connessi con il crollo di masse rocciose e lo scivolamento traslazionale di depositi eluvio-colluviali.
- **Z2** – Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti; nella fattispecie si tratta di aree interessate in passato da escavazione di terreno naturale e riporto di materiale di incerta qualità meccanica. Le due aree identificate possiedono una limitata estensione, ma risultano comunque pericolose poiché si associano a condizioni tali da poter attendere cedimenti particolari dovuti al ridotto grado di addensamento del terreno riportato.
- **Z3a** – Zona di ciglio; è caratterizzata dalla presenza di scarpate con parete subverticale di altezza superiore a 10 m; tale morfologia è stata rilevata lungo la cresta collinare posta a NE del Calvario, dove vi sono due cigli di scarpata orientati in direzione NW-SE.
- **Z3b** – Zona di cresta rocciosa; si tratta di settori collinari dotati di crinali appuntiti la cui morfologia predispone a fenomeni di amplificazioni sismiche di origine topografica; sul territorio di Grumello vi sono due creste importanti: quella sviluppata ad arco fra la frazione San Pantaleone ed il centro abitato e quella che dal Monte del Castello corre lungo il confine comunale con Gandosso in direzione NW-SE.

- **Z4a** – Zone di fondovalle con presenza di depositi fluvio-glaciali; rappresentano la maggior parte del territorio comunale, occupato dalla pianura fluvio-glaciale. Sulla base delle differenze litologiche presenti sono stati distinti i depositi fluvio-glaciali antichi, a maggiore frazione coesiva, da quelli recenti a prevalente componente granulare. In relazione alle proprietà geotecniche e geofisiche dei materiali geologici è possibile l'insorgenza di fenomeni di amplificazione sismica.
- **Z4d** – Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale; rappresentano il settore di raccordo fra la pianura e la collina e si caratterizzano per la presenza nel sottosuolo di depositi limo-argillosi scarsamente addensati.
- **Z5** – Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse; costituisce la linea di perimetrazione dei corpi di discarica, in corrispondenza della quale si possono avere comportamenti differenziali in termini di risposta elastica alle sollecitazioni tensionali.

L'individuazione dei singoli scenari pericolosità e dei relativi effetti ha condotto anche all'attribuzione della classe di pericolosità sismica, che nel caso del territorio di Grumello corrisponde alla sigla H2.

## 4.2 – Secondo livello di approfondimento

A partire dai contenuti della Carta della Pericolosità Sismica Locale si è proceduto all'applicazione del secondo livello di approfondimento, per accertare attraverso determinazioni di tipo semiquantitativo se la normativa nazionale è sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici. Tale livello si applica, come previsto dalla D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566 agli scenari suscettibili di amplificazioni sismiche.

L'approfondimento ha riguardato le aree di pianura, distinte in relazione alle differenti proprietà litostratigrafiche, geotecniche e geofisiche e le aree collinari in cui le zone di cresta e di ciglio interessano l'edificato e/o l'edificabile. Per quanto attiene le aree appartenenti allo scenario Z5 non è stato necessario effettuare una valutazione a livelli di approfondimento maggiore, in quanto il contatto fra litotipi di caratteristiche molto diverse esclude la possibilità di realizzare costruzioni a cavallo.

Il ricorso al secondo livello è stato quindi necessario per verificare la possibile amplificazione sismica connessa con gli effetti litologici e morfologici delle aree identificate nei rispettivi scenari.

### 4.2.1 – Effetti litologici

In relazione ai parametri geologici e geotecnici sono state individuate le litologie prevalenti per il sottosuolo di Grumello, impiegando per le analisi quantitative la **scheda litologia limoso-argillosa tipo 2** per la zona pedecollinare, la **scheda litologia ghiaiosa** per la pianura fluvio-glaciale recente e la **scheda limoso-sabbiosa tipo 1** per la pianura fluvio-glaciale antica. Il campo di validità delle schede non è sempre rispettato sull'intero intervallo di

profondità, ma la procedura utilizzata può essere ritenuta attendibile in quanto vi è validità per gli strati più superficiali, che maggiormente influenzano la risposta del terreno alle sollecitazioni sismiche.

All'interno delle due schede è stata scelta in funzione della profondità e della velocità delle onde sismiche trasversali  $V_s$  la curva più appropriata per la valutazione del fattore di amplificazione sismica  $F_a$  negli intervalli 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s in base al valore del periodo proprio del sito  $T$ . Quest'ultimo è stato calcolato mediante la seguente formula:

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

ove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo del modello.

Gli intervalli di periodo prescelti sono stati definiti in rapporto al periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più diffuse sul territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Applicando la procedura descritta, rappresentata nelle schede allegate, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Zona territoriale	Periodo proprio del sito T	Periodo proprio degli edifici t	Fattore di amplificazione sismica $F_a$
Zona pedecollinare	0,27 s	0,1-0,5 s	2,0
Zona pedecollinare	0,27 s	0,5-1,5 s	1,2
Pianura fluvioglaciale recente	0,16 s	0,1-0,5 s	1,3
Pianura fluvioglaciale recente	0,16 s	0,5-1,5 s	1,0
Pianura fluvioglaciale antica	0,33 s	0,1-0,5 s	1,8
Pianura fluvioglaciale antica	0,33 s	0,5-1,5 s	1,2

La valutazione del grado di protezione è stata effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di  $F_a$  ottenuto dalle schede litologiche con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica, per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s. Il parametro in questione, riportato nella banca dati della Regione Lombardia, 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.

Considerato che ai sensi dell'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20-03-2003, il sottosuolo di Grumello del Monte appartiene alle categorie C e D, desunte impiegando le velocità  $V_s$  e la resistenza penetrometrica, sono stati confrontati i valori di  $F_a$  ottenuti con il parametro proposto dalla Regione, accertando che la normativa nazionale risulta adeguata a rappresentare i reali effetti di amplificazione sismica.

#### 4.2.2 – Effetti morfologici

L'individuazione delle creste e dei cigli di scarpata è avvenuta sulla Carta Tecnica Regionale, verificando la rispondenza delle geometrie esistenti ai criteri stabiliti per l'applicabilità delle schede di approfondimento. Le sezioni topografiche impiegate per le valutazioni di secondo livello sono riportate nella Carta della Pericolosità Sismica Locale; si segnala che la cresta situata lungo il confine comunale con Gandosso a valle del Monte del Castello non è stata oggetto di specifici studi di approfondimento in quanto la zona non interferisce con l'urbanizzato e l'urbanizzabile.

La **scarpata rocciosa** esaminata è situata poche centinaia di metri a NE del Calvario e possiede le caratteristiche di scarpata in contropendenza, con un'altezza massima di 89 m. In relazione alla pendenza della superficie topografica ed alla classe altimetrica la scheda allegata ha consentito di determinare un fattore di amplificazione per il periodo 0.1-0.5 s pari a 1.2. Dal momento che tale valore è inferiore ai valori soglia per suolo di tipo A stabiliti dalla Regione Lombardia si desume che la normativa nazionale risulta adeguata a rappresentare i reali effetti di amplificazione sismica.

La situazione morfologica connessa con la **zona di cresta** che si estende da San Pantaleone al centro abitato, poco a monte della chiesa parrocchiale, è stata ricostruita attraverso quattro sezioni trasversali.

La geometria del pendio e le caratteristiche altimetriche della collina hanno permesso di stabilire che la cresta in questione è classificabile come appuntita. Le schede allegate contengono i dettagli delle valutazioni tecniche eseguite, utilizzando sempre il diagramma riferito alle creste appuntite con larghezza superiore a 350 m.

I fattori di amplificazione sismica ottenuti sono i seguenti:

- ✓ sezione 2 = 1,2
- ✓ sezione 3 = 1,2
- ✓ sezione 4 = 1,2
- ✓ sezione 5 = 1,1

Il valore soglia stabilito dalla Regione Lombardia è sempre superiore a quelli determinati; pertanto si deve ritenere che la presenza della cresta, così come della scarpata, non producono effetti di amplificazione sismica tali da comportare una differenza rispetto allo spettro proposto dalla normativa nazionale.

## 5 – VINCOLI AMBIENTALI

I vincoli ambientali rappresentano nella gestione delle trasformazioni territoriali dei punti di riferimento con i quali i cittadini si devono confrontare per garantire la compatibilità fra l'intervento previsto ed il rispetto delle peculiarità paesaggistiche dell'area. La tipologia e la localizzazione dei vincoli è stata definita attraverso l'esame degli elementi fisico-naturali e delle strutture antropiche esistenti sul territorio di Grumello, ricercando negli archivi della Regione Lombardia e dell'Ufficio Tecnico Comunale le informazioni necessarie per la corretta delimitazione delle aree tutelate.

I vincoli inseriti nella Carta dei Vincoli Ambientali sono i seguenti.

### 5.1 - Vincolo di polizia idraulica

Il testo unico in materia di polizia idraulica è rappresentato dal R.D. 523/1904, che con tutte le successive integrazioni e circolari contiene l'insieme delle norme riguardanti le attività proibite e quelle consentite previa autorizzazione o nulla osta idraulico all'interno di ben definite fasce di rispetto.

Con la D.G.R. 25-01-2002 n. 7/7868 e la successiva D.G.R. 01-08-2003 n. 7/13950, emesse a seguito dei criteri definiti nella D.G.R. 22-12-1999 n. 47310 e successivi aggiornamenti, la Regione ha identificato i corsi d'acqua principali, su cui continuerà a svolgere le funzioni di polizia idraulica (eccezion fatta per i tratti di competenza dell'Aipo), rilasciando attraverso le sedi territoriali provinciali le varie autorizzazioni ed introitando i proventi derivanti dai canoni concessori. Le medesime mansioni sul reticolo minore sono state pertanto trasferite ai comuni ed ai consorzi di bonifica.

Nell'ambito del confine comunale di Grumello la gestione della polizia idraulica e le limitazioni d'uso del territorio derivanti dall'esistenza della rete idrica superficiale sono così strutturate:

Corso d'acqua	Categoria	Fascia di rispetto	Vincolo ambientale	Ente gestore
Torrente Rillo a valle dell'autostrada	Principale	10 m	No	Regione Lombardia
Torrente Rillo a monte dell'autostrada	Minore	5 m nel perimetro tracciato nel centro abitato e 10 m al di fuori	No	Comune di Grumello
Torrente Tirna a valle della	Principale	10 m	No	Regione Lombardia

confluenza di 250 m s.l.m.				
Torrente Tirna a monte della confluenza di 250 m s.l.m.	Minore	10 m	No	Comune di Grumello
Torrente Gambone	Minore	5 m nel perimetro tracciato nel centro abitato e 10 m al di fuori	No	Comune di Grumello
Roggia Castrina	Minore	5 m	No	Consorzio MPB

## 5.2 – Area di rispetto e di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile

Le captazioni di acque sotterranee destinate al consumo umano sono specificamente salvaguardate dalla normativa contenuta nel D.Lgs. 18-08-200 n. 258, che costituisce allo stato attuale il testo unico in materia di tutela delle acque dall'inquinamento.

La fascia di rispetto rappresenta una porzione di territorio, posta attorno alla captazione, dotata di raggio pari a 200 m o definita da un perimetro derivante da specifici studi di carattere idrogeologico. L'unico pozzo attivo è quello situato in località Campagna e possiede una perimetrazione geometrica circolare.

La zona di tutela assoluta è costituita da un cerchio di 10 m di raggio con centro nel punto di captazione; in questo settore non è ammessa la costruzione di manufatti se non quelli appartenenti alle strutture di servizio.

## 5.3 – Vincolo idrogeologico

E' stato istituito mediante R.D. n. 3267 del 30-12-1923 nell'intento di prevenire ed arrestare il dissesto del suolo, conseguente ad interventi di disboscamento irrazionale. Il territorio collinare di Grumello è parzialmente interessato da tale vincolo nella parte settentrionale, a partire dalla località Codera e comprendendo le pendici del Monte del Castello sino alla valle percorsa dal torrente Tirna.

La perimetrazione del vincolo è stata estrapolata dalla cartografia fornita dall'Ufficio Tecnico Comunale.

#### 5.4 – Vincolo cimiteriale

Il vincolo cimiteriale è stato istituito attraverso il regolamento di polizia mortuaria contenuto nel D.P.R. 10/09/1990, n. 285. All'art. 57 viene stabilita una fascia di rispetto che per i comuni con un numero di abitanti inferiore a 10.000 è pari a 50 m. Nell'ambito del territorio di Grumello è presente un'unica area cimiteriale, la cui superficie complessiva vincolata è pari a circa 38.200 m<sup>2</sup>.

#### 5.5 – Vincolo PAI

La pianificazione sovraordinata da parte dell'Autorità di Bacino del fiume Po ha condotto alla creazione di vincoli che si sommano a quelli esistenti sui territori comunali. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po, approvato con D.P.C.M. 24-05-2001, conteneva una perimetrazione entro i confini comunali di Grumello; tuttavia è stato proposto un aggiornamento da parte dell'Amministrazione Comunale su richiesta della Regione Lombardia, a seguito del quale è stata stralciata un'area di frana attiva inesistente e sono state inserite le aree soggette a movimenti franosi del terreno di copertura superficiale e di alcune scarpate rocciose, situate lungo la Strada Comunale per Gandosso ed in prossimità della località Corne.

Le zone delimitate come **frana quiescente Fq** comprendono interi fronti di affioramento dell'Arenaria di Sarnico e del Conglomerato di Sirone, dove i fenomeni di distacco di blocchi rocciosi si esplicano in forma localizzata; inoltre sono identificate due frane antiche di scivolamento che hanno coinvolto in passato il terreno di copertura eluvio-colluviale.

Ad ogni buon conto la fascia perimetrata come frana quiescente rappresenta la porzione completa di pendio soggetta in futuro al rischio di evoluzioni dinamiche connesse con la dislocazione ed il crollo di elementi rocciosi isolati e lo scivolamento di masse a prevalente composizione limo-argillosa.

## 6 – FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano, redatta in scala 1:10.000 sulla base della CTR ed in scala 1:2.000 sulla base del rilievo aerofotogrammetrico, è stata ricostruita inserendo la zonazione geologica già approvata ai sensi della Legge 41/1997 in occasione dello studio geologico di supporto al Piano Regolatore Generale ed aggiungendo le fasce di

rispetto fluviale dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo principale e minore ai sensi della D.R.G. 01-08-2006 n. 7/13950.

Si precisa che lo studio per l'individuazione del reticolo idrico superficiale è stato approvato dal Comune di Grumello dopo l'ottenimento del parere favorevole della Regione Lombardia.

La Carta di Fattibilità rappresenta dunque un documento contenente informazioni in merito alla pericolosità geologica dei fenomeni e delle situazioni rilevati sul territorio, fornendo indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso dei terreni.

Il territorio è stato suddiviso in quattro classi di fattibilità, identificate da uno specifico significato geologico e da norme tecniche che vengono descritte in dettaglio nel capitolo successivo. Si segnala che non sono state identificate e quindi rappresentate con retino differenziato le aree soggette ad amplificazione sismica con normativa nazionale inadeguata a rappresentare gli effetti di sito.

## 7 – NORME GEOLOGICHE DI PIANO

Le norme geologiche di piano costituiscono la normativa d'uso della Carta di Fattibilità e riportano per ciascuna classe le indicazioni in merito alle indagini di approfondimento ed alla loro estensione, da effettuarsi prima degli interventi urbanistici, con riferimento alla tipologia ed all'intensità del fenomeno che ha determinato l'assegnazione della classe di fattibilità.

Va comunque ricordato che tali norme tecniche si sommano a quelle di tutela ambientale previste dai vari vincoli, che di volta in volta possono imporre soluzioni e studi aggiuntivi rispetto a quanto esposto in tale sede, secondo le intenzioni degli enti gestori dei vincoli.

Di seguito si riportano le norme geologiche inerenti gli studi di approfondimento e le opere di mitigazione del rischio, eventualmente da realizzare, organizzate in articoli da inserire integralmente in futuro nel Piano delle Regole e nel Documento di Piano del P.G.T..

### **Art. 1 – Classe di fattibilità 1 (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 dal D.M. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni". Il territorio di Grumello, per la sua conformazione geologica e per l'assetto idrogeologico che lo caratterizza, è sprovvisto di zone in classe 1.

## **Art. 2 – Classe di fattibilità 2 (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.

Le zone posizionate in classe 2 appartengono principalmente alle aree collinari ad acclività da media a ridotta, dove la dinamica geomorfologica e gli effetti negativi del dilavamento e dell'infiltrazione dell'acqua in profondità sono presenti in forma mitigata e/o poco intensa. Nella zona pianeggiante sono state collocate in classe 2 le aree comprese nel Complesso dell'Oglio a S della località Morti del Ponchione, corrispondente ad una fascia di territorio caratterizzata da elevata vulnerabilità degli acquiferi.

In ragione della conformazione geologica delle aree poste in questa classe di fattibilità si dovrà prevedere per opere di completamento e/o nuove costruzioni appropriati studi di approfondimento geologico, finalizzati alla valutazione delle tecniche costruttive più idonee a garantire la stabilità strutturale dei manufatti e la tutela della qualità delle acque sotterranee. Pertanto, laddove siano previsti interventi di urbanizzazione e trasformazione territoriale, si delineano le seguenti due tipologie di approfondimento e studio geologico.

### **Art. 2.1 – Studi di approfondimento per interventi privi di rischio di inquinamento delle acque sotterranee (area collinare)**

In questo caso la realizzazione di edifici residenziali, fabbricati industriali e manufatti aventi un rilevante impatto sul terreno deve essere preceduta da un'indagine geologica finalizzata all'acquisizione dei principali caratteri e processi geologici che interferiscono con la struttura in progetto. Le verifiche tecniche da effettuare potranno prescindere, salvo situazioni particolari, da indagini geognostiche ed idrogeologiche di dettaglio, ma dovranno essere supportate da rilevamenti geologico-tecnici almeno in scala 1:2.000 riguardanti i fenomeni geomorfologici in atto, le proprietà litologiche e meccaniche dei terreni e delle rocce e lo stato di dissesto della rete idrica eventualmente adiacente l'area in oggetto.

La **relazione geologica** dovrà contenere in dettaglio la descrizione delle elaborazioni effettuate secondo lo schema seguente:

- inquadramento del sito nel contesto morfologico territoriale
- definizione delle proprietà geologiche dell'area
- caratterizzazione geomorfologica dell'area
- individuazione degli elementi idrogeologici ed idraulici dell'area (questi ultimi solo per le zone in prossimità delle valli torrentizie)
- valutazione generale delle condizioni di stabilità del versante

- eventuale definizione delle tecniche di dispersione nel sottosuolo atte a garantire il rispetto dei corpi idrici sotterranei
- indicazione delle modalità di esecuzione dei lavori e delle eventuali opere da costruire allo scopo di assicurare la protezione dei fabbricati da fenomeni di dissesto gravitativo, idrogeologico ed idraulico.

### **Art. 2.2 – Studi di approfondimento per interventi connessi al rischio di inquinamento delle acque sotterranee (area pianeggiante)**

La tipologia della problematica diviene in questa situazione di ordine idrogeologico, pertanto richiede uno studio dettagliato sulle proprietà litostratigrafiche dell'immediato sottosuolo e della falda idrica sotterranea, al fine di determinare la condizione di rischio effettivo e stabilire le eventuali soluzioni tecniche da impiegare per ridurre al minimo la possibilità di provocare l'inquinamento delle acque sotterranee. Per tutti gli interventi in aree sprovviste di allacciamento alla fognatura, per i quali si renda indispensabile il ricorso a dispositivi di dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche e/o di acque nere dovrà essere prodotta una relazione idrogeologica nella quale si fornisca la stratigrafia dell'immediato sottosuolo, ricavata da trincee esplorative eseguite in loco o da scavi edilizi in aree adiacenti, si effettui un predimensionamento delle opere di dispersione idrica sulla base del regime pluviografico dell'area e si attesti infine la fattibilità delle operazioni in progetto.

### **Art. 2.3 – Norme tecniche per gli studi di approfondimento**

Le procedure di calcolo e le tecniche esecutive inerenti l'ambito edilizio sono stati regolati dallo Stato Italiano mediante l'emanazione delle "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicate con Decreto Ministeriale del 14-09-2005 ed entrate ufficialmente in vigore il 23-10-2005. Per quanto attiene gli aspetti riguardanti le costruzioni in zone sismiche si fa riferimento alla OPCM 3274 del 20-03-2003, successivamente modificata in varie occasioni sino alla versione definitiva dell'Ordinanza 3431 del 03-05-2005.

Allo stato attuale l'applicazione dell'Ordinanza è prorogata sino al 31-12-2007, periodo transitorio durante il quale è possibile continuare ad applicare nelle aree sismiche i contenuti tecnici del Decreto Ministeriale del 16-01-1996. Tuttavia per l'individuazione delle zone sismiche del territorio italiano si dovrà fare riferimento alla nuova classificazione, contenuta nella suddetta Ordinanza.

Alla luce della D.G.R. 07-11-2003 n. 14964 con la quale la Regione Lombardia imponeva l'obbligo in zona 4 della progettazione antisismica esclusivamente per gli edifici strategici e rilevanti, così come individuati dal Decreto n. 19904 del 21-11-2003, si potrà considerare per il Comune di Grumello, inserito in zona 3 nella classificazione nazionale, un valore del grado di sismicità basso  $S = 6$ .

La relazione geotecnica ed idrogeologica, eventualmente da realizzare in forma unitaria nel caso in cui vi siano interventi compresi nella casistica indicata agli art. 2.1 e 2.2, dovrà essere firmata da tecnico abilitato e redatta comunque anche ai sensi del D.M. 11-03-1988.

Gli studi di approfondimento dovranno essere realizzati prima della progettazione degli interventi edilizi e la relazione geologica di supporto dovrà essere consegnata in sede di presentazione dei Piani Attuativi o in sede di richiesta del permesso di costruire.

### Art. 3 – Classe di fattibilità 3 (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.

La classe 3 è stata identificata sia in ambito pianeggiante che nel comparto collinare, evidentemente con differenti problematiche geologiche. La tipologia degli studi di approfondimento si distingue pertanto in relazione al contesto geologico ed alla natura dei fenomeni e/o degli elementi di pericolosità.

#### Art. 3.1 – Zona pianeggiante

In tutta la porzione di pianura situata in corrispondenza dell'Unità di Grumello del Monte, salvo localizzate eccezioni, il terreno costituente l'immediato sottosuolo possiede una scarsa qualità geotecnica, connessa con innumerevoli problematiche legate alla trasmissione dei carichi indotti dalle fondazioni ed alle operazioni di sbancamento. Il quadro geologico non comporta di per sé complicazioni insuperabili, ma la progettazione degli edifici e di qualsivoglia fabbricato non può prescindere dalla conoscenza approfondita delle proprietà meccaniche del sottosuolo; in alcuni casi addirittura sono state rilevate aree di scarica sulle quali gli interventi edilizi dovranno essere puntualmente commisurati ai fenomeni di cedimento del terreno riportato. Lo studio di approfondimento dovrà essere corredato obbligatoriamente da specifiche indagini geognostiche finalizzate alla predisposizione della **relazione geotecnica**, articolata secondo i seguenti contenuti:

- inquadramento del sito nel contesto morfologico territoriale
- definizione delle proprietà geologiche dell'area
- individuazione degli elementi idrogeologici ed idraulici dell'area (questi ultimi solo per le zone in prossimità delle valli torrentizie)
- eventuale definizione delle tecniche di dispersione nel sottosuolo atte a garantire il rispetto dei corpi idrici sotterranei
- verifica idraulica dei corsi d'acqua con analisi morfometrica del bacino e studio delle piogge intense (solo per le zone in prossimità delle valli torrentizie)
- eventuale acquisizione della stratigrafia del sottosuolo
- caratterizzazione geotecnica dei terreni ottenuta mediante indagini in sito e/o in laboratorio
- valutazione delle condizioni di stabilità dei fronti di scavo
- determinazione per le nuove strutture della capacità portante e dei cedimenti del terreno di fondazione
- indicazione delle modalità di esecuzione dei lavori e delle eventuali opere da costruire allo scopo di assicurare la protezione dei fabbricati da inconvenienti di carattere geotecnico.

Per gli interventi che comportano contemporaneamente problematiche geotecniche ed idrogeologiche si potrà redarre un unico documento, contenente le risultanze dello studio completo eseguito secondo le norme suddette. In tutti i casi sarà obbligatoria la predisposizione fra i documenti di progetto di una relazione geotecnica e/o idrogeologica, firmata da tecnico

abilitato e realizzata ai sensi del D.M. 11-03-1988, che confermi le scelte progettuali e fornisca garanzie di stabilità delle strutture e/o escluda possibilità di fenomeni di inquinamento delle acque sotterranee.

### Art. 3.2 – Zona collinare

Le aree appartenenti alla fascia collinare catalogate in classe 3 si riferiscono ai settori in cui sono state individuate manifestazioni gravitative rilevanti e/o elevata acclività dei pendii. In questo caso lo studio di approfondimento dovrà contenere oltre che dati di tipo geotecnico anche valutazioni di ordine geomorfologico ed idrogeologico, finalizzate alla definizione delle possibili interferenze dei processi geologici con i manufatti in progetto.

Nel caso in cui i terreni e/o le rocce del substrato dovessero essere sollecitati da stati tensionali eccezionali si potrà decidere di ricorrere ad analisi geotecniche e rilievi geomeccanici, per testare la qualità meccanica dei materiali interessati dalla distribuzione dei carichi indotti.

La **relazione geologica** dovrà contenere in dettaglio la descrizione delle elaborazioni effettuate secondo lo schema seguente:

- inquadramento del sito nel contesto morfologico territoriale
- definizione delle proprietà geologiche dell'area
- caratterizzazione geomorfologica dell'area
- individuazione degli elementi idrogeologici ed idraulici dell'area (questi ultimi solo per le zone in prossimità delle valli torrentizie)
- verifica idraulica dei corsi d'acqua con analisi morfometrica del bacino e studio delle piogge intense (solo per le zone in prossimità delle valli torrentizie)
- valutazione generale delle condizioni di stabilità del versante
- eventuale definizione delle tecniche di dispersione nel sottosuolo atte a garantire il rispetto dei corpi idrici sotterranei
- indicazione delle modalità di esecuzione dei lavori e delle eventuali opere da costruire allo scopo di assicurare la protezione dei fabbricati da fenomeni di dissesto gravitativo, idrogeologico ed idraulico.

La tipologia e l'estensione delle indagini geognostiche dovranno essere definite caso per caso, in funzione dell'intervento edilizio e delle valutazioni critiche, operate da tecnici abilitati incaricati dai rispettivi committenti di redarre una relazione geotecnica, geologico-tecnica o idrogeologica da allegare ai documenti di progetto.

Considerata l'elevata pericolosità dei fenomeni individuati nella classe 3 gli studi geologici di approfondimento avranno la finalità di stabilire le eventuali opere di bonifica e/o sistemazione dei dissesti, prevedendo anche la possibilità di installare un sistema di monitoraggio che consenta il controllo dell'evoluzione dei fenomeni in atto.

### Art. 3.3 – Norme tecniche per gli studi di approfondimento

Per gli studi di approfondimento previsti per le aree in classe 3 valgono le medesime considerazioni contenute nell'art. 2.3. Va comunque precisato che tutti gli studi di carattere geotecnico ed idrogeologico previsti per le nuove edificazioni e per le opere di dispersione nel

sottosuolo dovranno essere realizzati, qualora venga superato il limite imposto dalla problematica geologica che ha condotto all'attribuzione della classe di appartenenza, nelle stesse modalità previste per le aree in classe 2.

Qualora vi fossero in progetto opere idrauliche per la sistemazione dei corsi d'acqua o interventi che interferiscono con il sistema idrografico esistente, si dovrà produrre sia per le aree in classe 2 che per quelle in classe 3 una **relazione idraulica** che garantisca la conformità delle soluzioni previste e fornisca i dati indispensabili per il corretto dimensionamento delle opere.

Lo schema seguente sintetizza la tipologia ed i meccanismi degli studi di approfondimento geologico da effettuare per le aree localizzate in classe 2 e 3.

Classe di fattibilità	Documento da produrre	Indagini geognostiche
2 – Area collinare	Relazione geologica	Facoltative
2 – Area pianeggiante	Relazione idrogeologica	Facoltative
3 – Zona collinare	Relazione geologica	Consigliate
3 – Zona pianeggiante	Relazione geotecnica	Obbligatorie
2,3 – Fascia torrentizia	Relazione idraulica	Non necessarie

#### **Art. 4 – Classe di fattibilità 4 (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, 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), e) 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.

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.

Le aree del territorio di Grumello appartenenti alla classe 4 sono situate in prevalenza lungo le sponde in erosione fluviale e sulle incisioni vallive dei torrenti che solcano i versanti collinari. In aggiunta sono state inserite in questa classe anche le zone di frana e quelle soggette a distacco di blocchi rocciosi poste lungo la Strada Comunale per Gandosso.

Per quanto riguarda le aree parzialmente interessate dalla classe 4, si segnala che pur non potendo eseguire trasformazioni della zona in oggetto, la volumetria degli edifici potrà essere determinata comunque sulla base dell'area complessiva di proprietà.

#### **Art. 4.1 – Fascia di rispetto dei corsi d'acqua e regolamento di polizia idraulica**

Le fasce di rispetto dei corsi d'acqua principali e minori sono state determinate, nello studio approvato dal comune, sulla base quanto stabilito dal R.D. 523/1904 ed in riferimento all'evoluzione storica dei corsi d'acqua oltre che alle risultanze dello studio geologico approvato. Per una parte del torrente Rillo e del torrente Tirna l'ente gestore della polizia idraulica è la Regione Lombardia, per la porzione restante dei suddetti torrenti e per il torrente Gambone è il Comune di Grumello e per la roggia Castrina è il Consorzio della Media Pianura Bergamasca.

##### **Art. 4.1.1 – Attività soggette ad autorizzazione idraulica**

Il territorio comunale di Grumello non è interessato da aree perimetrate nel Piano Stralcio per L'assetto Idrogeologico, pertanto il riferimento normativo per la gestione delle attività all'interno delle fasce di rispetto è rappresentato dal R.D. 523/1904 e dalle successive integrazioni.

Gli **interventi per i quali è necessario il "nulla osta" idraulico** sono i seguenti:

- opere di difesa radenti (ossia senza restringimento della sezione dell'alveo e a quota non superiore al piano campagna), realizzate in modo tale da non deviare la corrente verso la sponda opposta né provocare restringimenti dell'alveo; tali opere dovranno essere caratterizzate da pendenze e modalità costruttive tali da permettere l'accesso al corso d'acqua (la realizzazione di muri spondali verticali o ad elevata pendenza sarà consentita unicamente all'interno di centri abitati e comunque dove non siano possibili alternative d'intervento a causa della limitatezza delle aree disponibili);
- interventi che non siano suscettibili di influire direttamente o indirettamente sul regime del corso d'acqua.

Gli **interventi ammessi con autorizzazione idraulica** (art. 97-98) sono i seguenti:

- formazione di argini ed opere idrauliche che occupano l'area del demanio idrico
- costruzione di opere di derivazione d'acqua ed opere di attraversamento (ponti, gasdotti, fognature, tubature ed infrastrutture a rete in genere).

Gli attraversamenti con luce superiore a 6 m dovranno essere realizzati secondo la direttiva dell'Autorità di Bacino del Po "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B".

Ad ogni buon conto i **manufatti di attraversamento** non dovranno:

- a) restringere la sezione mediante spalle e rilevati di accesso
- b) avere l'intradosso a quota inferiore ad 1 m dal livello di massima piena calcolato con periodo di ritorno pari a 100 anni

- c) comportare una riduzione della pendenza del corso d'acqua mediante l'utilizzo di soglie di fondo
- d) possedere infrastrutture posizionate longitudinalmente nell'alveo che riducano la sezione
- e) essere realizzati al di sotto dell'alveo a quote superiori a quelle raggiungibili in base all'evoluzione morfologica del corso d'acqua e adeguatamente protette dall'eventuale azione erosiva della corrente idrica.

Tutti gli interventi sui corsi d'acqua dovranno essere accompagnati da **studio idraulico**, composto da indagini idrologiche, dalla valutazione della portata di massima piena con periodo di ritorno pari a 100 anni e dalle verifiche idrauliche sulle geometrie in progetto, atte a dimostrare che le opere previste non comportano un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sulle aree circostanti.

#### 4.1.2 – Attività vietate

All'interno delle fasce di rispetto identificate il R.D. 523/1904 ha riconosciuto nell'art. 96 una serie di attività vietate, integrate poi dalle varie leggi, regolamenti e circolari, riassunte nel seguente elenco:

- occupazione e/o riduzione delle aree di espansione e divagazione dei corsi d'acqua al fine della moderazione delle piene
- nuove edificazioni e scavi a distanza minore di 10 m, o 5m per le fasce ridotte, dall'argine
- piantagione e movimento del terreno a distanza minore di 4 m dall'argine
- tombinatura dei corsi d'acqua ai sensi del D.Lgs 152/1999
- sradicamento o abbruciamento degli alberi per una distanza di 10 m dalla quota di piena ordinaria e delle piantagioni sugli argini.

#### 4.1.3 – Scarichi in corsi d'acqua

Il Piano di Risanamento Regionale delle acque ha indicato i criteri di pianificazione in rapporto alla gestione delle risorse idriche, definendo i parametri di ammissibilità delle portate adottate ai corsi d'acqua che presentano problemi di insufficienza idraulica. In assenza di indicazioni più dettagliate sull'ammissibilità delle portate scaricabili vengono indicati i seguenti limiti di accettabilità:

1. 20 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile, relativamente alle aree di ampliamento e di espansione residenziale ed industriale
2. 40 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile, relativamente alle aree già dotate di pubblica fognatura.

I suddetti limiti sono da adottare per tutti gli scarichi non ricadenti in aree montane e diretti nei laghi o nei fiumi Ticino, Adda, Brembo, Serio, Cherio, Oglio, Mella, Chiese e Mincio.

Il manufatto di recapito dovrà essere realizzato in modo che lo scarico avvenga nella medesima direzione del flusso e senza indurre azioni erosive concentrate in grado di produrre alterazioni della curva di fondo del corso d'acqua.

Tutti gli interventi che comportino lo scarico in acque superficiali dovranno essere accompagnati da una **relazione idraulica**, che accerti le portate di smaltimento e la conformità delle operazioni di immissione nel corso d'acqua.

#### 4.1.4 – Autorizzazione paesistica, opere abusive e sdemanializzazione

La Legge Regionale 18/1997 ha subdelegato ai comuni le **autorizzazioni paesistiche** rilasciate ai sensi dell'art. 151 del D.Lgs 490/1999; tuttavia per quanto riguarda le opere idrauliche e specificatamente quelle inerenti gli interventi sulle sponde e sull'alveo dei corsi d'acqua la competenza in materia ambientale è rimasta alla Regione Lombardia, Direzione Territorio ed Urbanistica – U.O. Sviluppo Sostenibile del Territorio.

Pertanto, salvo gli interventi edilizi o di trasformazione del territorio subdelegati, tutte le opere idrauliche sui corsi d'acqua principali e minori, soggetti al vincolo della Legge 431/1985, dovranno essere sottoposte alla richiesta di autorizzazione paesistica alla Regione.

Nel caso di **opere abusive o difformi** da quanto autorizzato, la diffida a provvedere alla riduzione in pristino potrà essere disposta con apposita Ordinanza Sindacale ai sensi dell'art. 14 della legge 47/1985.

E' data facoltà al Comune di modificare o ripermetrare le aree demaniali interessate dal reticolo minore di propria competenza, previa proposta agli uffici competenti dell'amministrazione statale (Agenzia del Demanio) e sulla base di motivazioni documentate che ne testimonino l'effettiva necessità.

Le richieste di **sdemanializzazione** sul reticolo minore dovranno essere inviate alle Agenzie del Demanio, allegando il nulla osta prodotto dal Comune.

In ogni caso ai sensi del comma 4 del D.Lgs 11-05-1999 n. 152 le aree del demanio fluviale di nuova edificazione non possono essere oggetto di sdemanializzazione.

#### 4.1.5 – Estrazione di materiale litoide

L'asportazione di materiale litoide dagli alvei, gestita dall'ente pubblico regionale, è talora necessaria per la sistemazione e la rimessa in equilibrio del corpo idrico. La programmazione, la progettazione e le modalità di conduzione degli interventi costituiscono esclusiva materia di competenza della regione, che opera secondo criteri in grado di garantire il rispetto dell'equilibrio del corso d'acqua dal punto di vista idrologico ed idraulico.

#### 4.1.6 – Concessioni e canoni

Il Comune ed i consorzi per la rete idrica di propria competenza agiscono applicando le norme di polizia idraulica, rilasciando solamente autorizzazioni idrauliche. Le attività del Comune e dei Consorzi per la rete idrica riguardano:

- ✓ espressione di pareri di compatibilità idraulica
- ✓ rilascio di autorizzazioni per interventi inerenti i corsi d'acqua e le attività all'interno delle fasce di rispetto
- ✓ emissione di canoni per il rilascio delle concessioni
- ✓ riscossione dei canoni relativi e attività di manutenzione sui corsi d'acqua di loro competenza.

Nella 01-08-2003 n. 7/13950 sono allegare le tabelle con i canoni regionali da applicare sia al reticolo principale che a quello minore.

#### 4.1.7 – Criteri ed indirizzi per l'esercizio della polizia idraulica

Le indicazioni tecniche ed i riferimenti normativi riportati consentiranno al Comune ed ai consorzi di svolgere le nuove funzioni attribuitegli, nel rispetto dei criteri tecnico-scientifici d'intervento sulla rete idrografica e della legislazione vigente.

In aggiunta si elencano una serie di ulteriori indirizzi, dedotti dai criteri di buona costruzione idraulica e parzialmente enunciati anche in precedenza, da acquisire per il corretto esame dei progetti e delle richieste di polizia idraulica.

1) Al fine di evitare la riduzione dei tempi di corrivazione e per consentire la massima laminazione delle piene è necessario evitare l'occupazione o la riduzione delle aree di espansione dei corsi d'acqua, in particolare mantenendo alle aree demaniali le funzioni di invaso delle acque.

2) Le difese non devono deviare la corrente verso la sponda opposta e non devono provocare restringimenti d'alveo.

3) Le autorizzazioni agli attraversamenti, oltre a far riferimento alle direttive dell'Autorità di Bacino citate per i ponti, dovranno, per gli attraversamenti di minor dimensione, essere realizzati preferibilmente evitando la realizzazione di sacche di deposito del materiale solido trasportato a monte del manufatto o dimensionando le sacche sulla base del volume di trasporto solido previsto, ed evitando riduzione di pendenza in corrispondenza dell'attraversamento.

4) Le distanze da mantenere dalla sponda dei corsi d'acqua per la realizzazione di recinzioni saranno di 5 o 10 m, relativamente alle rispettive fasce di rispetto) qualora trattasi di opere in muratura che si elevano oltre il piano di campagna, di 4 m in tutti i corsi d'acqua in presenza di recinzioni asportabili formate da pali e reti metalliche.

5) La realizzazione di scavi di fabbricati o di opere anche totalmente interrato dovrà essere mantenuta al di fuori della fascia di rispetto stabilita.

6) Il dimensionamento idraulico delle opere di attraversamento, il calcolo delle portate di massima piena e le rispettive verifiche idrauliche saranno realizzati con riferimento alle piene con tempo di ritorno pari a 100 anni.

7) Le opere in subalveo dovranno essere realizzate a quote compatibili con l'evoluzione prevista del fondo alveo, non tenendo conto di specifiche opere trasversali volte a ristabilire la quota di fondo in corrispondenza degli attraversamenti.

8) La distanza delle opere dal corso d'acqua dovrà essere misurata con riferimento al piede arginale esterno, o in assenza di argini in rilevato, in generale dalla sommità della sponda incisa. Nel caso di sponde stabili, consolidate e protette, le distanze possono essere misurate con riferimento alla linea individuata dalla piena ordinaria.

9) In sede di richiesta di autorizzazione idraulica dovrà essere presentata una tavola di sovrapposizione fra il rilievo aerofotogrammetrico e la mappa catastale, in modo da appurare l'eventuale occupazione di suolo demaniale e/o la divagazione dell'alveo torrentizio nel tempo; inoltre dovrà essere dimostrata, mediante misurazione diretta, la distanza effettiva dal corso d'acqua per la verifica della fascia di rispetto.

## **Art. 5 – Aree in dissesto idraulico ed idrogeologico ai sensi del PAI**

Il territorio di Grumello è interessato da perimetrazioni PAI, in quanto nell'ambito dello studio geologico approvato la Regione Lombardia ha richiesto il riconoscimento nella fascia collinare delle zone interessate da dissesto idrogeologico, secondo la legenda unificata proposta dall'Autorità di Bacino del fiume Po. Le attività vietate e consentite nelle aree di seguito descritte sono regolate dalle norme di attuazione del PAI, alle quali si deve fare riferimento per tutti i dettagli procedurali tecnico-amministrativi.

### **Art. 5.1 – Aree interessate da frane quiescenti Fq**

Le aree in dissesto idrogeologico sono inserite nella classe 4. Di seguito si riporta in forma sintetica le attività consentite in tali aree:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione
- interventi di manutenzione ordinaria
- interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti
- interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche
- interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo
- interventi di ampliamento di edifici esistenti per l'adeguamento igienico-funzionale
- interventi di realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e di ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera

## **Art. 6 – Zone di protezione delle captazioni ad uso idropotabile**

L'acquedotto comunale di Grumello è alimentato da un pozzo pubblico, per il quale si applica la normativa ambientale di tutela contenuta nel D.Lgs. 18-08-2000 n. 258. Per le zone di tutela assoluta e di rispetto non è prevista l'attribuzione di una classe di fattibilità particolare, in quanto queste aree sono già soggette ad un vicolo connesso con precise attività vietate e consentite.

### **Art. 6.1 – Zona di tutela assoluta**

La zona di tutela assoluta ha estensione di almeno 10 m e deve essere adeguatamente protetta ed adibita esclusivamente alle opere di captazione e ad infrastrutture di servizio.

### **Art. 6.2 – Aree comprese nella fascia di rispetto**

La fascia di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile costituisce un'area di protezione da possibili contaminazioni delle acque sotterranee emunte dai pozzi pubblici. La fascia tracciata attorno al pozzo situato in località Campagna è stata ricostruita con criterio geometrico, disegnando un cerchio di raggio pari a 200 m. La normativa di riferimento è

rappresentata dal D.Lgs. 18-08-2000 n. 258 e della D.G.R. 10-04-2003 n. 7/12693; l'attuazione degli interventi e delle attività elencate all'art. 5 comma 6 del citato decreto legislativo (edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio) è subordinata all'effettuazione di uno studio idrogeologico che accerti la compatibilità dell'intervento con il rischio di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e dia prescrizioni apposite sulle modalità di attuazione degli interventi stessi. In ogni caso laddove siano previsti insediamenti industriali e/o artigianali si dovranno realizzare due piezometri, uno a monte ed uno a valle dell'area d'intervento dove poter controllare in caso di necessità le variazioni di livello delle acque sotterranee e la qualità chimica dell'acqua.

Di seguito si riporta sinteticamente l'elenco delle attività vietate entro le fasce di rispetto del pozzo pubblico comunale, rimandando alle normative suddette per ulteriori dettagli:

1. dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
2. accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
3. 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;
4. dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
5. aree cimiteriali;
6. apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
7. 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;
8. gestione di rifiuti;
9. stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
10. centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
11. pozzi perdenti;
12. 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; è comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.
13. realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami ed impianti di depurazione;
14. dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia;
15. realizzazione a servizio della nuova abitazione di depositi di materiali pericolosi e di condotte che trasportino sostanze pericolose;
16. uso di diserbanti e fertilizzanti all'interno dei giardini, a meno di non utilizzare sostanze antiparassitarie che presentino una ridotta mobilità nei suoli

## **Art. 7 – Studi di approfondimento dello strumento geologico comunale**

La D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566 contiene le direttive inerenti gli studi di approfondimento indispensabili per analizzare con maggior dettaglio le condizioni di pericolosità del territorio. Tali procedure dovranno essere applicate allorquando si desideri ripерimetrare ambiti soggetti a vincolo o declassare aree precedentemente inserite in classe 4 di fattibilità geologica.

In ogni caso la scelta e la facoltà di ripерimetrare o declassare un sito spetta all'Amministrazione Comunale.

## **Art. 8 – Norme per le aree soggette a fenomeni di instabilità e cedimento indotti da un sisma**

Il secondo livello di approfondimento sulle zone Z3 e Z4 ha consentito di appurare che non vi sono aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata a rappresentare gli effetti locali prodotti da un sisma.

Gli scenari corrispondenti alle zone Z1 e Z2 dovranno essere oggetto di specifici studi di terzo livello, onde accertare con opportune indagini geotecniche e geofisiche l'esistenza di rischi reali sulle opere in progetto.

I risultati delle analisi di terzo livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

## **8 - ALLEGATI**

### **8.1 – Allegati alla relazione geologica generale**

- ◆ Pozzi idrici
- ◆ Sondaggi meccanici
- ◆ Diagrammi penetrometrici
- ◆ Schede degli effetti litologici
- ◆ Schede degli effetti morfologici
- ◆ Certificato indagine geofisica con il metodo ReMi

## **8.2 – Cartografia tematica**

- ◆ Tav. 1 – Carta degli Elementi Geognostici in scala 1:10.000
- ◆ Tav. 2 – Carta della Pericolosità Sismica Locale in scala 1:10.000
- ◆ Tav. 3 – Carta dei Vincoli Ambientali in scala 1:5.000
- ◆ Tav. 4 – Carta di fattibilità delle azioni di piano in scala 1:10.000
- ◆ Tav. 5a-d – Carta di fattibilità delle azioni di piano in scala 1:2.000

## **POZZI IDRICI**

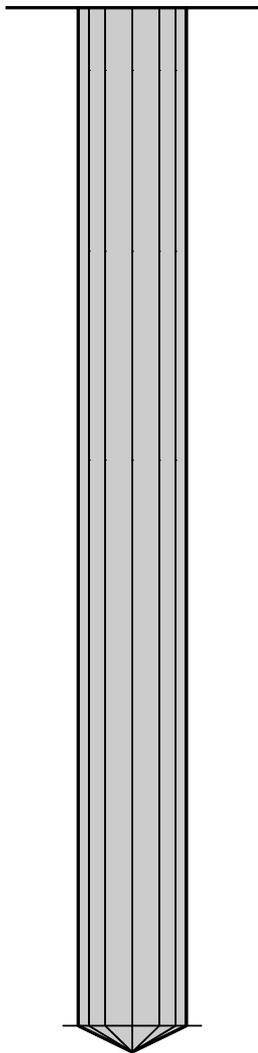
# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

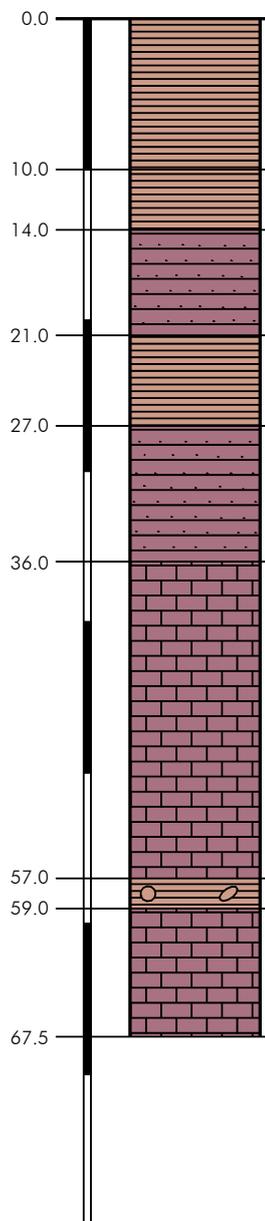
## POZZO IDRICO N. 1

Proprietario Comune di Grumello del Monte	Località Via Fontanone	Impresa e data di perforazione Ipta - 1955
Livello statico (m) = Livello dinamico (m) = Portata (l/s) =	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = Lunghezza della colonna (m) =	Filtri (m) = Impermeabilizzazione (m) = Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 230

STRUTTURA DEL POZZO



STRATIGRAFIA



DESCRIZIONE LITOLOGICA

Argilla

Argilla sabbiosa

Arenaria sabbiosa

Argilla

Arenaria sabbiosa

Roccia grigia

Argilla e ghiaia

Roccia grigia



# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

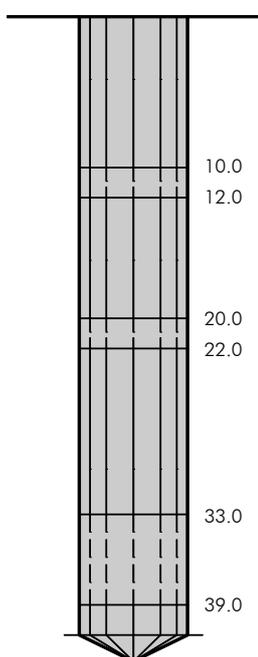
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

## POZZO IDRICO N. 2

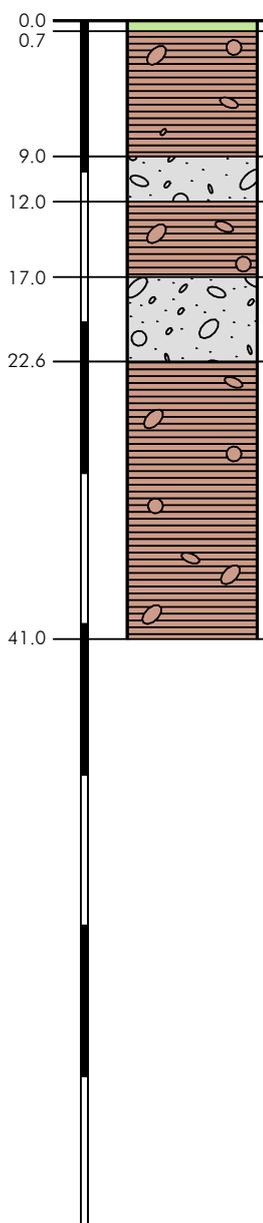
Proprietario Istituto Palazzolo	Località Piazza Camozzi	Impresa e data di perforazione 1945
------------------------------------	----------------------------	--

Livello statico (m) = 3.8 Livello dinamico (m) = Portata (l/s) =	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = 420 / 350 Lunghezza della colonna (m) =	Filtri (m) = 10-12 / 20-22 / 33-39 Impermeabilizzazione (m) = Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 207
--	---	--

STRUTTURA DEL POZZO



STRATIGRAFIA



DESCRIZIONE LITOLOGICA

Terra di coltura  
Argilla con sassi  
Ghiaia pulita e conglomerato  
Argilla sabbiosa e sassi  
Ghiaietto pulito  
Argilla con trovanti e strati di conglomerato



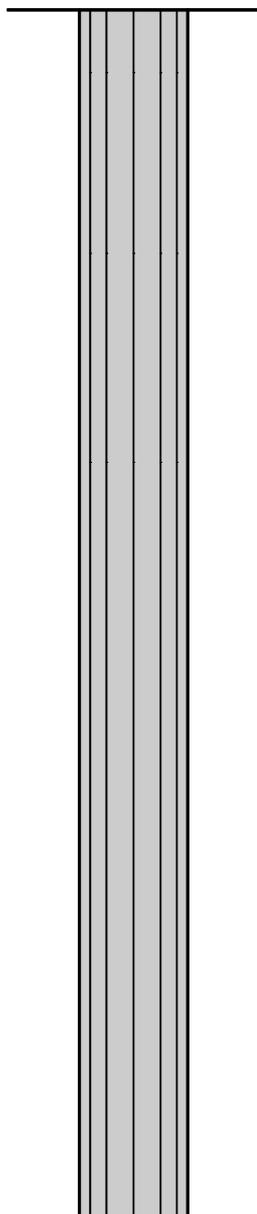
# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

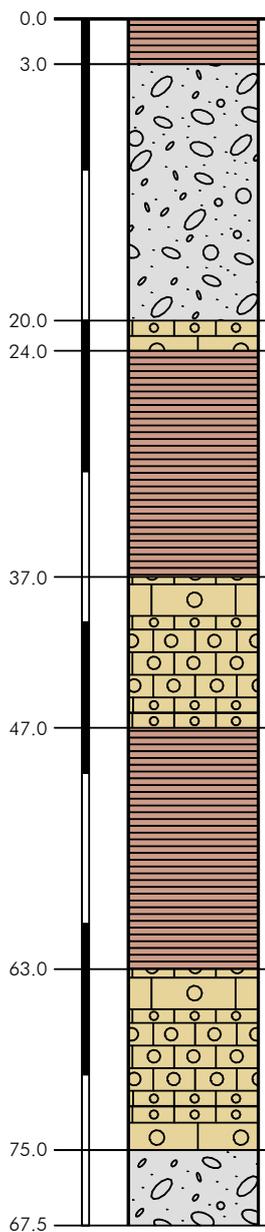
## POZZO IDRICO N. 3 (I parte)

Proprietario Comune di Grumello del Monte	Località Campagna	Impresa e data di perforazione 1970
Livello statico (m) = 59.0 Livello dinamico (m) = 59.2 Portata (l/s) = 24.0	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = Lunghezza della colonna (m) =	Filtri (m) = Impermeabilizzazione (m) = Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 202

STRUTTURA DEL POZZO



STRATIGRAFIA



DESCRIZIONE LITOLOGICA

Argilla  
Ghiaia  
Conglomerato  
Argilla gialla  
Conglomerato  
Argilla gialla  
Conglomerato  
Ghiaia con poca acqua



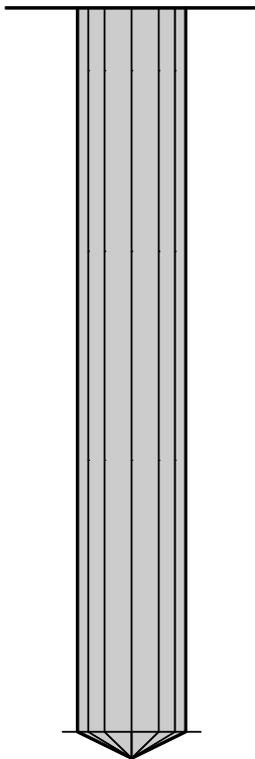
# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

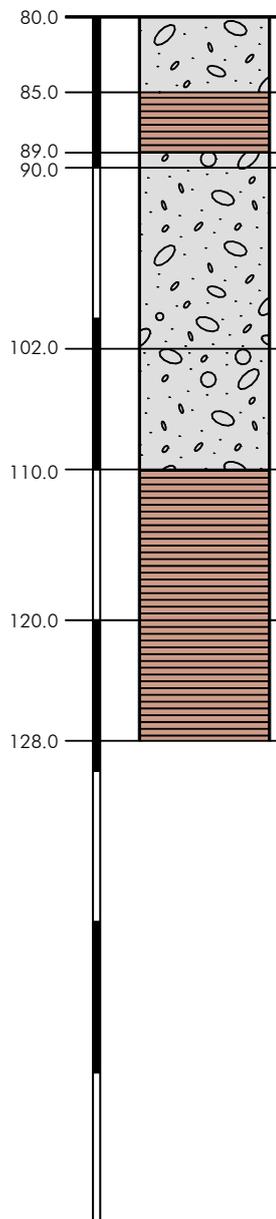
## POZZO IDRICO N. 3 (II parte)

Proprietario Comune di Grumello del Monte	Località Campagna	Impresa e data di perforazione 1970
Livello statico (m) = 59.0 Livello dinamico (m) = 59.2 Portata (l/s) = 24.0	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = Lunghezza della colonna (m) =	Filtri (m) = Impermeabilizzazione (m) = Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 202

STRUTTURA DEL POZZO



STRATIGRAFIA



DESCRIZIONE LITOLOGICA

Ghiaia con poca acqua  
Argilla gialla  
Ghiaia con incrostazioni calcaree  
Ghiaia pulita  
Ghiaia fine  
Argilla cenere  
Argilla impermeabile

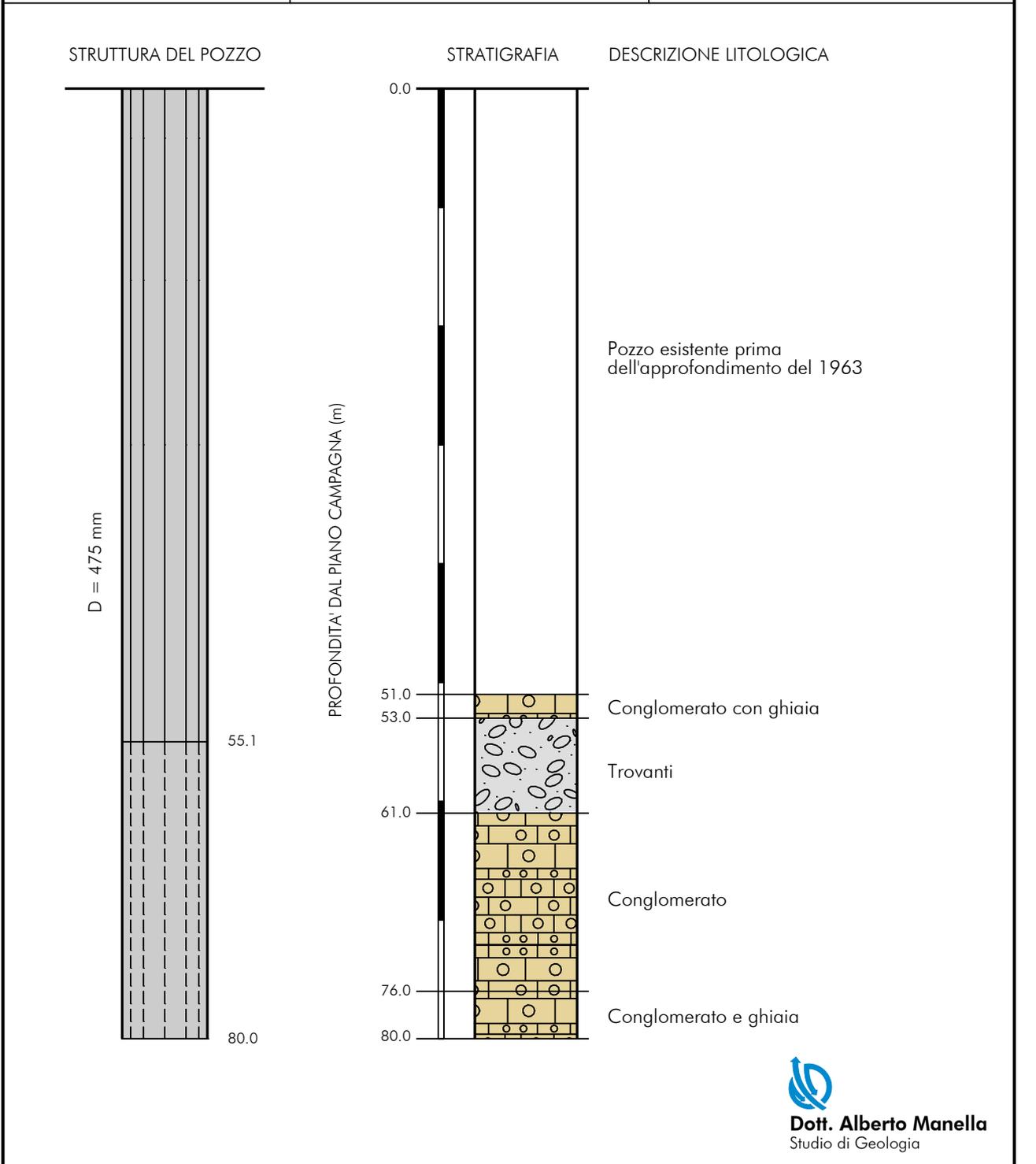


# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

## POZZO IDRICO N. 4 (I parte)

Proprietario Consorzio di bonifica M.P.B.	Località Cascina Colombera	Impresa e data di perforazione Ballerini e Valla - 1963
Livello statico (m) = 49.0 Livello dinamico (m) = 55.0 Portata (l/s) = 100.0	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = 475 /300 Lunghezza della colonna (m) = 122	Filtri (m) = 55-80/86-92/102-105/109-114 Impermeabilizzazione (m) = Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 199



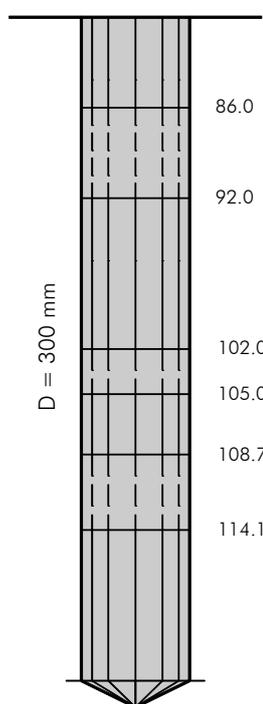
# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

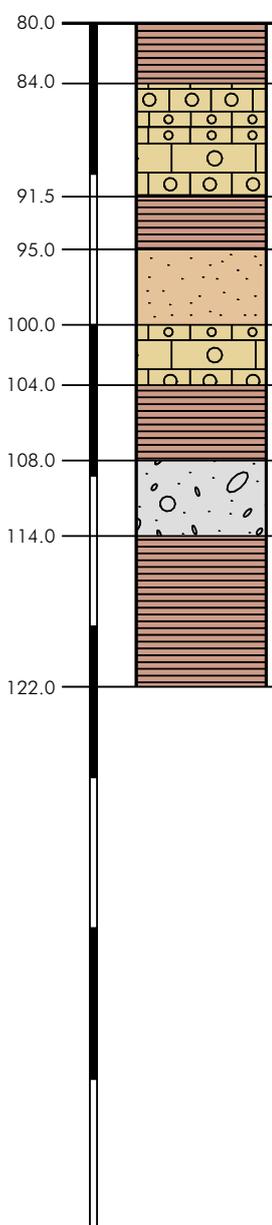
## POZZO IDRICO N. 4 (II parte)

Proprietario Consorzio di bonifica M.P.B.	Località Cascina Colombera	Impresa e data di perforazione Ballerini e Valla - 1963
Livello statico (m) = 49.0 Livello dinamico (m) = 55.0 Portata (l/s) = 100.0	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = 475 /300 Lunghezza della colonna (m) = 122	Filtri (m) = 55-80/86-92/102-105/109-114

STRUTTURA DEL POZZO



STRATIGRAFIA



DESCRIZIONE LITOLOGICA

Argilla gialla e arenaria  
Conglomerato  
Argilla gialla e arenaria  
Sabbia  
Conglomerato  
Argilla scura  
Ghiaia con tracce di conglomerato  
Argilla gialla e scura



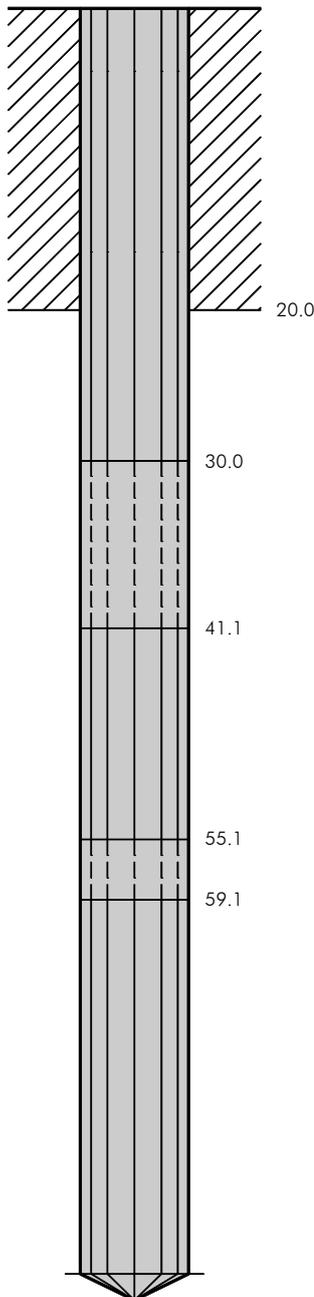
# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

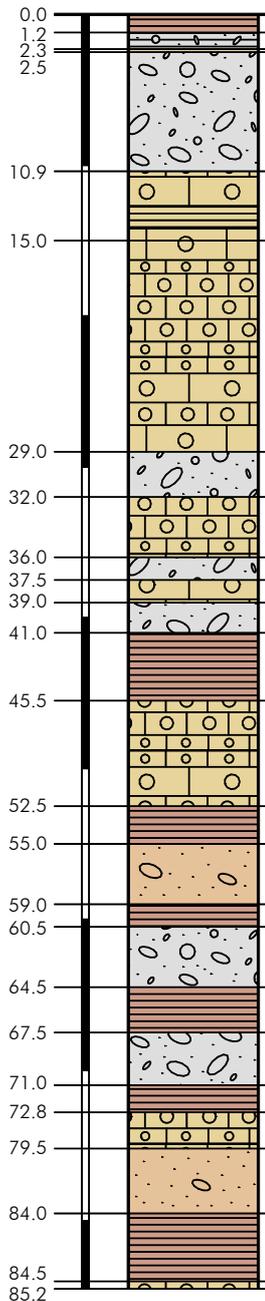
## POZZO IDRICO N. 5

Proprietario Tullio Giusy S.p.A.	Località Via L. da Vinci	Impresa e data di perforazione 1974
Livello statico (m) = 26.0 Livello dinamico (m) = 27.1 Portata (l/s) = 3.5	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = 350 Lunghezza della colonna (m) = 85.2	Filtri (m) = 30-41/55-59 Impermeabilizzazione (m) = 0.0-20.0 Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 207

STRUTTURA DEL POZZO



STRATIGRAFIA



DESCRIZIONE LITOLOGICA

0.0	Argilla con poca ghiaia
1.2	Ghiaia con ciottoli ed argilla
2.3	Conglomerato
2.5	Ghiaia con ciottoli leggermente argillosa
10.9	Conglomerato compatto con argilla
15.0	Conglomerato compatto
29.0	Ghiaia e arenaria
32.0	Conglomerato compatto
36.0	Ghiaia con ciottoli e conglomerato
37.5	Conglomerato
39.0	Ghiaia con ciottoli
41.0	Argilla giallognola compatta
45.5	Conglomerato compatto
52.5	Argilla grigia
55.0	Sabbia grossa con ciottoli e conglomerato
59.0	Argilla grigia
60.5	Ghiaia e sabbia con strati di argilla
64.5	Argilla grigia durissima con ghiaia
67.5	Sabbia, ghiaia e conglomerato
71.0	Argilla scura compatta
72.8	Conglomerato compatto e argilla
79.5	Sabbia con poca ghiaia e arenaria
84.0	Argilla
84.5	Conglomerato
85.2	



**Dott. Alberto Manella**  
Studio di Geologia

## **SONDAGGI MECCANICI**

## COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### SONDAGGIO MECCANICO N. 1

Tipo di perforazione = rotazione  
Diametro del foro (mm) = 80  
Diametro del rivestimento (mm) = 101

Profondità del rivestimento (m) = 8.0  
Campioni prelevati =  
Fluido di perforazione = acqua

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 212  
Lunghezza sondaggio (m) = 10.0  
Profondità falda (m) =

	SIMBOLO GRAFICO	LITOLOGIA	PROVE SPT	FALDA ACQUIFERA	CAMPIONI PRELEVATI
4.0		Ghiaia e sabbia limose di colore marrone rossiccio con clasti poligenici ben arrotondati e spesso alterati; grado di umidità molto elevato			
5.7		Ghiaia limosa sabbiosa debolmente argillosa di colore marrone rossiccio con clasti poligenici arrotondati spesso alterati; grado di umidità elevato; locale presenza di grossi ciottoli			
8.4		Ghiaia sabbiosa limosa di colore marrone-grigio con clasti poligenici arrotondati e spesso alterati; grado di umidità medio-basso; presenza di grossi ciottoli soprattutto a circa 7.5 m di profondità, con notevoli difficoltà di perforazione; a partire da 8.2 m leggero incremento della componente limo-argillosa			
14.0					

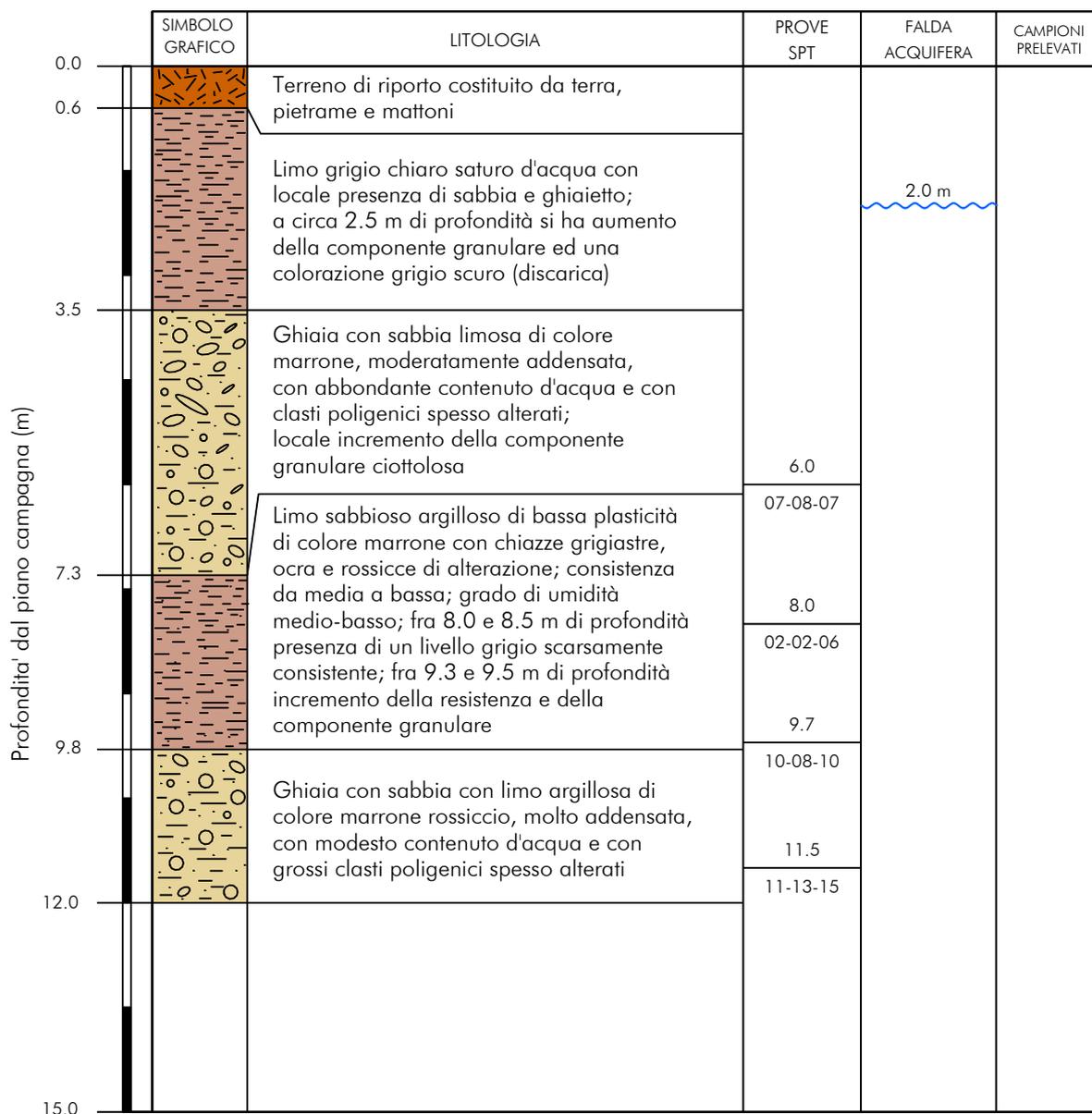


## COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### SONDAGGIO MECCANICO N. 2

Tipo di perforazione = rotazione Diametro del foro (mm) = 80 Diametro del rivestimento (mm) = 101	Profondità del rivestimento (m) = 7.0 Campioni prelevati = Fluido di perforazione = acqua	Quota piano campagna (m s.l.m.) = 210 Lunghezza sondaggio (m) = 12.0 Profondità falda (m) = 2.0
---	---	---



## COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### SONDAGGIO MECCANICO N. 3

Tipo di perforazione = rotazione	Profondità del rivestimento (m) = 10.5	Quota piano campagna (m s.l.m.) = 202
Diametro del foro (mm) = 80	Campioni prelevati =	Lunghezza sondaggio (m) = 15.0
Diametro del rivestimento (mm) = 101	Fluido di perforazione = acqua	Profondità falda (m) =

	SIMBOLO GRAFICO	LITOLOGIA	PROVE SPT	FALDA ACQUIFERA	CAMPIONI PRELEVATI
0.0		Ghiaia e sabbia limose argillose di colore marrone bruno, con clasti poligenici arrotondati spesso alterati; grado di addensamento scarso			
1.4		Litologia simile alla precedente ma con maggiore componente limo-argillosa	2.0		
2.0		Ghiaia e sabbia con limo e argilla di colore marrone bruno, con clasti poligenici arrotondati spesso alterati; presenza di elevata umidità; grado di addensamento medio	04-02-04		
4.0		Campione recuperato parzialmente a causa dell'elevata compressibilità del materiale e del ridotto grado di addensamento; la litologia è la medesima del livello precedente			
5.6		Ghiaia e sabbia grigie debolmente limose con clasti poligenici arrotondati spesso alterati; grado di addensamento elevato	6.0		
8.5		Sabbia e ghiaia con limo debolmente argillose di colore marrone bruno, con clasti poligenici arrotondati spesso alterati; grado di addensamento da medio ad elevato; a circa 9.0 m infiltrazioni idriche di modesta entità	18-14-16		
10.6		Sabbia e ghiaia con limo debolmente argillose di colore marrone bruno, con clasti poligenici arrotondati spesso alterati; grado di addensamento da medio ad elevato; a circa 9.0 m infiltrazioni idriche di modesta entità	9.0		
11.8		Limo sabbioso debolmente argilloso di colore marrone rossiccio con ciottoli sparsi talora alterati; grado di addensamento da medio ad elevato	04-11-20		
13.2		Ghiaia, ghiaietto e sabbia limosi argillosi di colore marrone rossiccio con clasti quasi sempre alterati	12.0		
15.0		Ghiaia e sabbia limose grigio-marrone con ciottoli arrotondati non sempre alterati; grado di addensamento medio; localmente aumento della componente fine connesso con peggioramento della qualità geotecnica	10-10-09		
			14.5		
			04-06-08		



## COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### SONDAGGIO MECCANICO N. 4

Tipo di perforazione = rotazione  
Diametro del foro (mm) = 80  
Diametro del rivestimento (mm) = 101

Profondità del rivestimento (m) = 6.0  
Campioni prelevati =  
Fluido di perforazione = acqua

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 196  
Lunghezza sondaggio (m) = 15.0  
Profondità falda (m) =

Profondità dal piano campagna (m)	SIMBOLO GRAFICO	LITOLOGIA	PROVE SPT	FALDA ACQUIFERA	CAMPIONI PRELEVATI
0.0		Ghiaia e sabbia di colore grigio sottostanti la pavimentazione superficiale in calcestruzzo (Terreno riportato)			
1.7		Sabbia limosa ghiaiosa grigia molto ricca di acqua			
2.2		Sabbia fine limosa umida di colore grigio-marrone con chiazze nerastre di alterazione; presenza di piccoli frustoli vegetali			
3.1		Sabbia e ghiaia di colore grigio-marrone localmente limose con clasti poligenici arrotondati e spesso alterati; assenza di umidità			
4.0		Ghiaia e sabbia limose di colore marrone con clasti arrotondati e spesso alterati a formare chiazze varicolore; localmente si registrano variazioni della componente limosa e ghiaiosa; presenza di umidità	5.0		
			03-05-03		
			7.0		
			03-07-04		
		Ghiaia e sabbia addensate di colore grigio-marrone debolmente limose con rari ciottoli; i clasti poligenici si presentano arrotondati e talora alterati	9.0		
10.0			09-11-09		
13.1		Limo sabbioso argilloso di colore marrone rossiccio con ghiaia e ghiaietto; i clasti poligenici sono arrotondati e tutti alterati; presenza di umidità			
15.0					



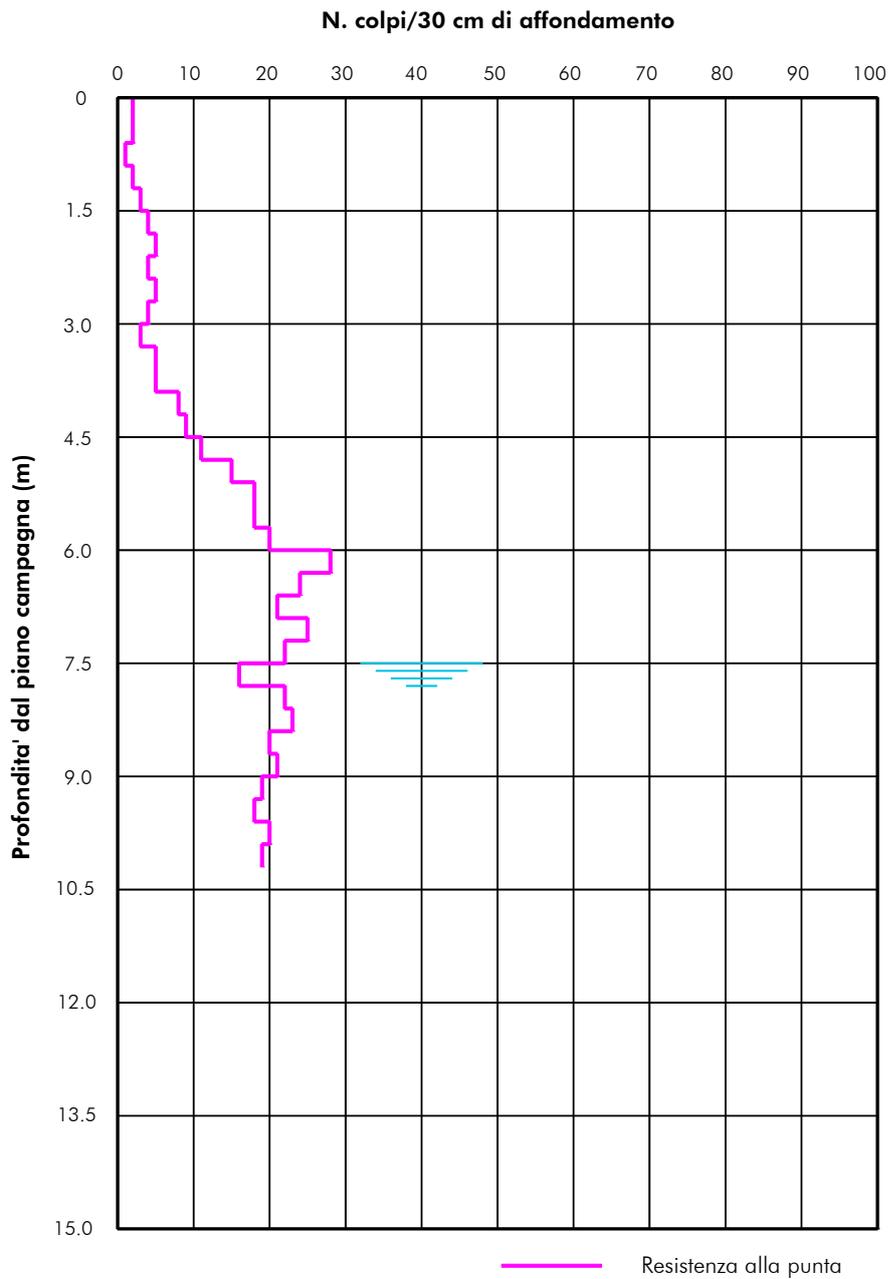
## **DIAGRAMMI PENETROMETRICI**

# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

## PROVA PENETROMETRICA N. 1

Tipo di prova = DPSH Diametro della punta (mm) = 50.8 Conicità della punta = 60°	Peso del maglio (kg) = 73 Altezza di caduta del maglio (cm) = 75 Avanzamento (cm) = 30	Impresa esecutrice = Dott. Zanchi Quota piano campagna (m s.l.m.) = 223 Profondità falda (m) = 7.5
--	--	--



## COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### PROVA PENETROMETRICA N. 2

Tipo di prova = DPSH

Diametro della punta (mm) = 50.8

Conicità della punta = 60°

Peso del maglio (kg) = 73

Altezza di caduta del maglio (cm) = 75

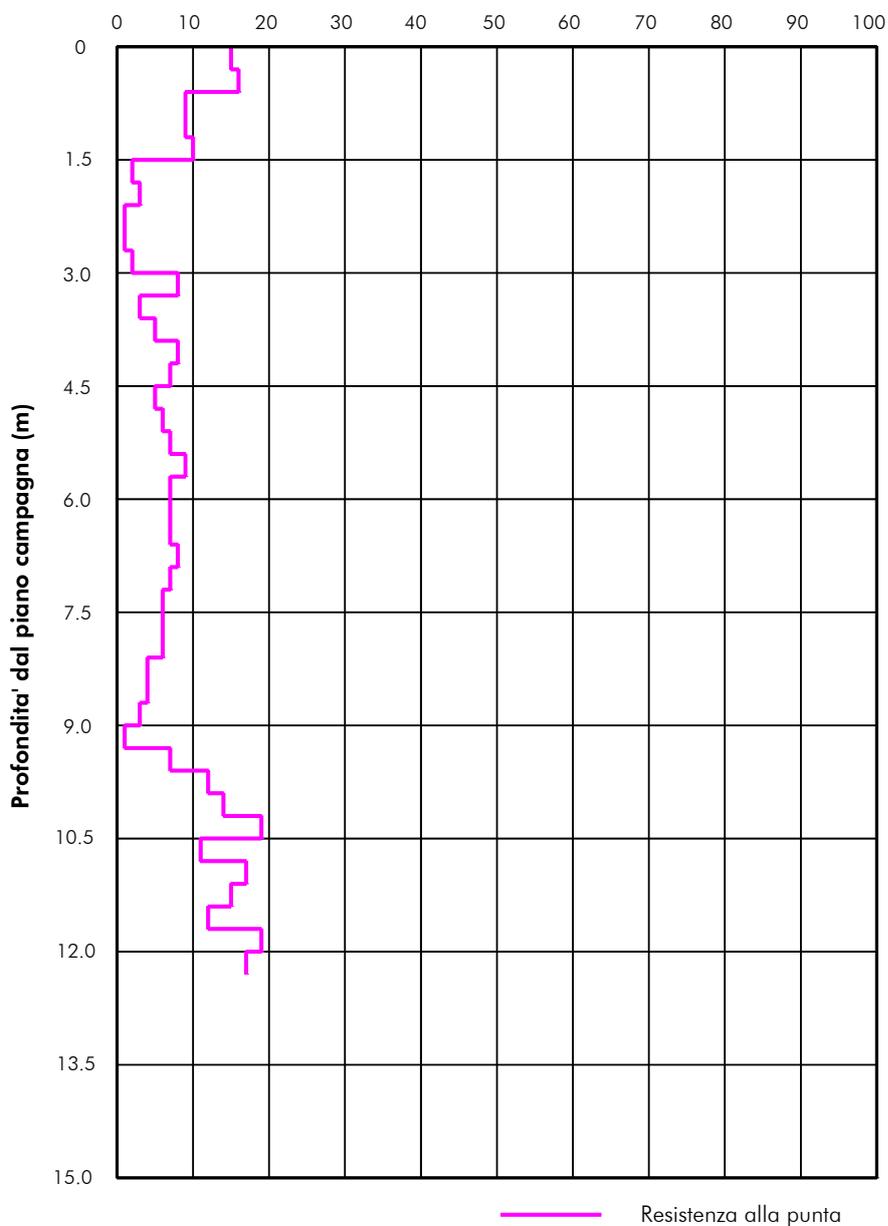
Avanzamento (cm) = 30

Impresa esecutrice = Dott. Zanchi

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 208

Profondità falda (m) = 2.6

#### N. colpi/30 cm di affondamento



## COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### PROVA PENETROMETRICA N. 3

Tipo di prova = DPSH

Diametro della punta (mm) = 50.8

Conicità della punta = 60°

Peso del maglio (kg) = 73

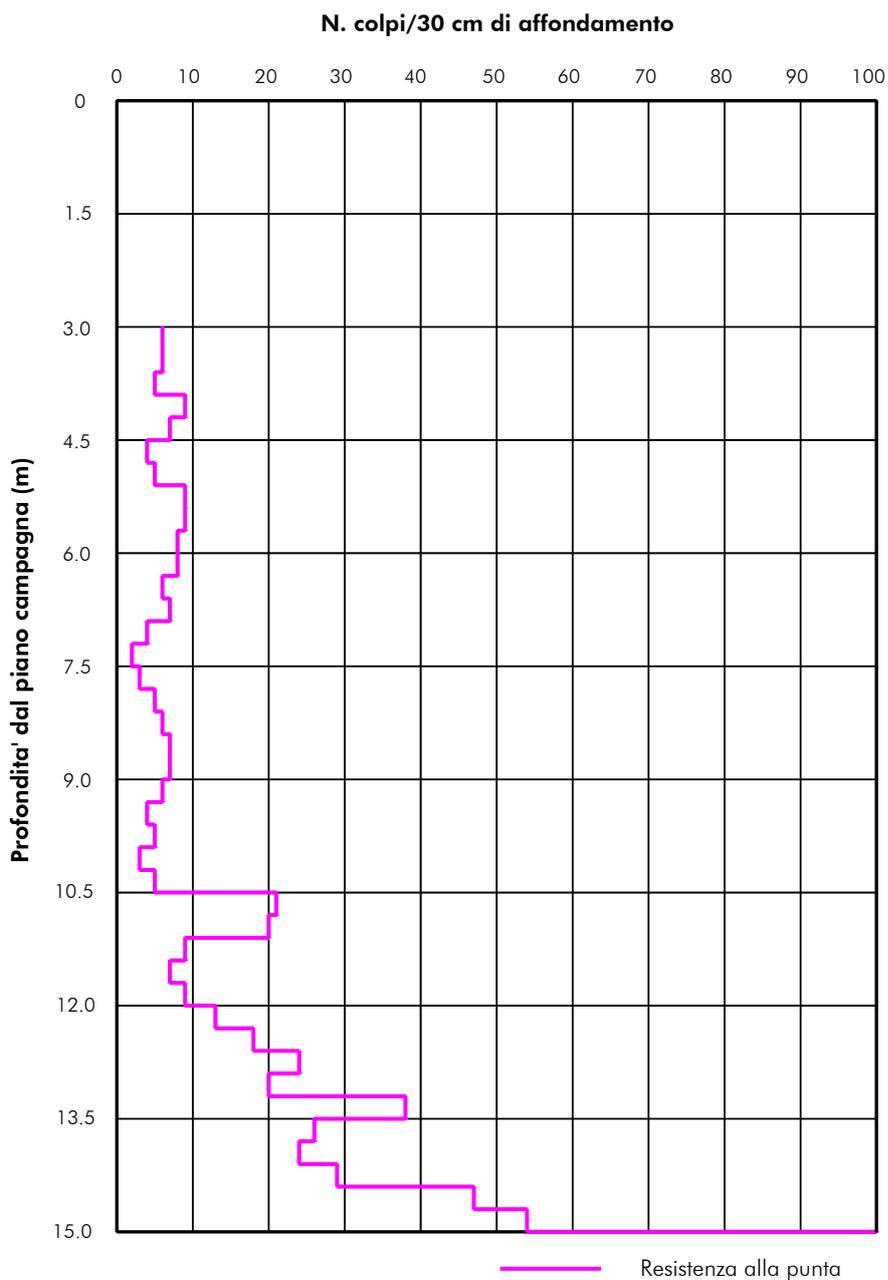
Altezza di caduta del maglio (cm) = 75

Avanzamento (cm) = 30

Impresa esecutrice = Geoprove

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 202

Profondità falda (m) = 12.0



# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

## PROVA PENETROMETRICA N. 4

Tipo di prova = DPSH

Diametro della punta (mm) = 50.8

Conicità della punta = 60°

Peso del maglio (kg) = 73

Altezza di caduta del maglio (cm) = 75

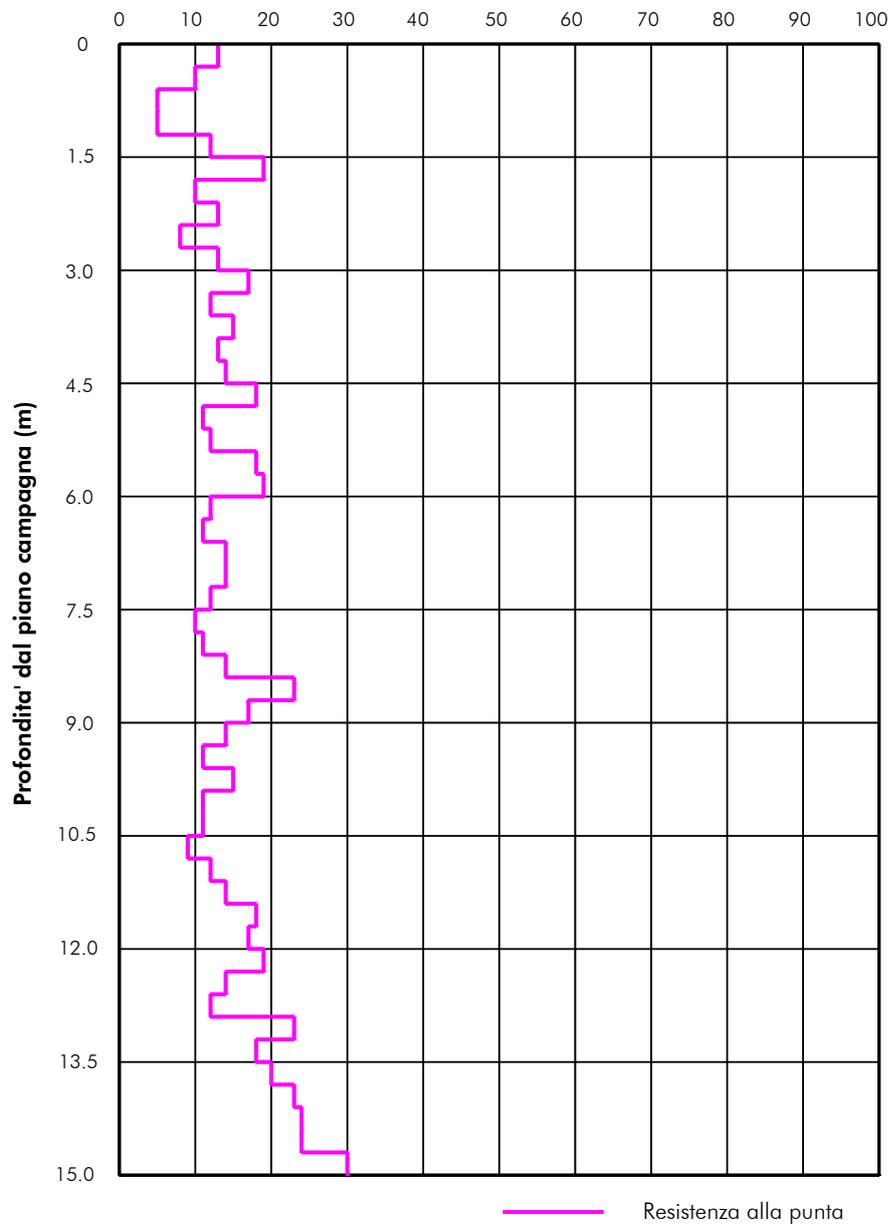
Avanzamento (cm) = 30

Impresa esecutrice = Geoprove

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 196

Profondità falda (m) = 15.0

### N. colpi/30 cm di affondamento



## COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### PROVA PENETROMETRICA N. 5

Tipo di prova = DPSH

Diametro della punta (mm) = 50.8

Conicità della punta = 60°

Peso del maglio (kg) = 73

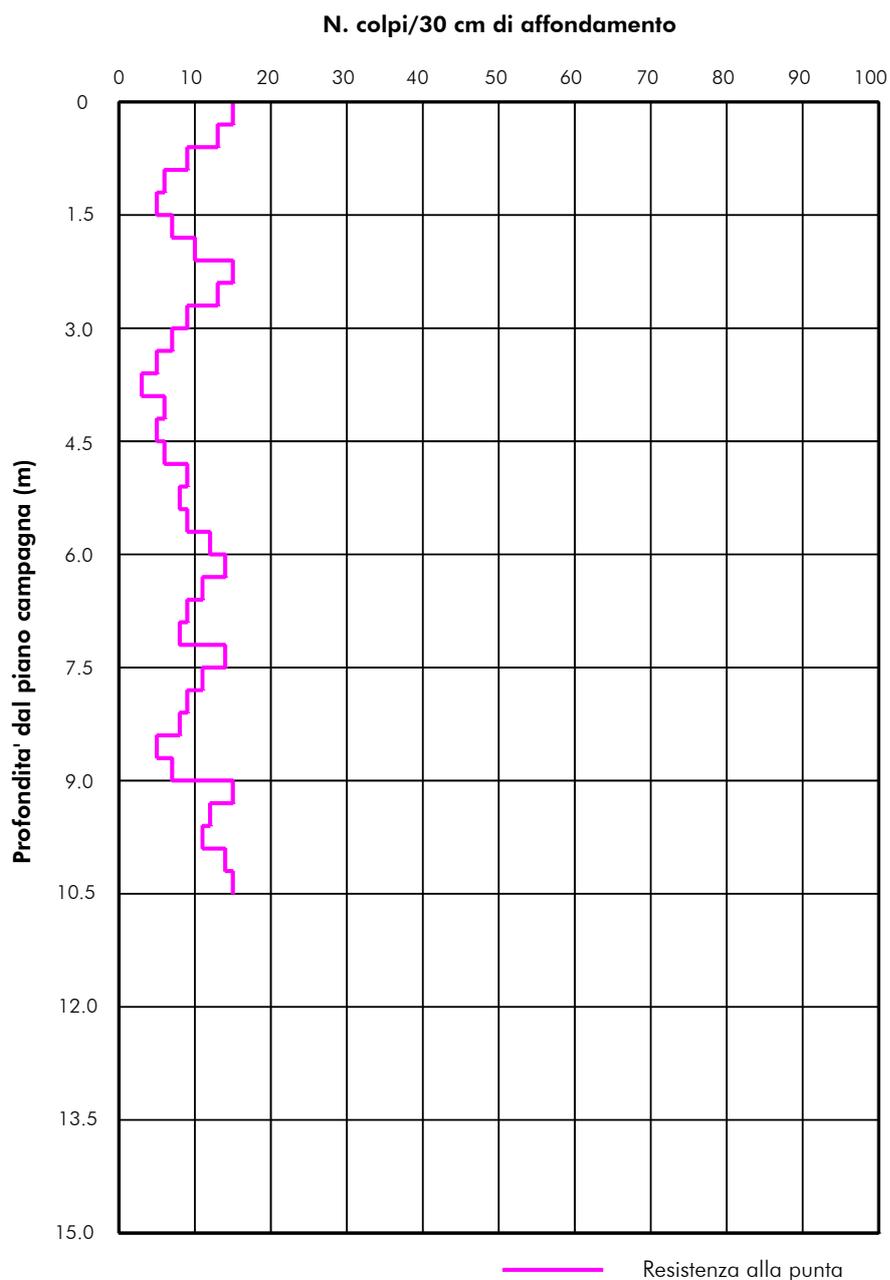
Altezza di caduta del maglio (cm) = 75

Avanzamento (cm) = 30

Impresa esecutrice = Dott. Zanchi

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 203

Profondità falda (m) = 10.5





**Dott. Alberto Manella**  
Studio di Geologia

## **SCHEDE EFFETTI LITOLOGICI**

Comune di Grumello del Monte  
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

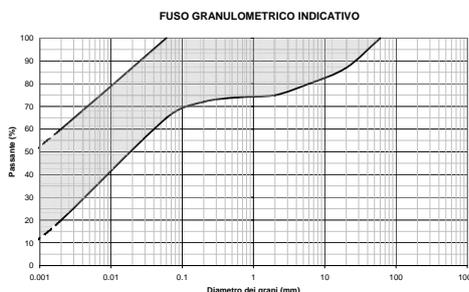
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

## EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 2 ZONA PEDECOLLINARE (scenario Z4d)

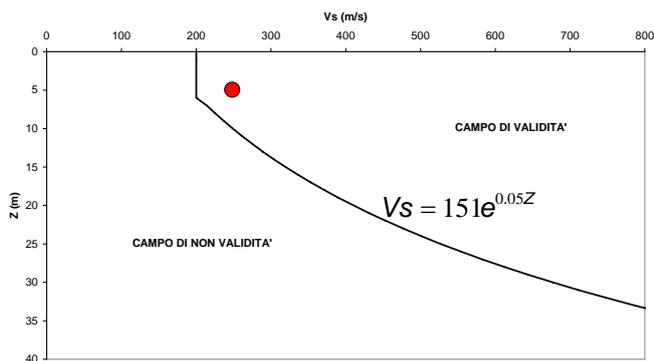
### PARAMETRI INDICATIVI

**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>a</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

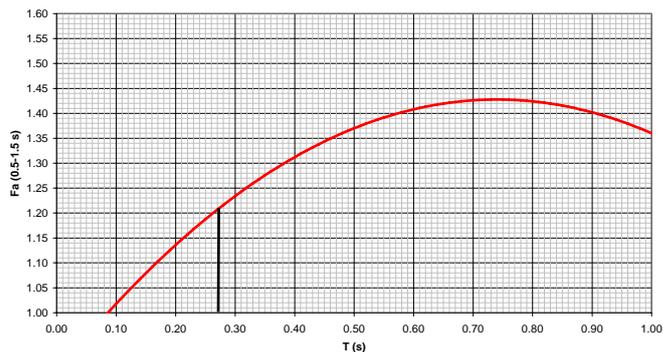


### ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'



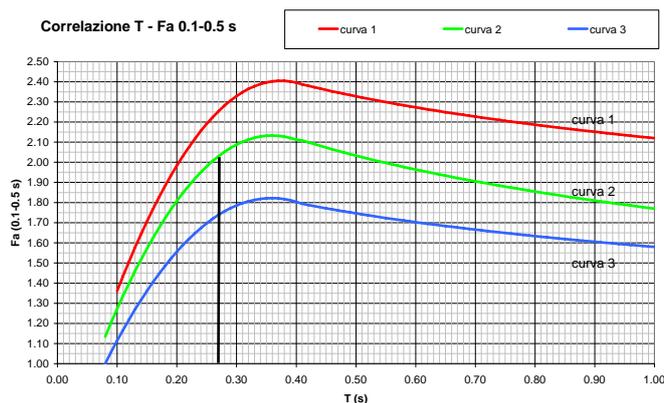
		Profondità primo strato (m)																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30										
Velocità primo strato (m/s)	200				2	1	1																								
	250				2	2	2	2	1	1	1																				
	300				3	3	3	3	2	2	2	2	1																		
	350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																
	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	3	3	3										
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3										

### Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



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

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



Dott. Alberto Manella  
Studio di Geologia

# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

## EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA PIANURA FLUVIOGLACIALE RECENTE (scenario Z4a)

### PARAMETRI INDICATIVI

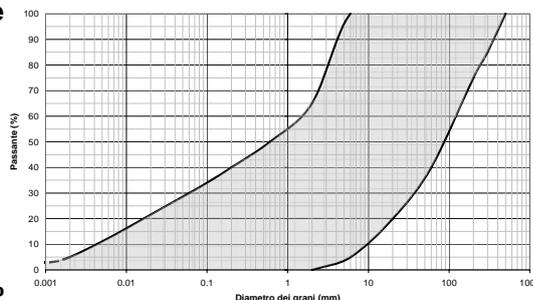
#### GRANULOMETRIA:

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

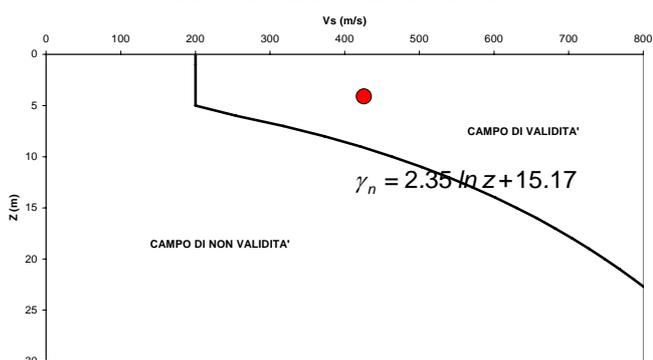
#### NOTE:

- 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

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



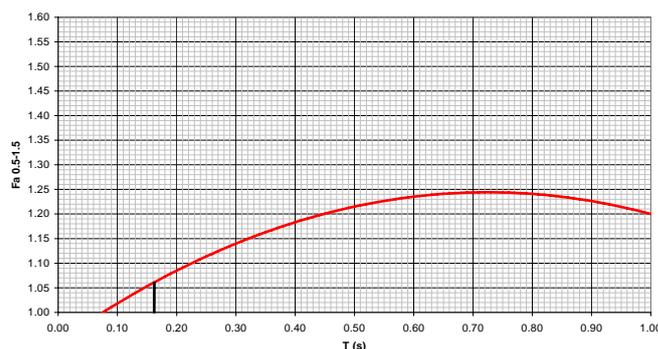
ANDAMENTO DEI VALORI DI  $V_s$  CON LA PROFONDITA'



Profondità primo strato (m)

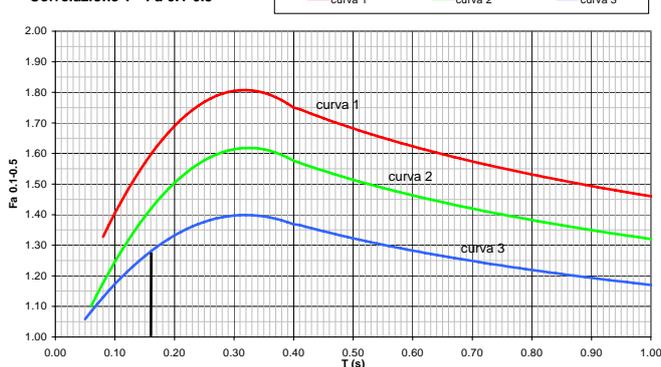
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1									
250				2	2	2								
300				3	3	3	3							
350				3	3	3	3	3						
400				3	3	3	3	3	3					
450				3	3	3	3	3	3	3				
500				3	3	3	3	3	3	3	3			
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

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	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32LnT$
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	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22LnT$



Dott. Alberto Manella  
Studio di Geologia

# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

## EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 1 PIANURA FLUVIOGLACIALE ANTICA (scenario Z4a)

### 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%

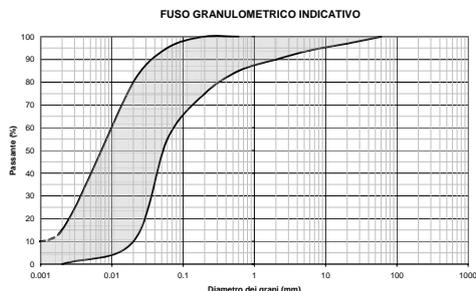
Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm

Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%

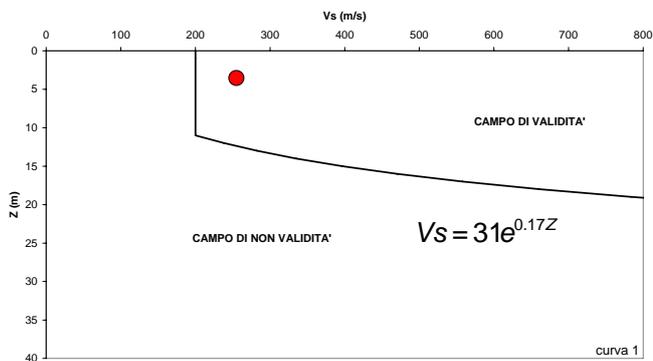
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%

Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%

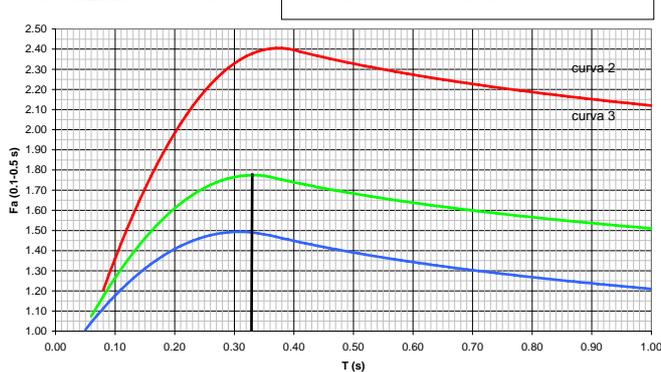
A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente arillosi



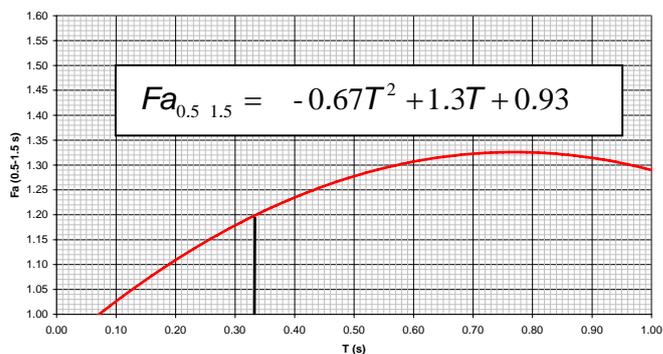
### ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'



### Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



### Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



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	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$



Dott. Alberto Manella  
Studio di Geologia

## **SCHEDE EFFETTI MORFOLOGICI**

# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

## EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATE – Z3a – SEZIONE 1

PARAMETRI MORFOLOGICI

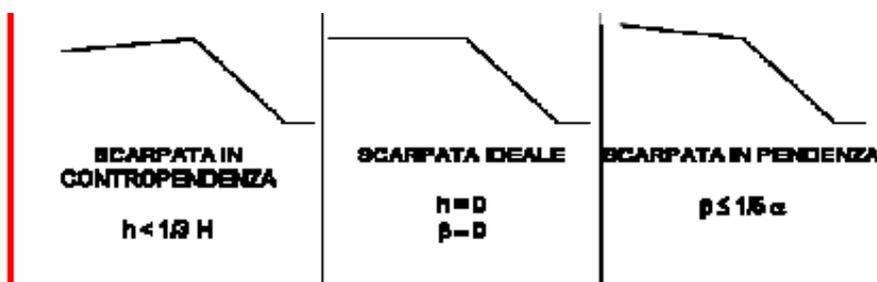
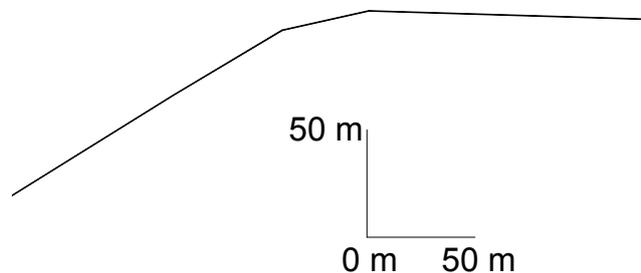
H = 89 m

h = 4 m

$\alpha = 32^\circ$

$\beta = 13^\circ$

Tipologia scarpata = in contropendenza



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	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	$A_i = 3/4 H$
H > 40 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	



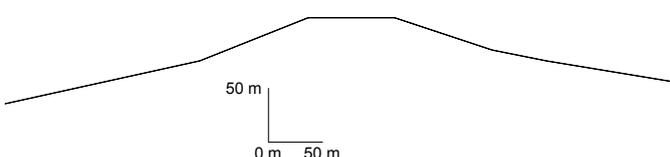
# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

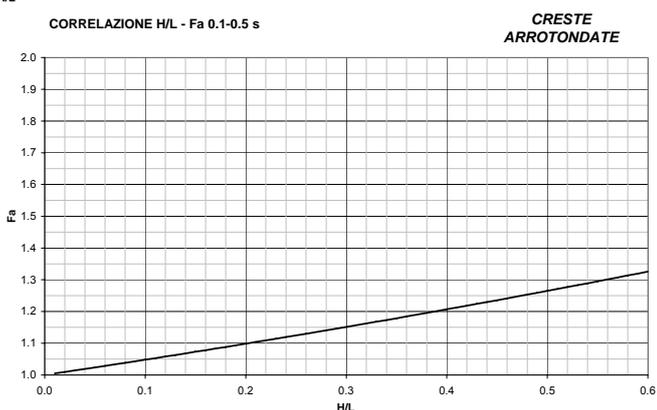
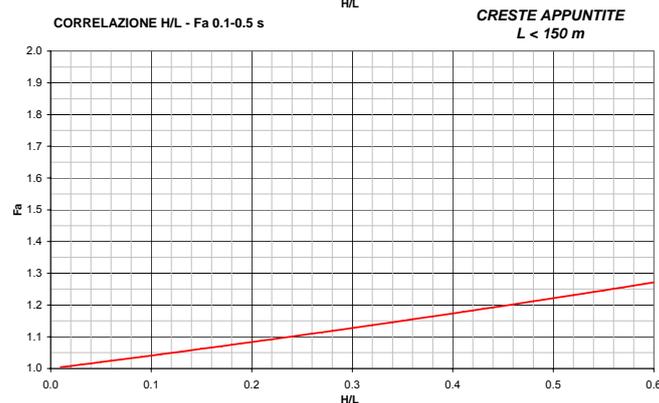
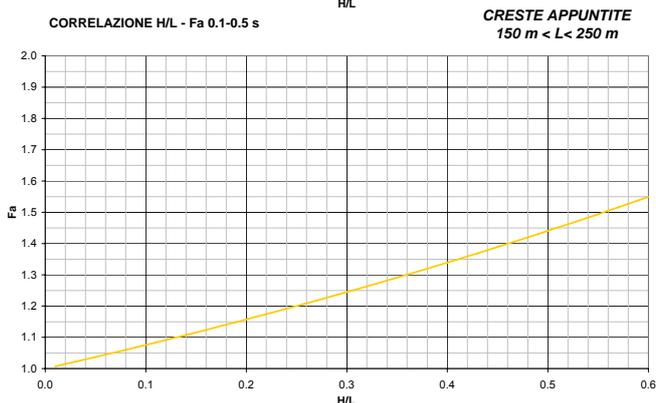
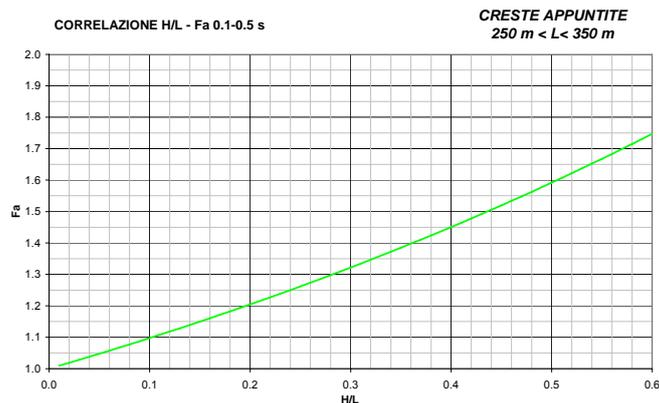
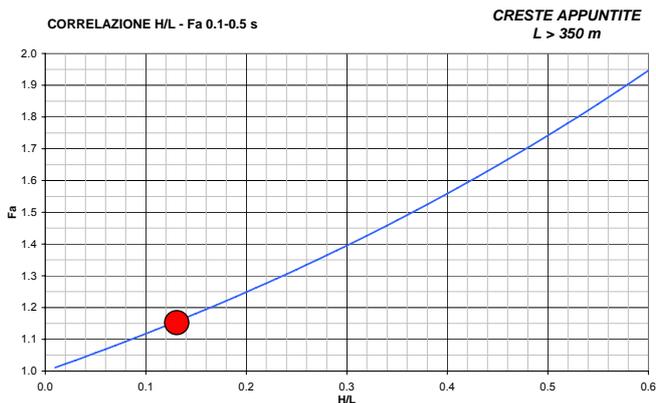
## EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b – SEZIONE 2

**PARAMETRI MORFOLOGICI**

H = 80 m  
 h = 60 m  
 L = 620 m  
 l = 80 m  
 H/L = 0,13  
 Tipologia cresta = appuntita



	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>	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			



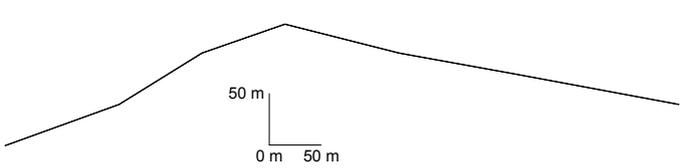
# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

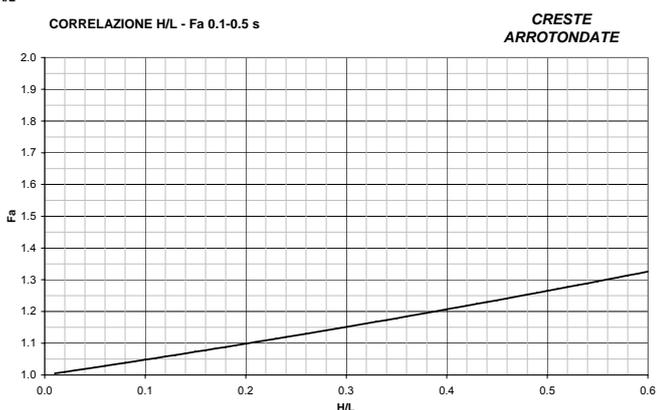
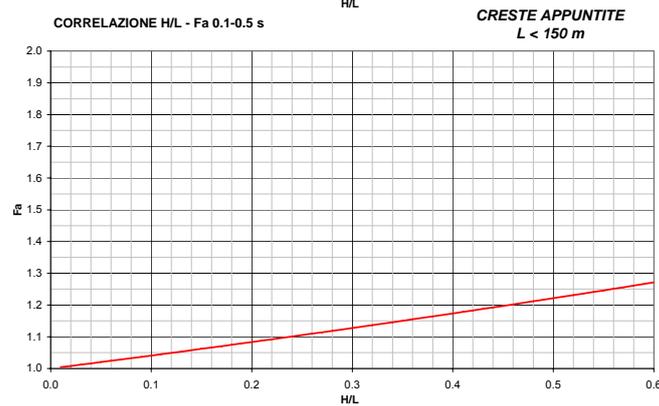
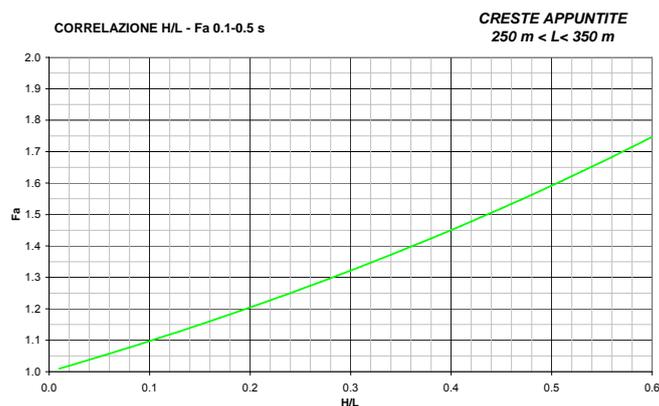
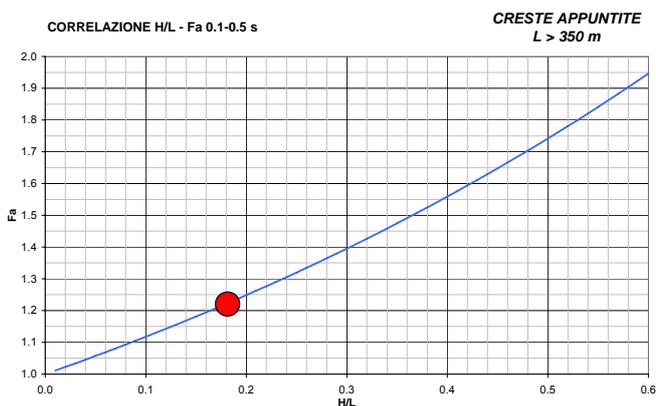
## EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b – SEZIONE 3

**PARAMETRI MORFOLOGICI**

H = 118 m  
 h = 78 m  
 L = 650 m  
 l = 150 m  
 H/L = 0,18  
 Tipologia cresta = appuntita



	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>	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			



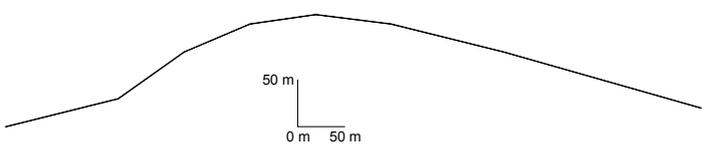
# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

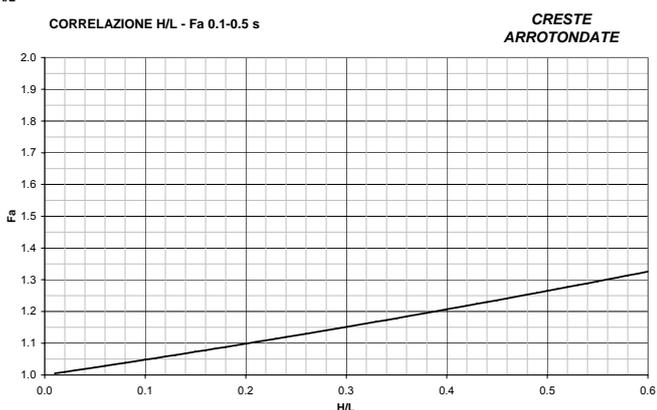
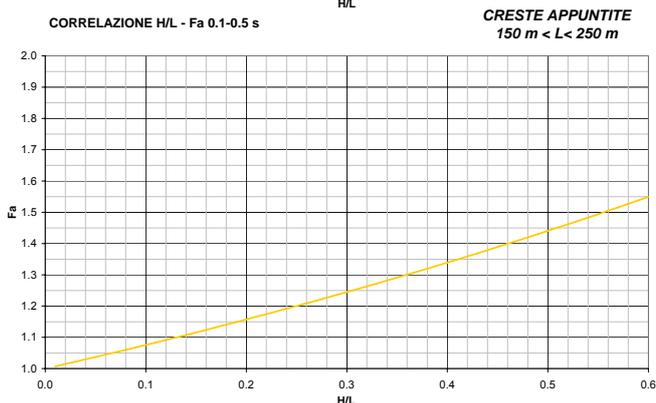
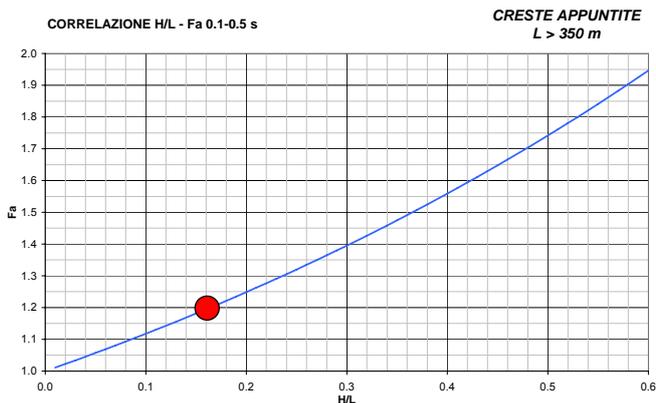
## EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b – SEZIONE 4

**PARAMETRI MORFOLOGICI**

H = 120 m  
 h = 100 m  
 L = 740 m  
 l = 160 m  
 H/L = 0,16  
 Tipologia cresta = appuntita



	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>	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			



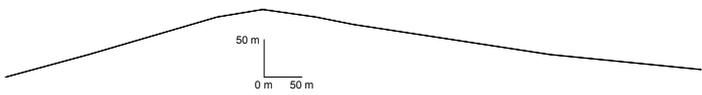
# COMUNE DI GRUMELLO DEL MONTE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

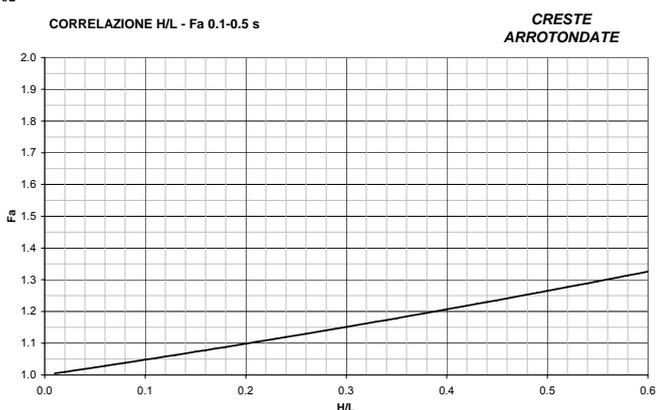
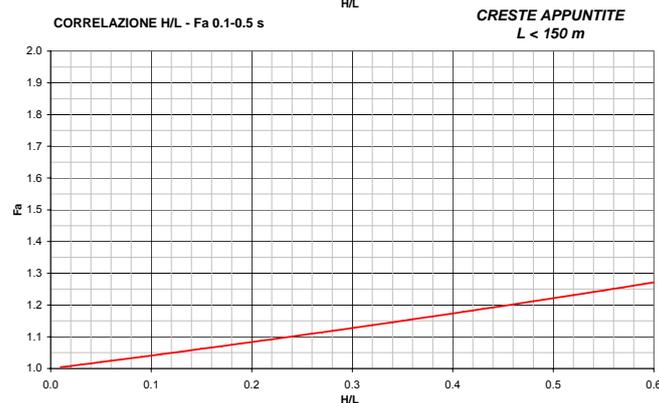
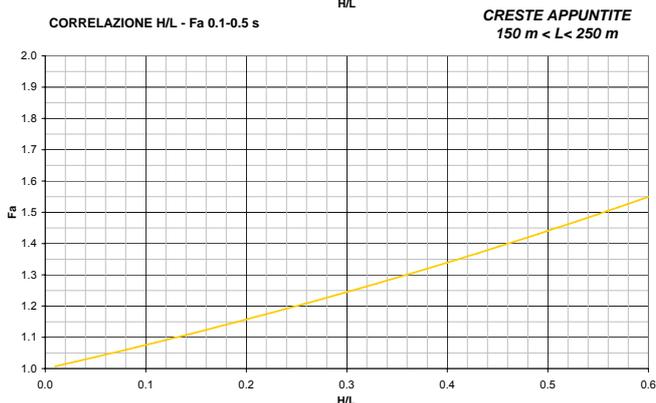
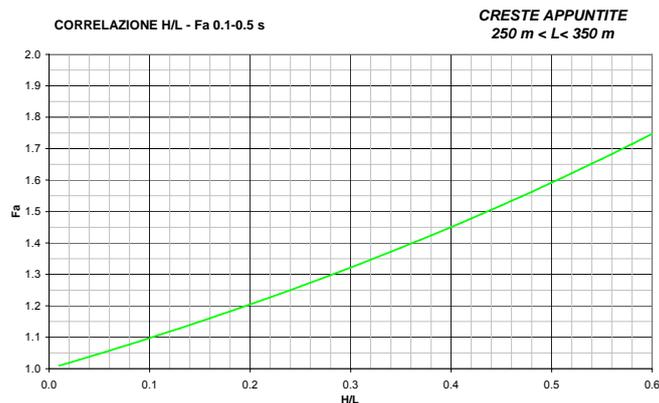
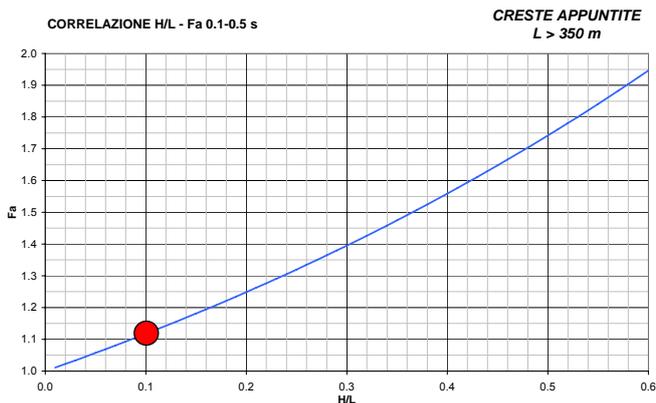
## EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b – SEZIONE 5

PARAMETRI MORFOLOGICI

H = 90 m  
 h = 80 m  
 L = 920 m  
 l = 150 m  
 H/L = 0,10  
 Tipologia cresta = appuntita



	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>	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			



## **CERTIFICATO DELL'INDAGINE GEOFISICA**

Comune di Grumello del Monte  
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica



Regione Lombardia



**PROGEA Consulting s.r.l.**



Sede Legale : via G. Garibaldi, 40 - 24036 Ponte San Pietro (BG)  
Sede Operativa : via Donizetti, 109 int. D1a - 24030 Brembate Sopra (BG)  
Tel. 0353322281 - 3489045300 - e-mail : PROGEA09@progeaconsulting.191.it

## Comune di Grumello del Monte Prov. di Bergamo

Grumello del Monte, Bergamo (Lombardia), Italy



### Indagine sismica con il metodo dei microtremori ( Refraction Microtremor )

Settembre 2007



## PROGEA Consulting S.r.l.

Sede legale : via G. Garibaldi, 40 - 24036 Ponte San Pietro (BG)  
Sede operativa : via G. Donizetti, 109 - 24030 Brembate Sopra (BG)  
complesso immobiliare Geller - edificio D1a



### PREMESSA

Su incarico del dr.geol. Manella Alberto, abbiamo eseguito una indagine sismica con il metodo dei microtremori ( Refraction Microtremor ) a supporto dell'aggiornamento dello studio geologico, del Comune di Grumello del Monte, per quanto concerne la componente sismica.

A tale scopo sono stati impostati due allineamenti sismici ubicati secondo le direttive impartite dal dr.Manella.

Più specificatamente la **base 1** è stata ubicata in prossimità dei limiti amministrativi tra i Comuni di Grumello e Palazzolo in un contesto caratterizzato da scarsa antropizzazione con la presenza di alcuni capannoni industriali/artigianali, mentre la **base 2** ha interessato direttamente il tessuto urbano del Comune di Grumello del Monte ( "piazza mercato" ).

### Refraction Microtremor (ReMi)

La tecnica di analisi del sottosuolo mediante l'uso di microtremori (Refraction Microtremor ) prende origine dagli studi e dalle sperimentazioni condotte da J. Louie presso la Nevada University e fornisce una caratterizzazione semplificata di volumi relativamente ampi del sottosuolo in profili verticali 1D sino alla profondità di 100 metri.

ReMi può caratterizzare un orizzonte meno veloce che è sottostante ad uno più veloce ( velocity reversal ) che rappresenta una condizione non distinguibile con il metodo tradizionale della sismica a rifrazione.

In situazioni dove un terreno più "competente" è sovrapposto a una zona più debole legata a subsidenza o al collasso di materiali più deboli sottostanti o a spazi vuoti, ReMi ha la capacità di individuare la velocità delle onde S dell'orizzonte debole sottostante.

E' inoltre efficace come metodo nella caratterizzazione rapida e generale del sottosuolo, specialmente se abbinata alla sismica a rifrazione, con lo scopo di definire il contatto roccia / terreno o il contrasto tra materiali più deboli / più compatti

I dati di campagna ( analisi dei microtremori ) possono essere acquisiti con un equipaggiamento standard di sismica a rifrazione, usando geofoni ad alta frequenza per stendimenti corti, con profondità di investigazione limitata e geofoni a bassa frequenza per applicazioni geotecniche tipiche con profondità di indagine elevata. La fonte di energia delle onde di superficie per il ReMi può essere il rumore ambientale o i semplici passi per

stendimenti che indagano profondità limitate o rumore di veicoli per lunghezze maggiori. I profili ReMi si eseguono con successo in aree urbane con attività considerevole, usando il rumore ambientale come fonte di energia. Per indagini presso autostrade, il passaggio dei veicoli può servire da sorgente di energia. Le velocità delle onde S ( onde di taglio ), il tipico parametro misurato dei materiali geologici, sono una funzione dei moduli dei vari materiali nel profilo del sottosuolo. Le basi della teoria sono le stesse dell'analisi spettrale delle onde di superficie ( SASW ) e della multi analisi delle onde di superficie ( MASW ).

## **GENERALITA' SUL METODO**

L'analisi e l'interpretazione ReMi viene eseguita utilizzando un software appropriato prodotto dalla Optim LLC ( Reno, Nevada, USA ) che tra l'altro fornisce direttamente il valore di  $V_{s30}$  e la categoria della classificazione del suolo secondo la normativa americana.

L'elaborazione del segnale consiste nell'elaborare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (  $p-f$  ) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico  $p-f$  (fig.1/b).

In questa immagine risaltano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle riconducibili ad altri modi e tipi di onde ( onde di pressione, suono, rumore incoerente ). A questo punto l'operatore, in modo arbitrario ed in base all'esperienza, esegue un picking attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (  $p$  o  $1/\text{velocità di fase}$  ) per talune frequenze. Questi valori vengono in seguito plottati su un diagramma *periodo-velocità di fase* per l'analisi della curva di dispersione (fig.1/a) e l'ottimizzazione di un modello diretto (fig. 2).

## **EQUIPAGGIAMENTO E PROCEDURE**

Le indagini sono state eseguite in accordo con quanto descritto da Louie per sviluppare profili verticali 1D delle onde di taglio. E' stato impiegato lo stesso equipaggiamento che generalmente viene usato per la sismica a rifrazione.

### Equipaggiamento

E' stato usato un sismografo multicanale (OYO McSeis 48) capace di acquisire fino a 36000 campioni per canale con intervallo di campionamento da 1 a 2 ms in formato SEG2 o SEG-Y. I cavi dei geofoni hanno spaziatura delle uscite di 10 metri con la possibilità di tutte le misure intermedie. I geofoni verticali con frequenza di risonanza di 4.5 Hz sono stati usati per l'analisi dei profili verticali delle onde S. Come sorgente di energia delle onde superficiali si è sfruttato il "noise" ambientale a banda larga.

• Data storage section	
Channel numbers	Setting feasible to 1, 3, 6, 12, 24, or 48 channels: Additional 2 channels for the shot mark (for AUX)
Input impedance	20 kΩ (Differential)
Gains	Setting feasible to 4, 32, or 256 times: For AUX, setting fixed at 1 time:
Frequency band	2 Hz ~ 4600 Hz
A/D converter	24-bit
Sampling rate	Setting feasible to 33.3, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 4000 or 8000 μs:
Memory length	1K, 2K, 4K, 8K or 16K
Pre-trigger	0 (OFF) 128 words (ON)
Trigger level	100~ 1000 mV (Step:100mV)Setting to OFF feasible: (This function is applied to the inputs of both AUX and Uphole geophone.)
• Anti-aliasing filter	Fixed according to the sampling rate:
	Sampling rate [μs]      Cut-off frequency[Hz]
	33.3                      (4600)*1
	50                        (4600)*1
	100                      Unavailable (48ch)
	100                      Unavailable (24ch or less)

	Sampling rate [μs]	Cut-off frequency[Hz]
	200	500
	500	200
	1000	100
	2000	100
	4000	100
	*1 Analog-antialiasing filter	
• Other functions	Real-time noise monitor-Digital filtering-Digital data stacking Printer (Option) - Channel switch function	
• System outline		
CPU	ULV Intel Celeron processor 400MHz	
Hard disk	80 GB	
Memory	256MB	
OS	Windows XP SP2 professional	
Display	LCD 1024x768 dots 10.4-inch Color size XGA : TFT	
Interface	USB (for external printer, memory, mouse , other USB device) External keyboard I/F (for device maintenance)	
Operating power supply	DC 12V (10.5~14.0 V) 3.5 A (standby) , 5.0 A (acquisition)	

OYO Mc SEIS-SX 48 (Model\_1126F-XPE)



### Procedure ReMi

Sono state eseguite due linee sismica della lunghezza di circa 100 (base 2) e 115 metri (base 1) utilizzando due cavi sismici e 24 geofoni mentre la distanza tra i geofoni è risultata essere rispettivamente di 4 e 5 metri. La spaziatura geofonica rappresenta una sorta di filtro di frequenza per il segnale che può arrivare da tutte le direzioni. Pertanto è implicito che maggiore è la spaziatura minore è la frequenza del segnale utile campionabile e conseguentemente maggiore è la profondità di investigazione.

L'acquisizione dati è consistita nel campionamento dell'ambiente e/o delle onde di superficie generate ( un evento di campionamento ) in corrispondenza della stesa sismica per diversi secondi. I parametri di acquisizione adottati sono i seguenti : sample rate 2 m/s ; record lenght 32 s ; numero di misure acquisite = 10. Poiché non si era in presenza di una sorgente fissa di "noise" e soprattutto per la presenza di ostacoli soggettivi, non si è provveduto a ruotare di 90° lo stendimento sismico ( accompagnato dalla ripetizione di alcune acquisizioni ) . L'analisi complessiva del segnale mitiga l'effetto della unidirezionalità della sorgente ed evita di incorrere nella sottostima della velocità di fase durante la successiva e delicata operazione di picking.

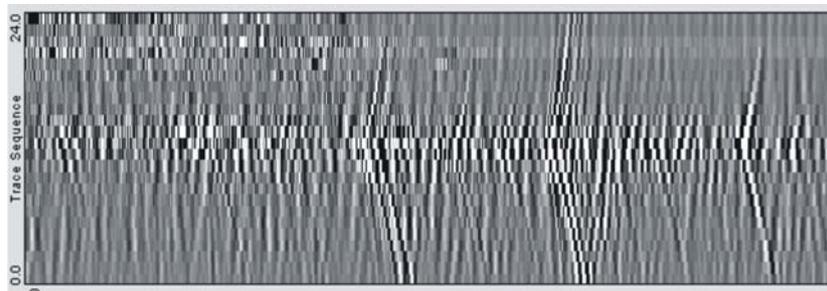
## INTERPRETAZIONE

### Premessa

Sebbene un controllo iniziale e preliminare di qualità dell'interpretazione dei dati ReMi può essere eseguito sul terreno, l'interpretazione completa va fatta in ufficio. I dati acquisiti in campagna sono stati trasferiti dal sismografo al personal computer, utilizzando per l'interpretazione il software SeisOpt ReMi della Optim, che è composto da due moduli.

### Analisi del segnale

Nella prima fase elaborativi dei record l'interprete si è limitato ad eseguire alcuni passi obbligati quali la conversione dei file ed il preprocess semiautomatizzato che filtra ed equalizza le tracce. Inoltre sono stati introdotti alcuni parametri : la geometria utilizzata, la frequenza massima da indagare, la velocità di fase minima di partenza ed il numero di vettori "slowness" (  $np=2*n$  geofoni ).



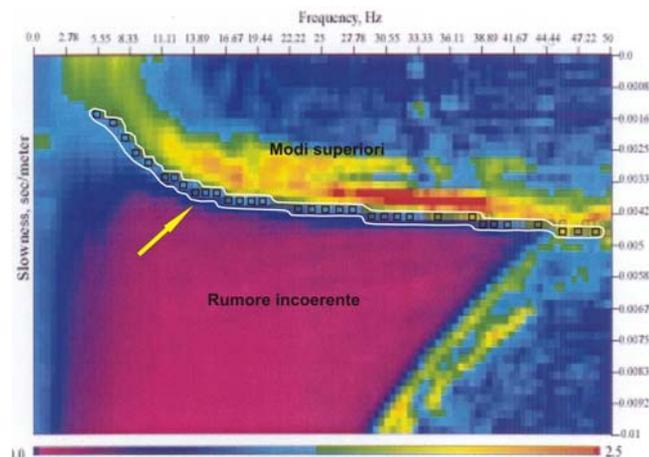
Esempio di "trace sequence"

Gli ultimi tre parametri, opportunamente scelti, concorrono ad aumentare il dettaglio dello spettro di potenza  $p-f$  ed a renderlo più adatto ad una campionatura meno ambigua della curva di dispersione.

Sostanzialmente il corretto dimensionamento dei parametri suesposti e che sono suggeriti dall'esperienza dell'interprete, ha lo scopo di diminuire il grado di incertezza e di arbitrarietà che distingue le operazioni di campionature della curva di dispersione.

### Picking

Muovendosi con il puntatore del mouse sopra l'immagine  $p-f$  (fig. 1/b) sono state selezionate un ragionevole numero di triplette di valori ( $f, p, V_{\text{apparente}}$ ) ricalcando il trend visualizzato nel grafico  $p-f$ .



Spettro di potenza con evidenziata l'area utile per il corretto picking della velocità di fase

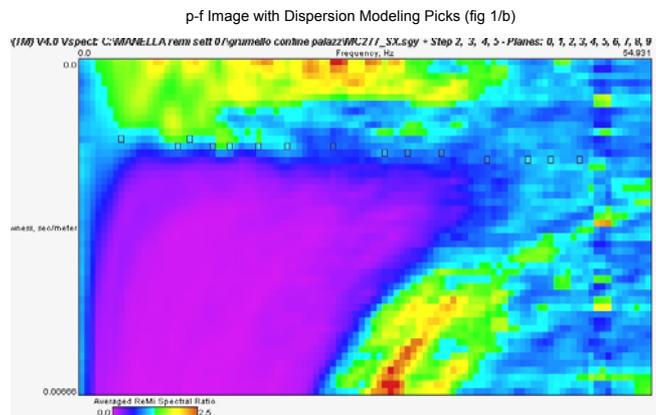
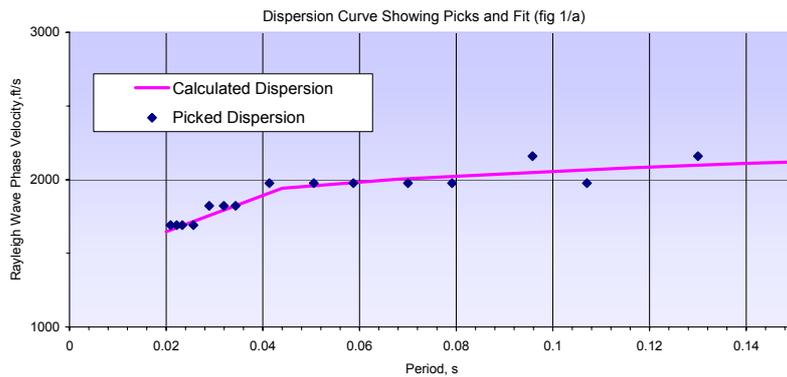
I criteri che si è cercato di seguire nella scelta del picking sono :

- preferibilmente selezionare solo quelle triplette contraddistinte da una buona definizione dello spettro di potenza (elevata intensità di segnale ).
- si è cercato di scegliere la velocità più bassa, prossima al confine tra incoerenza propria del rumore e segnale ( tonalità azzurre posizionate al contatto tra verde/giallo e blu/viola ) in quanto eseguire il picking lungo l'involuppo a velocità più bassa fornisce maggiori garanzie di campionare velocità che appartengono al modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

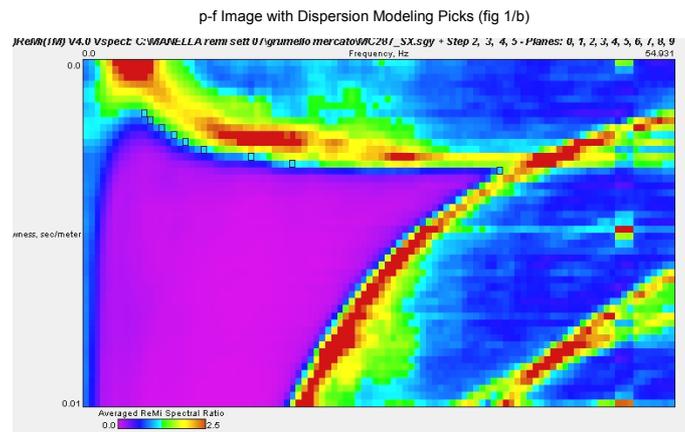
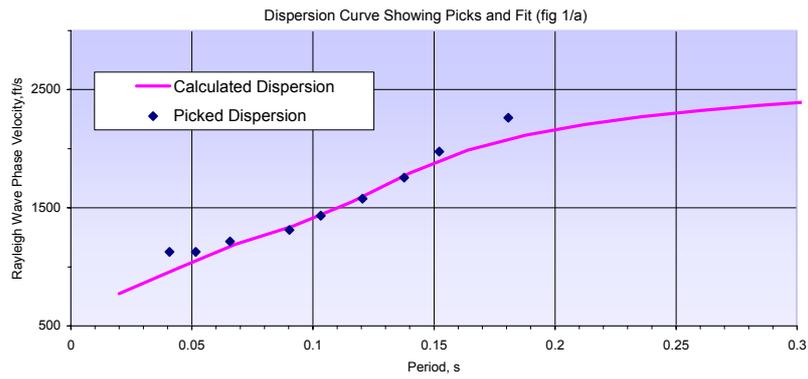
### Modellazione delle onde di taglio

I dati selezionati dall'immagine  $p$ - $f$  sono stati plottati su un diagramma nel quale compare una curva di distorsione ( fig. 1/a ) calcolata a partire da un modello di  $V_s$  che è modificabile dall'interprete. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di distorsione calcolata viene adattata fino a farla aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking. Si tratta di una modellazione diretta, monodimensionale, che può accettare inversioni di velocità con la profondità ed in cui conta molto l'esperienza del geofisico. Si ricorda, infine, che i profili di  $V_s$  ricavati con il metodo ReMi non presentano una soluzione univoca in quanto più di un modello può fornire curve di dispersione simili tra loro e con il medesimo RMS; pertanto è fondamentale avere delle conoscenze dirette sulla stratigrafia del sottosuolo indagato.

Supportive Illustration - ReMi 1



## Supportive Illustration - ReMi 2



## Modello diretto

Nella fig. 2 "Vs model" viene diagrammato l'andamento delle onde di taglio e di compressione secondo un rapporto profondità/velocità. In questo modo è possibile ricostruire un modello del terreno che, sostanzialmente, si traduce in una successione stratigrafica.

L'analisi del sottosuolo mediante le tecniche che utilizzano le onde di superficie consente di evidenziare, (dove presenti) al contrario di quanto avviene con la rifrazione le inversioni di velocità consentendo così di esacerbare situazioni anomale e delicate dal punto di vista prettamente geotecnica (strati più lenti al di sotto di strati più veloci e quindi ad elevata rigidità).

### Remi 1

	Density	Shear/Compression Velocities		
1.777 m	2.0 g/cc	417.226 m/s	722.635 m/s	ratio: 1.732
	2.0 g/cc	521.365 m/s	903.004 m/s	ratio: 1.732
19.233 m	2.0 g/cc	1074.944 m/s	1861.803 m/s	ratio: 1.732
	2.0 g/cc			
27.596 m	2.0 g/cc			
30.0 m	2.0 g/cc	1250.336 m/s	2165.581 m/s	ratio: 1.732

### Remi 2

	Density	Shear/Compression Velocities		
1.657 m	2.0 g/cc	222.107 m/s	384.69 m/s	ratio: 1.732
	2.947 g/cc	348.657 m/s	603.874 m/s	ratio: 1.732
8.547 m	2.0 g/cc	449.897 m/s	779.221 m/s	ratio: 1.732
	2.0 g/cc			
18.488 m	2.0 g/cc	323.347 m/s	560.037 m/s	ratio: 1.732
27.209 m	2.0 g/cc			
30.0 m	2.0 g/cc	379.029 m/s	656.478 m/s	ratio: 1.732

Osservando i modelli diretti appare evidente la presenza di orizzonti con elevato grado di addensamento nell'ambito dell'allineamento sismico n°1. In particolare, a partire da una profondità di 20 metri, dovrebbero attestarsi materiali cementati ( conglomerato ). Relativamente, invece, all'allineamento sismico n°2 è da escludere la presenza di spessori considerevoli di questi materiali che, invece, come testimoniato dalla stratigrafia, si presentano sottoforma di intercalazioni

Dai calcoli al paragrafo successivo, le Vs risultano più elevate nella base n°1 rispetto alla base n°2

## CALCOLO DELLE “ $V_{s30}$ ” ( velocità di taglio nell’ambito dei primi trenta metri di sottosuolo )

L’applicazione del software SeisOpt ReMi Version 3.0 consente di calcolare attraverso la determinazione della “Dispersion Curve” , il valore delle velocità di taglio ( Vs ) nell’ambito dei primi 30 o più metri investigati. Sulla base di quanto sopra esposto, si è provveduto al calcolo delle  $V_{s30}$  mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove :

$h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo

$V_i$  = velocità delle onde di taglio ( per deformazioni di taglio  $g < 10^{-6}$  ) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo

N = numero strati nell’ambito dei primi 30 metri di sottosuolo

Dallo sviluppo del calcolo si ottiene un valore di  $V_{s30}$  pari a :

**632 m/s** ReMi 1

**358 m/s** ReMi 2

L’Ordinanza n° 3274 del marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri: “ **Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica** ” aggiorna la normativa sismica in vigore, con l’attribuzione alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento espresso in termini di incremento dell’accelerazione al suolo.

Inoltre tale Ordinanza propone l’adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque categorie principali ( dalla A alla E ), a cui ne sono aggiunte altre 2 (  $S_1$  e  $S_2$  per le quali sono richiesti studi speciali per definire l’azione sismica da considerare), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (  $V_{s30}$  ).

Le classi di cui sopra sono definite da parametri indicati nel EC8 ( euro codice 8 ) e più specificatamente : velocità delle onde S, numero dei colpi della prova SPT, coesione non drenata.

Il valore delle  $V_{s30}$  calcolato precedentemente corrisponde rispettivamente alla **classe B** ( ReMi n°1 ) e alla **classe C** ( ReMi n°2 ).

Le caratteristiche più salienti sono:

**CLASSE B** “*Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti*” con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 – 800 m/s ( ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).

**CLASSE C:** “ *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media rigidità* “ con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, con valore di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (  $15 < NSPT < 50$  )



A handwritten signature in blue ink is written over a circular stamp. The stamp is light blue and contains the text: "PROGEA CONSULTING S.p.A.", "Il legale rappresentante", and "Dr. Ceresoli G.". The signature is written in a cursive style.