

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

## **RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE**

**COMMITTENTE:** Comune di Bolgare

**LOCALITÀ:** Bolgare, Provincia di Bergamo

**DATA:** Febbraio 2007

**RELATORE**

Dott. Geol. Alberto Manella

## INDICE

<b>1 – PREMESSA</b> .....	Pag	2
<b>2 – METODOLOGIA APPLICATA</b> .....	»	3
2.1 – Fase di analisi .....	»	3
2.2 – Fase di sintesi / valutazione .....	»	6
2.3 – Fase di proposta .....	»	6
<b>3 – ELEMENTI GEOGNOSTICI E MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO</b> .....	»	7
3.1 – Elementi geognostici .....	»	7
3.2 – Modello geologico del sottosuolo .....	»	8
<b>4 – PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b> .....	»	9
4.1 – Primo livello di approfondimento .....	»	10
4.2 – Secondo livello di approfondimento .....	»	10
<b>5 – VINCOLI AMBIENTALI</b> .....	»	12
5.1 – Vincolo di polizia idraulica .....	»	12
5.2 – Area di rispetto e di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile .....	»	13
5.3 – Vincolo paesaggistico .....	»	14
5.4 – Vincolo cimiteriale .....	»	14
5.5 – Vincolo PAI .....	»	14
<b>6 – FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO</b> .....	»	14
<b>7 – NORME GEOLOGICHE DI PIANO</b> .....	»	15
Art. 1 – Classe di fattibilità 1 .....	»	16
Art. 2 – Classe di fattibilità 2 .....	»	16
Art. 3 – Classe di fattibilità 3 .....	»	17
Art. 4 – Classe di fattibilità 4 .....	»	19
Art. 5 – Aree in dissesto idraulico ed idrogeologico ai sensi del PAI .....	»	24
Art. 6 – Zone di protezione delle captazioni ad uso idropotabile .....	»	26
Art. 7 – Studi di approfondimento dello strumento geologico comunale ..	»	27
Art. 8 – Norme per le aree soggette ad amplificazione sismica locale .....	»	27
<b>8 – ALLEGATI</b> .....	»	28
8.1 – Allegati alla relazione geologica generale .....	»	28
8.2 – Cartografia tematica .....	»	28

## **1 - PREMESSA**

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

Il Comune di Bolgare 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. 06-08-1998 n. 6/37918. In seguito sono state apportate le modifiche proposte dalla Regione Lombardia, quelle inerenti lo studio di approfondimento idraulico di un tratto del fiume Cherio e quelle riguardanti la redazione della Carta del Dissesto con legenda uniformata PAI. Tutti i percorsi amministrativi ed autorizzativi sono stati ultimati con esito positivo e quindi allo stato attuale il Comune di Bolgare 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 Bolgare intende procedere 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 Bolgare.

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 stabile 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 Bolgare, trattandosi di un'area completamente pianeggiante e priva di scarpate di altezza superiore a 10 m, gli effetti di possibile amplificazione sismica sono connessi con la sola presenza nel sottosuolo di livelli stratigrafici di scarsa qualità geotecnica, 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

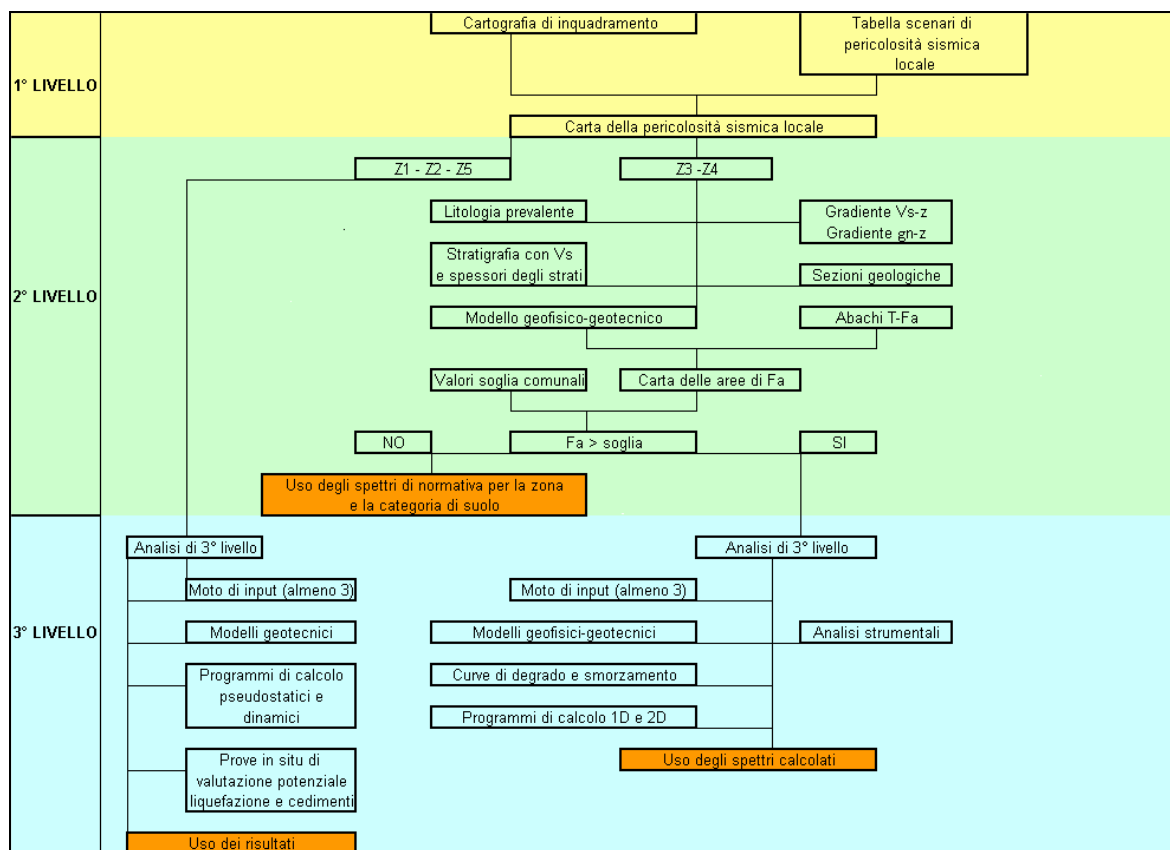
<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, 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 Bolgare 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. Alle classi di fattibilità sono inoltre stati sovrapposti gli ambiti soggetti a possibile amplificazione sismica locale, pur non concorrendo questi ultimi a definire la classe di fattibilità assegnata, ma interessati da una specifica normativa connessa alle 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 1:5.000. Non è stata adottata la scala 1:2.000 in quanto il rilievo aerofotogrammetrico di dettaglio copre la sola porzione territoriale del centro abitato.

Le carte prodotte sono le seguenti:

- Carta degli elementi geognostici in scala 1:10.000 sulla CTR
- Carta della Pericolosità Sismica Locale in scala 1:5.000 sul rilievo aerofotogrammetrico
- 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 1:5.000 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 Bolgare è interamente occupato da aree pianeggianti, prive di variazioni morfologiche di entità tale da determinare scenari di pericolosità connessi con zone di ciglio di scarpata e/o zone di cresta rocciosa; vi sono invece scenari riguardanti le proprietà geotecniche dei terreni quaternari di copertura superficiale e le zone di contatto fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

#### 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:

- dati tecnici inerenti i **pozzi per acqua** (profondità compresa fra 53.0 e 118.4 m)
- stratigrafie di **sondaggi meccanici a carotaggio continuo** (profondità compresa fra 15.0 e 30.0 m)
- diagrammi di **prove penetrometriche dinamiche continue** (profondità compresa fra 6.0 e 7.5 m)
- 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 cimitero e quindi all'interno del centro abitato, 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 Bolgare si trova in un contesto pianeggiante caratterizzato da depositi quaternari fluvio-glaciali ed alluvionali identificati da sedimenti ghiaioso-sabbiosi generalmente con strato di alterazione superficiale molto ridotto. Limitatamente ad alcune aree ben circoscritte sono stati eseguiti in passato scavi di sbancamento con riporto di materiale terroso misto, dove per circa 10 m il sottosuolo si differenzia nettamente dalle zone circostanti. Pertanto le caratteristiche distintive dei modelli geologici che rappresentano il territorio di Bolgare sono le seguenti:

#### MODELLO GEOLOGICO DELLE AREE NATURALI

Strato	Profondità (m)	Litologia	Angolo di attrito	Velocità delle onde sismiche trasversali (m/s)
1	0.0-8.0	Ghiaia e sabbia limose	25°-32°	400
2	8.0-13.0	Limo argilloso ghiaioso-sabbioso	24°-28°	900
3	13.0-27.0	Ghiaia e sabbia limose	30°-35°	510
4	27.0-30.0	Ghiaia e sabbia limose	35°-40°	760

#### MODELLO GEOLOGICO DELLE AREE DI DISCARICA

Strato	Profondità (m)	Litologia	Angolo di attrito	Velocità delle onde sismiche trasversali (m/s)
1	0.0-10.0	Limo argilloso ghiaioso-sabbioso di riporto	20°-25°	200
2	10.0-13.0	Limo argilloso ghiaioso-sabbioso	24°-28°	900

3	13.0-27.0	Ghiaia e sabbia limose	30°-35°	510
4	27.0-30.0	Ghiaia e sabbia limose	35°-40°	760

Per quanto riguarda lo strato superficiale del modello geologico delle aree di discarica va detto che la velocità delle onde sismiche trasversali è stata ipotizzata in relazione alle proprietà litologiche ed alla presumibile scarsa qualità geotecnica del terreno. 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 al terreno di riporto ed 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.

<b>Dati</b>	<b>Attendibilità</b>	<b>Tipologia</b>
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.

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 Bolgare hanno permesso la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale, allegata in scala 1:5.000 sulla base del rilievo aerofogrammetrico.

Gli scenari individuati sono i seguenti:

- **Z2** - Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti; nella fattispecie si tratta di aree interessate in passato da escavazione di sabbia e ghiaia con riporto di materiale di incerta qualità meccanica. Le aree identificate sono estremamente circoscritte e limitate a quattro settori posti nella porzione settentrionale del centro abitato; qui vi sono le condizioni per attendere cedimenti particolari dovuti al ridotto grado di addensamento del terreno riportato.
- **Z4a** - Zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi; rappresentano l'intero territorio comunale pianeggiante, occupato dalla pianura fluvio-glaciale e dalla fascia alluvionale distribuita lungo il fiume Cherio. In relazione alle proprietà geotecniche e geofisiche dei materiali geologici è possibile l'insorgenza di fenomeni di amplificazione sismica.
- **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 Bolgare 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. L'approfondimento ha riguardato le aree di pianura, distinte in zone naturali e zone di discarica, caratterizzate da terreni di differenti proprietà litostratigrafiche, geotecniche e geofisiche. 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 necessario per verificare la possibile amplificazione sismica connessa con gli effetti litologici delle due zone identificate. In relazione ai parametri geologici e geotecnici sono state individuate le litologie prevalenti per il sottosuolo di Bolgare, impiegando per le analisi quantitative la **scheda litologia ghiaiosa** per l'area di pianura naturale e la **scheda litologia limoso-sabbiosa tipo 2** per l'area di discarica. 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 $F_a$
Area di pianura naturale	0,21 s	0,1-0,5 s	1,3
Area di pianura naturale	0,21 s	0,5-1,5 s	1,1
Area di discarica	0,28 s	0,1-0,5 s	2,2
Area di discarica	0,28 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 Fa 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 Bolgare appartiene alle categorie B e C, desunte impiegando rispettivamente le velocità Vs e la resistenza penetrometrica, sono stati confrontati i valori di Fa ottenuti con il parametro proposto dalla Regione, accertando che la normativa nazionale risulta inadeguata per le aree di scarica assumendo un periodo di oscillazione nell'intervallo 0.1-0.5 s. Pertanto in questo caso sarà indispensabile effettuare in fase di progettazione il terzo livello di approfondimento, per tenere conto dei reali effetti di amplificazione sismica.

## **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 Bolgare, 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 Bolgare 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
Fiume Cherio	Principale	Oltre 10 m	Si	Aipo
Torrente Zerra	Principale	10 m	Si	Regione Lombardia
Roggia Conta	Minore	5 m	No	Consorzio MPB
Roggia Bolgare	Minore	5 m	No	Consorzio MPB
Roggia Patera	Minore	5 m	No	Consorzio MPB
Roggia Contino	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. Il pozzo in via Italia possiede una perimetrazione geometrica circolare, mentre quello in via Europa è stato oggetto di una riperimetrazione mediante criterio cronologico.

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 paesaggistico

Il vincolo paesaggistico è riferito al D.Lgs. 22-01-2004 n. 42, che ha raccolto tutte le normative di tutela ambientale precedenti in un testo unico, istituendo in particolare l'ampiezza della fascia di rispetto da applicare ad alcuni ambiti territoriali fra i quali i corsi d'acqua, i laghi ed i boschi. La D.G.R. 25/07/1986, n. 4/12028, che individua i corsi d'acqua pubblici per i quali si applica il vincolo paesaggistico, stabilisce che in territorio di Bolgare sono presenti due elementi idrografici vincolati: il fiume Cherio ed il torrente

Zerra, quest'ultimo situato sul confine con il comune di Calcinate, ma con fascia di tutela sviluppata anche su Bolgare. Pertanto l'area soggetta al vincolo ai sensi dell'art. 142 comma 1 lettera c riguarda la zona compresa entro la distanza di 150 m dal corso d'acqua, per la quale gli interventi edilizi dovranno essere esaminati da apposite commissioni ambientali per il rilascio dell'autorizzazione paesistica.

#### **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 Bolgare è presente un'unica area cimiteriale la cui superficie complessiva vincolata è pari a circa 28.000 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, non contiene perimetrazioni entro i confini comunali di Bolgare, tuttavia è stato proposto un aggiornamento da parte dell'Amministrazione Comunale su richiesta della Regione Lombardia, a seguito dello studio idraulico di dettaglio condotto lungo un tratto del fiume Cherio.

Utilizzando la legenda uniformata PAI sono state identificate aree a pericolosità molto elevata Ee, poste a ridosso del fiume in zone possibilmente soggette ad esondazioni ed erosioni concentrate, ed aree a pericolosità elevata Eb nella fascia di esondazione del fiume, sui terreni situati nella zona perifluviale.

## **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 1:5.000 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 i seguenti elementi:

1. 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;
2. le fasce di esondazione del fiume Cherio determinate mediante uno studio idraulico di approfondimento ai sensi della D.G.R. 29-10-2001 n. 7/6645;
3. le aree con fattore di amplificazione superiore al valore soglia comunale per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s.

Si precisa che lo studio per l'individuazione del reticolo idrico superficiale, lo studio idraulico di approfondimento del fiume Cherio e la ripermetrazione della fascia di rispetto del pozzo sono stati approvati dal Comune di Bolgare dopo l'ottenimento del parere favorevole per i primi due della Regione Lombardia e della Provincia di Bergamo per il restante.

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. In aggiunta sono state identificate 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 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 Bolgare, per la sua conformazione idrologica 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. La quasi totalità del territorio risulta compresa nella classe 2, per la quale nella fattispecie le limitazioni sono riferite alla qualità geotecnica dei terreni ed all'assetto geometrico delle acque sotterranee. In sostanza le problematiche geologiche connesse ad interventi costruttivi sono da attribuire alla possibilità di incontrare terreni che, seppure di buona qualità geotecnica, necessitano di approfondimenti geognostici per verificarne la compatibilità con le tensioni indotte dalle strutture in progetto ed all'elevata vulnerabilità degli acquiferi.

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

In questo caso la realizzazione di edifici residenziali, fabbricati industriali e manufatti deve essere preceduta da un'indagine geotecnica finalizzata all'acquisizione, mediante prove in sito e/o di laboratorio, dei parametri meccanici che caratterizzano il terreno ed alla valutazione della capacità portante e dei cedimenti della fondazione; la relazione geotecnica di corredo all'indagine geognostica dovrà contenere in dettaglio la descrizione delle elaborazioni effettuate e l'indicazione delle tecniche costruttive più idonee a garantire la stabilità strutturale dei manufatti.

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

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 di 18 mesi, 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 Bolgare, 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. Le aree inserite in

classe 3, trattate in dettaglio negli articoli seguenti, sono le fasce di esondazione del fiume Cherio associate a pericolosità moderata e le aree di scarica.

### **Art. 3.1 – Aree comprese nella fascia di esondazione del fiume Cherio**

Le zone soggette a rischio di esondazione identificate in classe 3 sono state ricostruite mediante studio idraulico di dettaglio ai sensi della D.G.R. 29-10-2001, n. 7/6645 ed occupano la porzione più esterna dell'area perfluviale raggiungibile dalla piena di riferimento. Per queste zone sono possibili interventi edificatori, ma tenendo conto delle consistenti limitazioni dovute alla possibilità di esondazione cui sono soggetti durante eventi di piena eccezionali. In tal caso dovranno essere adottati accorgimenti costruttivi volti a limitare il danneggiamento dei beni e delle strutture, a garantire la stabilità delle fondazioni ed a facilitare l'evacuazione delle persone e dei beni in concomitanza con un'inondazione.

Alcune delle misure che si potranno impiegare, da considerarsi un semplice riferimento tecnico, valido in linea generale, ma che potrà essere modificato caso per caso in rapporto alla specifica situazione dell'intervento da realizzare, vengono di seguito riportate sinteticamente.

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

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

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

- opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione; qualora il calcolo idraulico non consenta di differenziare il valore della velocità nelle diverse porzioni della sezione, il grafico viene letto in funzione della velocità media nella sezione. Si intende che le condizioni idrauliche così definite si mantengano invariate su tutto il tronco a cavallo della sezione;
- opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi.

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

- uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
  - vie di evacuazione situate sopra il livello della piena di riferimento.
- d) *Utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche*
- e) *Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua*

### **Art. 3.2 – Aree di discarica**

Si tratta delle zone localizzate e delimitate in specifici settori del territorio dove è stata eseguita in passato l'escavazione di materiale ghiaioso-sabbioso ed il riporto di rifiuti inerti di varia natura e tipologia. Qualsiasi tipo di trasformazione d'uso del suolo in queste aree dovrà essere preceduto da uno studio geotecnico e geochimico mirati a definire da un lato le proprietà litostratigrafiche e meccaniche del terreno, mediante prove in sito e sondaggi meccanici, dall'altro a stabilire la compatibilità della destinazione urbanistica con le condizioni di contaminazione del sottosuolo; il tutto consentirà di determinare eventuali operazioni di consolidamento per la costruzione delle fondazioni e di bonifica per l'eliminazione dei rischi esistenti per la salute umana.

### **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.

### **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 Bolgare identificate in classe 4 sono la fascia di esondazione a rischio elevato del fiume Cherio e la fascia di rispetto dei corsi d'acqua inseriti nel reticolo principale e minore.

#### **Art. 4.1 – Fascia di esondazione a rischio elevato del fiume Cherio**

Le porzioni di territorio per le quali è stato rilevato, mediante lo studio idraulico di approfondimento, un rischio elevato di esondazione del fiume Cherio sono escluse da qualsiasi nuova edificazione, secondo quanto riportato nell'art. 4. Le opere di sistemazione idraulica riguardanti l'alveo e/o le sponde, oltre che le aree perfluviali, potranno essere realizzate solo se concepite in un'ottica globale che permetta l'analisi della dinamica fluviale nel suo contesto complessivo, evitando di indurre dissesti idrogeologici su zone adiacenti.

Per gli edifici esistenti dovranno essere valutate caso per caso le condizioni di rischio, provvedendo ad eventuali interventi di protezione o messa in sicurezza.

#### **Art. 4.2 – Fascia di rispetto dei corsi d'acqua**

Le fasce di rispetto dei corsi d'acqua principali e minori sono state determinate sulla base di 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 il fiume Cherio l'ente gestore della polizia idraulica è l'Aipo, per il torrente Zerra la Regione Lombardia e per le rogge, appartenenti a reticolo minore, è il Consorzio della Media Pianura Bergamasca.

Le seguenti distanze di rispetto dal piede arginale esterno dei corsi d'acqua sono state definite con l'intento di garantire un margine sufficiente per i fenomeni di erosione ed esondazione, che si possono produrre in particolari circostanze di intense e prolungate precipitazioni meteoriche:

- 10 m ed oltre per tutto il Fiume Cherio (in funzione dell'andamento della fascia di esondazione)
- 10 m per il torrente Zerra
- 5 m per tutte le rogge.

##### **Art. 4.2.1 – Attività soggette ad autorizzazione idraulica**

Il territorio comunale di Bolgare non è interessato da aree perimetrare 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 (in caso di necessità e di diversa localizzazione le stesse potranno essere interrato)
- 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.

Per le aree perfluviali del fiume Cherio si dovranno rispettare anche le norme relative alle aree Ee ed Eb previste dallo studio idraulico di dettaglio, secondo quanto stabilito dall'Autorità di Bacino del fiume Po.

#### 4.2.2 – 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 movimenti di terra (questi ultimi possono essere comunque eseguiti sino a 4 m dall'argine)
- tombinatura dei corsi d'acqua ai sensi del D.Lgs 152/1999
- sradicamento degli alberi per una distanza di 10 m dalla quota di piena ordinaria e delle piantagioni sugli argini.

#### 4.2.3 – 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.

#### 4.2.4 – 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, previa proposta agli uffici competenti dell'amministrazione statale (Agenzia del Demanio).

Le richieste di **sdemanzializzazione** 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 sdemanzializzazione.

#### **4.2.5 – 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.

#### **4.2.6 – Concessioni e canoni**

Il Comune ed i consorzi per la rete idrica di propria competenza agiscono applicando le norme di polizia idraulica e rilasciando le autorizzazioni idrauliche e le rispettive concessioni di utilizzo dei beni del demanio, in caso di occupazione di area demaniale.

#### **4.2.7 – 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 alle norme descritte in precedenza si elencano una serie di ulteriori indirizzi, dedotti dai criteri di buona costruzione idraulica, 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, dotati di fascia di rispetto pari a 10 m, per la realizzazione di recinzioni saranno di 10 m qualora trattasi di opere in muratura che si elevano oltre il piano di campagna, di 4 m 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.

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

Il territorio di Bolgare non è stato interessato da perimetrazioni PAI, ma nell'ambito dello studio idraulico di approfondimento del fiume Cherio la Regione Lombardia ha richiesto il riconoscimento nella zona fluviale e perifluviale delle zone soggette a rischio idraulico ed 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 a rischio molto elevato Ee**

Con questa sigla sono state identificate le zone a ridosso del fiume Cherio, soggette a rimaneggiamento frequente del deposito alluvionale ed interessate da processi erosivi diretti. In sintesi si riporta l'elenco delle attività consentite nelle aree Ee:

- interventi di demolizione senza ricostruzione;
- interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici;
- interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume,

senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;

- interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente;
- ampliamento o ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa.

#### **Art. 5.2 – Aree a rischio elevato Eb**

Le aree individuate con rischio elevato appartengono alla classe 4, al di fuori della zona a ridosso dell'alveo del fiume Cherio, ed alla classe 3, laddove il rischio di esondazione valutato con lo studio di approfondimento è risultato moderato. In tali aree sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.

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

L'acquedotto comunale di Bolgare è alimentato da due pozzi pubblici, per i quali 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**

Le zone di tutela assoluta hanno estensione di almeno 10 m e devono essere adeguatamente protette ed adibite 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 via Italia è stata ricostruita con criterio geometrico, mentre quella del pozzo localizzato in via Europa è stata riperimetrata mediante il criterio cronologico. In entrambi i casi 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 dei due pozzi pubblici comunali, 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 allorché si desideri riprogettare ambiti soggetti a vincolo o declassare aree precedentemente inserite in classe 4 di fattibilità geologica.

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

#### **Art. 8 – Norme per le aree soggette ad amplificazione sismica locale**

Nella Carta di Fattibilità sono rappresentate le aree con fattore di amplificazione litologica superiore al valore soglia comunale, definito secondo i criteri descritti nel capitolo 4. In queste aree la normativa nazionale risulta inadeguata a rappresentare gli effetti locali per gli edifici caratterizzati da un periodo di oscillazione compreso nell'intervallo 0.1-0.5 s. Pertanto è indispensabile effettuare in fase di progettazione il terzo livello di approfondimento, secondo le direttive della D.G.R. 22-12-2005 n. 8/1566, per tenere conto dei reali effetti di amplificazione sismica.

I risultati delle analisi di terzo livello, corredate di opportune indagini geotecniche e geofisiche, 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 per acqua
- ◆ Sondaggi meccanici
- ◆ Diagrammi penetrometrici
- ◆ Schede degli effetti litologici
- ◆ Certificato indagine sismica 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 1:5.000
- ◆ Tav. 3 – Carta dei Vincoli Ambientali in scala 1:5.000
- ◆ Tav. 4 – Carta di fattibilità delle azioni di piano in scala 1:5.000
- ◆ Tav. 5 – Carta di fattibilità delle azioni di piano in scala 1:10.000

**COMUNE DI BOLGARE**

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

**ALLEGATO 1 - POZZI PER ACQUA**

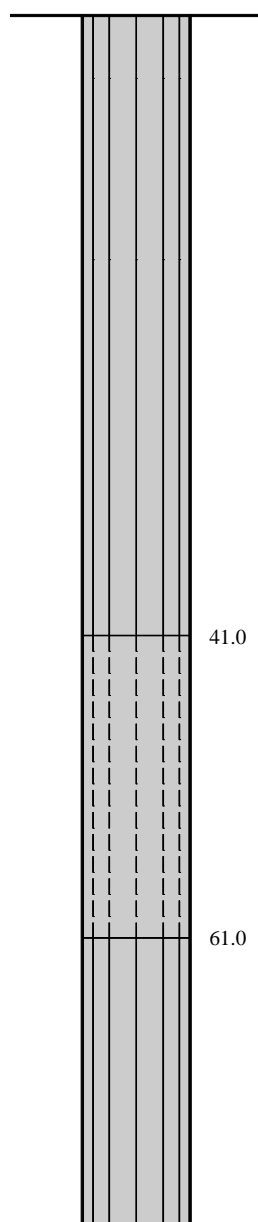
# COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

## POZZO IDRICO N. 1 (I parte)

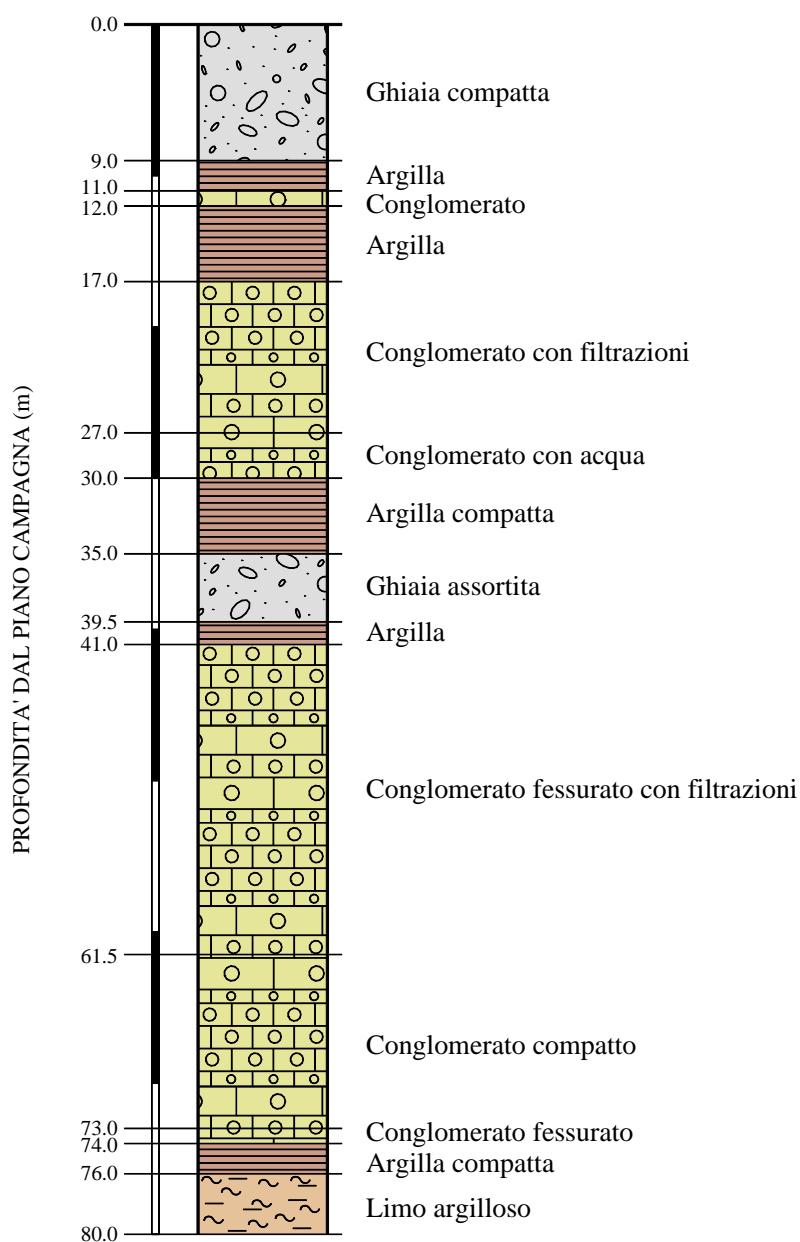
Proprietario <b>Comune di Bolgare</b>		Località <b>Via Europa</b>	Impresa e data di perforazione <b>Ipta - 1981</b>
Livello statico (m) = 27.0 Livello dinamico (m) = 40.0 Portata (l/s) = 25	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = 457 Lunghezza della colonna (m) = 108	Filtri (m) = 41-61 / 98-105 Impermeabilizzazione (m) = Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 210	

### STRUTTURA DEL POZZO



### STRATIGRAFIA

### DESCRIZIONE LITOLOGICA



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

# COMUNE DI BOLGARE

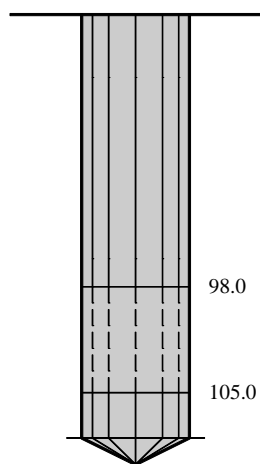
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

## POZZO IDRICO N. 1 (II parte)

Proprietario <b>Comune di Bolgare</b>	Località <b>Via Europa</b>	Impresa e data di perforazione <b>Ipta - 1981</b>
--	-------------------------------	--

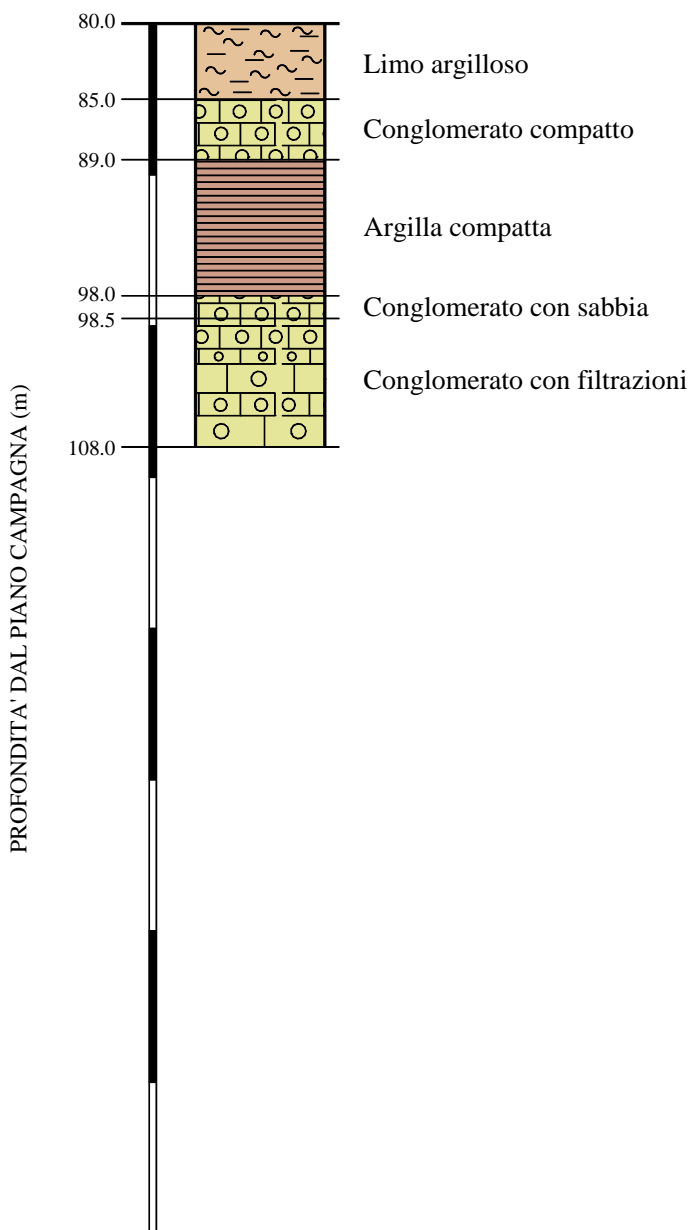
Livello statico (m) = 27.0 Livello dinamico (m) = 40.0 Portata (l/s) = 25	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = 457 Lunghezza della colonna (m) = 108	Filtri (m) = 41-61 / 98-105 Impermeabilizzazione (m) = Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 210
---	---	---

### STRUTTURA DEL POZZO



### STRATIGRAFIA

### DESCRIZIONE LITOLOGICA



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella



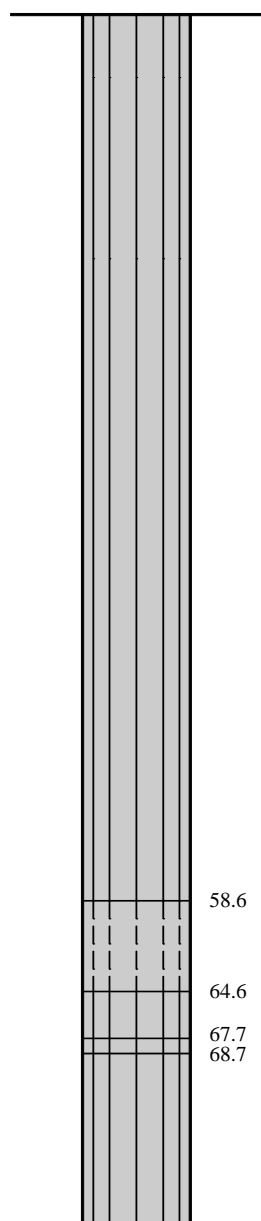
# COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

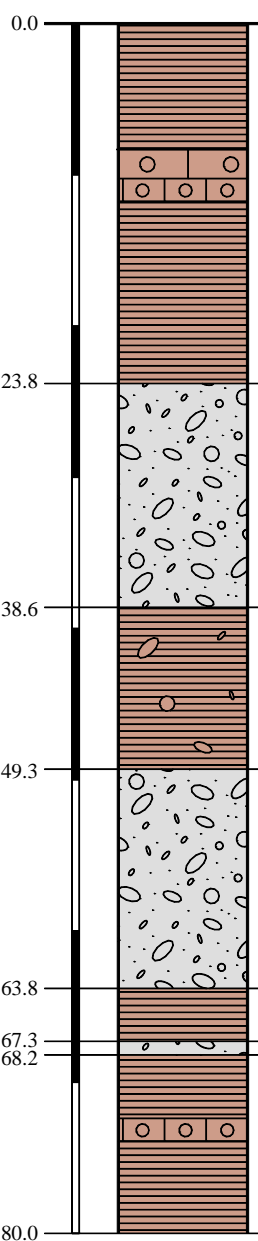
## POZZO IDRICO N. 2 (I parte)

Proprietario <b>Comune di Bolgare</b>	Località <b>Via Italia</b>	Impresa e data di perforazione <b>Vassalli - 1953</b>
Livello statico (m) = 36.0 Livello dinamico (m) = Portata (l/s) =	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = 270 Lunghezza della colonna (m) = 118.4	Filtri (m) = 59-65/68-69/90-104/113-117 Impermeabilizzazione (m) = Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 200

### STRUTTURA DEL POZZO



### STRATIGRAFIA



### DESCRIZIONE LITOLOGICA

Argilla con ghiaia con piccoli strati di conglomerato tenero

Ghiaia con sabbia leggermente acquifera

Argilla mista con ghiaia (acquifero)

Ghiaia con sabbia grossa compatta

Argilla varicolore con arenaria gialla

Ghiaia e sabbia compatta (acquifero)

Argilla con grossi strati di conglomerato tenero

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

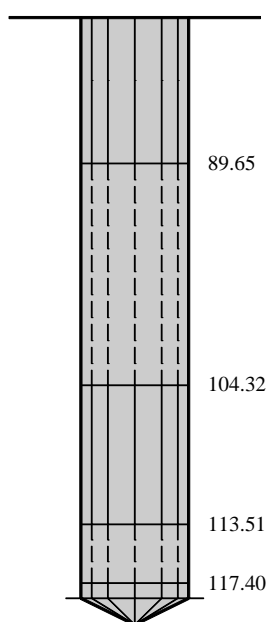
# COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

## POZZO IDRICO N. 2 (II parte)

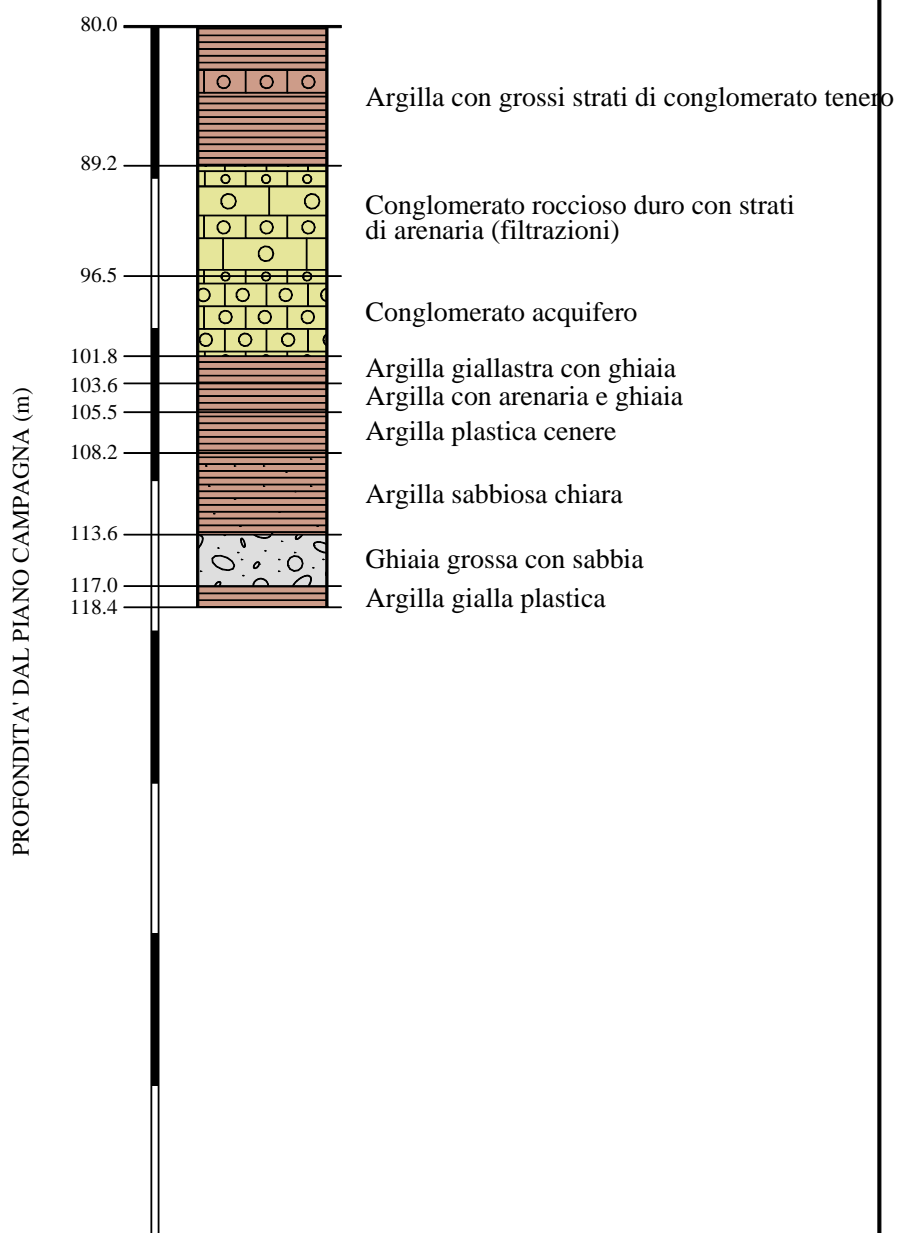
Proprietario <b>Comune di Bolgare</b>	Località <b>Via Italia</b>	Impresa e data di perforazione <b>Vassalli - 1953</b>
Livello statico (m) = 36.0 Livello dinamico (m) = Portata (l/s) =	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = 270 Lunghezza della colonna (m) = 118.4	Filtri (m) = 59-65/68-69/90-104/113-117 Impermeabilizzazione (m) = Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 200

### STRUTTURA DEL POZZO



### STRATIGRAFIA

### DESCRIZIONE LITOLOGICA



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

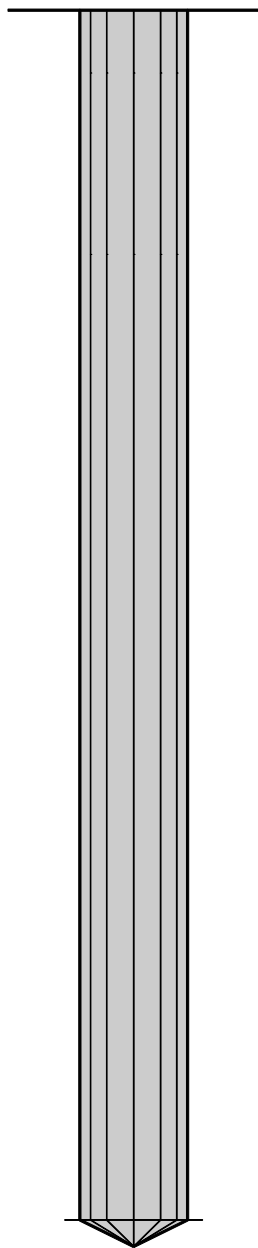
## COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### POZZO IDRICO N. 3

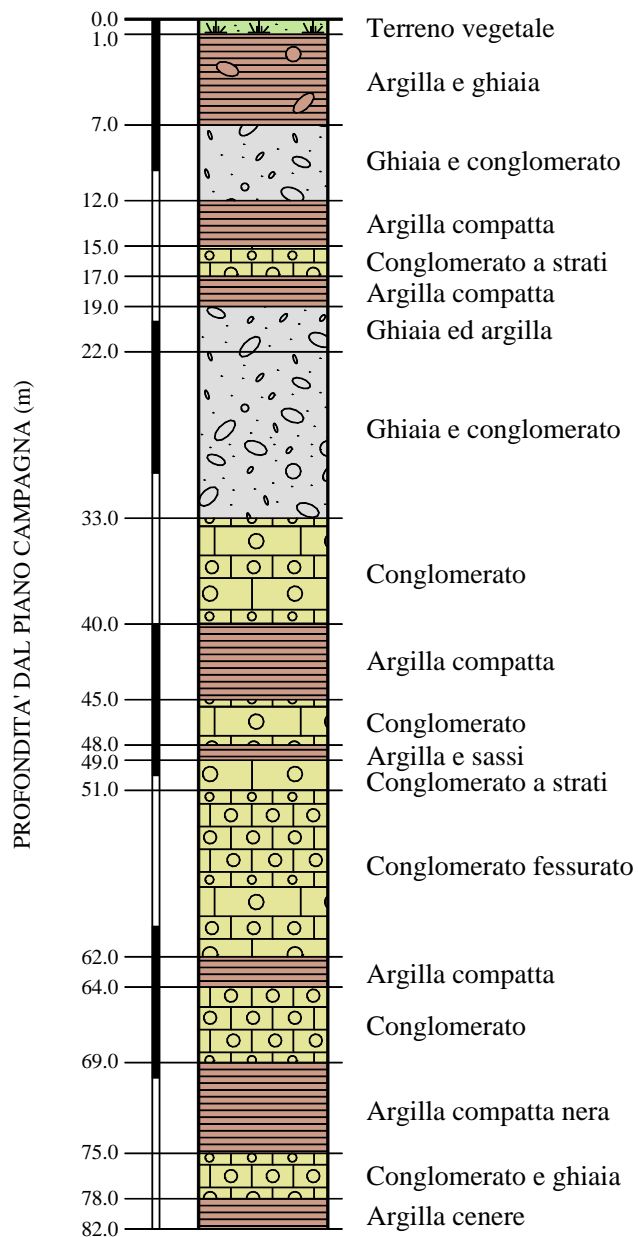
Proprietario <b>Planet Filters S.p.A.</b>	Località <b>Via San Chierico</b>	Impresa e data di perforazione <b>Della Torre - 1966</b>
Livello statico (m) = 14.0 Livello dinamico (m) = 45.0 Portata (l/s) = 9.0	Diametro di perforazione (mm) = Diametro della colonna (mm) = 300 Lunghezza della colonna (m) = 82.0	Filtri (m) = Impermeabilizzazione (m) = Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 204

#### STRUTTURA DEL POZZO



#### STRATIGRAFIA

#### DESCRIZIONE LITOLOGICA



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

**Dott. Geol. Alberto Manella**

# COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

## POZZO IDRICO N. 4

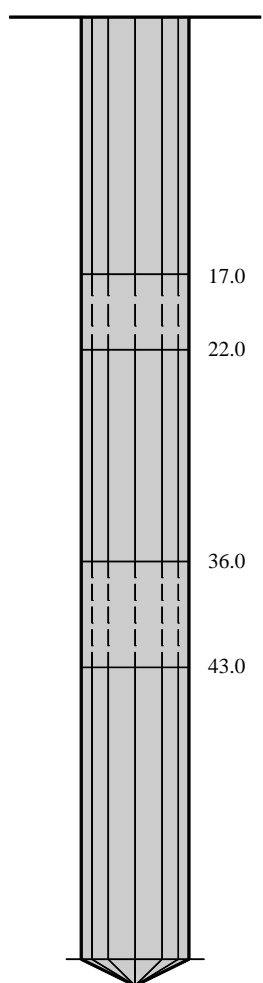
Proprietario <b>Rota Cavi S.p.A.</b>	Località <b>Via Francesca</b>	Impresa e data di perforazione <b>Bonfanti - 1978</b>
---	----------------------------------	--

Livello statico (m) = 32.4  
Livello dinamico (m) =  
Portata (l/s) = 4.0

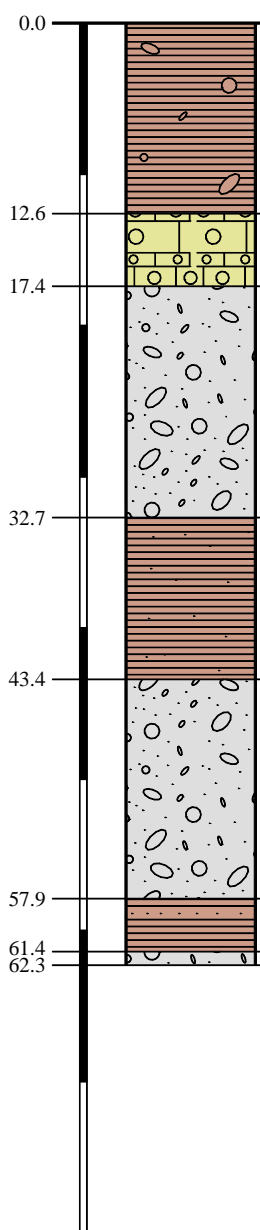
Diametro di perforazione (mm) =  
Diametro della colonna (mm) = 400  
Lunghezza della colonna (m) = 62.3

Filtri (m) = 17-22 / 36-43  
Impermeabilizzazione (m) =  
Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 193

### STRUTTURA DEL POZZO



### STRATIGRAFIA



### DESCRIZIONE LITOLOGICA

Argilla con ghiaia e piccoli strati di conglomerato

Conglomerato duro e strati di arenaria

Ghiaia con sabbia leggermente acquifera

Argilla mista con sabbia (acquifero)

Ghiaia con sabbia grossa compatta (acquifero)

Argilla varicolori con arenaria gialla

Ghiaia e sabbia compatte (acquifero)

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

**Dott. Geol. Alberto Manella**

# COMUNE DI BOLGARE

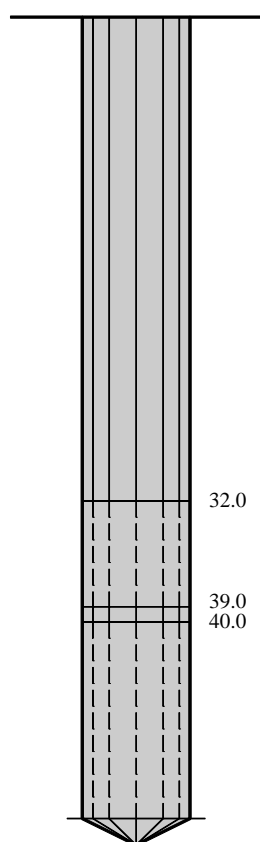
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

## POZZO IDRICO N. 5

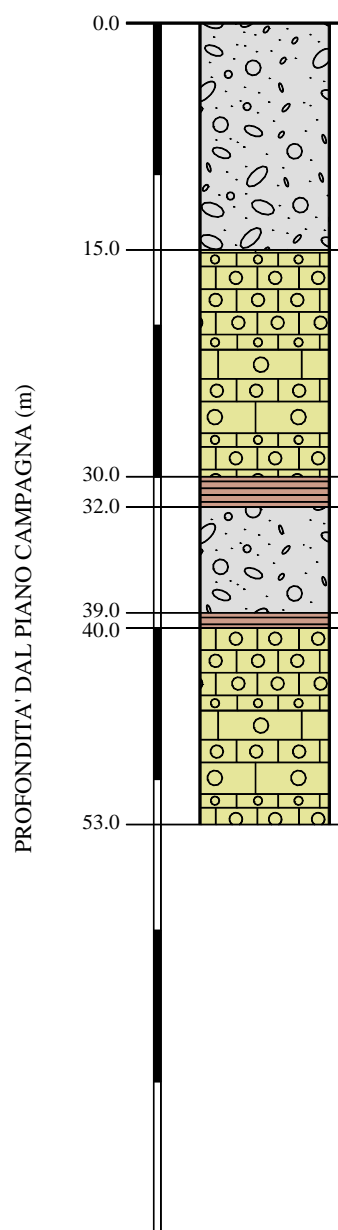
Proprietario <b>Sig.ra Nicoli Olga</b>	Località <b>Via Tezza</b>	Impresa e data di perforazione -
---	------------------------------	-------------------------------------

Livello statico (m) = 22.0 Livello dinamico (m) = Portata (l/s) = 3.0	Diametro di perforazione (mm) = 127 Diametro della colonna (mm) = 102 Lunghezza della colonna (m) = 53.0	Filtri (m) = 32-39 / 40-53 Impermeabilizzazione (m) = Quota bocca pozzo (m s.l.m.) = 180
---	--	--

### STRUTTURA DEL POZZO



### STRATIGRAFIA



### DESCRIZIONE LITOLOGICA

Ghiaie sabbiose con intercalazioni argillose

Conglomerato fessurato

Argilla

Ghiaie e ghiaie sabbiose

Argilla

Conglomerato

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

**COMUNE DI BOLGARE**

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

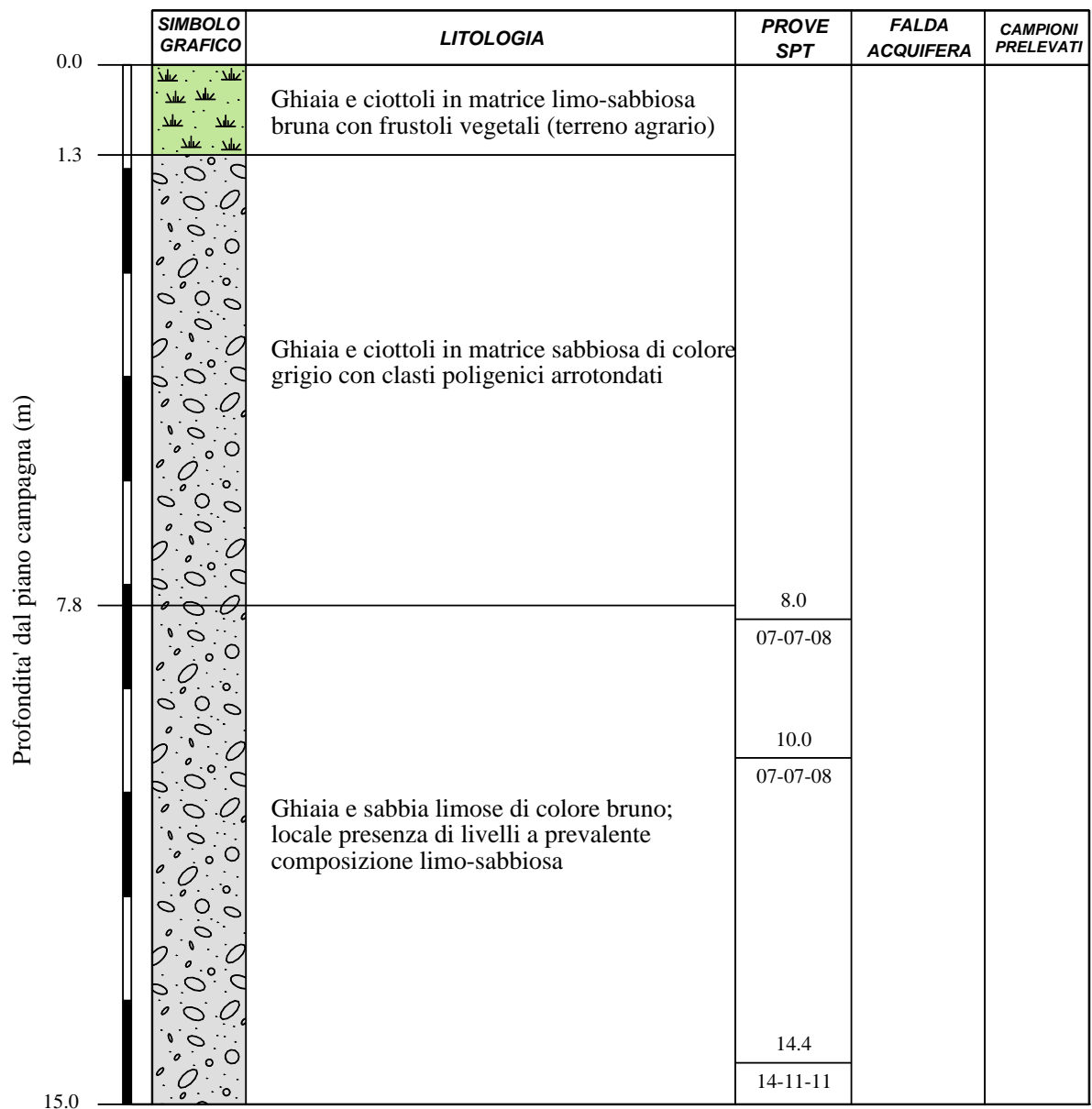
**ALLEGATO 2 - SONDAGGI MECCANICI**

## COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### SONDAGGIO MECCANICO N. 1 (I parte)

Tipo di perforazione = rotazione Diametro del foro (mm) = 101 Diametro del rivestimento (mm) = 127	Profondità del rivestimento (m) = Campioni prelevati = Fluido di perforazione =	Quota piano campagna (m s.l.m.) = 180 Lunghezza sondaggio (m) = 30.0 Profondità falda (m) = 26.7
--	---	--



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

## COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### SONDAGGIO MECCANICO N. 1 (II parte)

Tipo di perforazione = rotazione

Diametro del foro (mm) = 101

Diametro del rivestimento (mm) = 127

Profondità del rivestimento (m) =

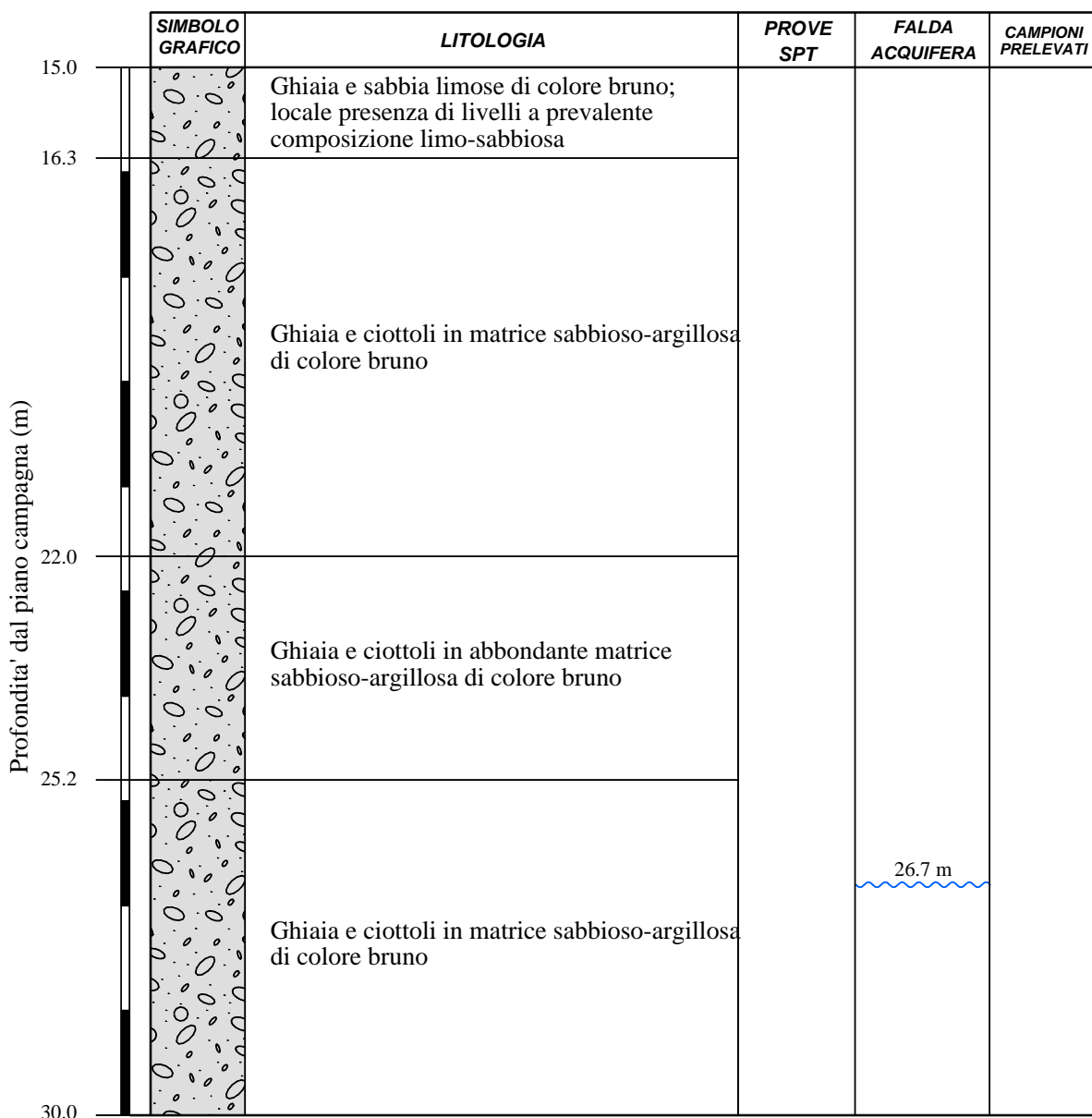
Campioni prelevati =

Fluido di perforazione =

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 180

Lunghezza sondaggio (m) = 30.0

Profondità falda (m) = 26.7



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

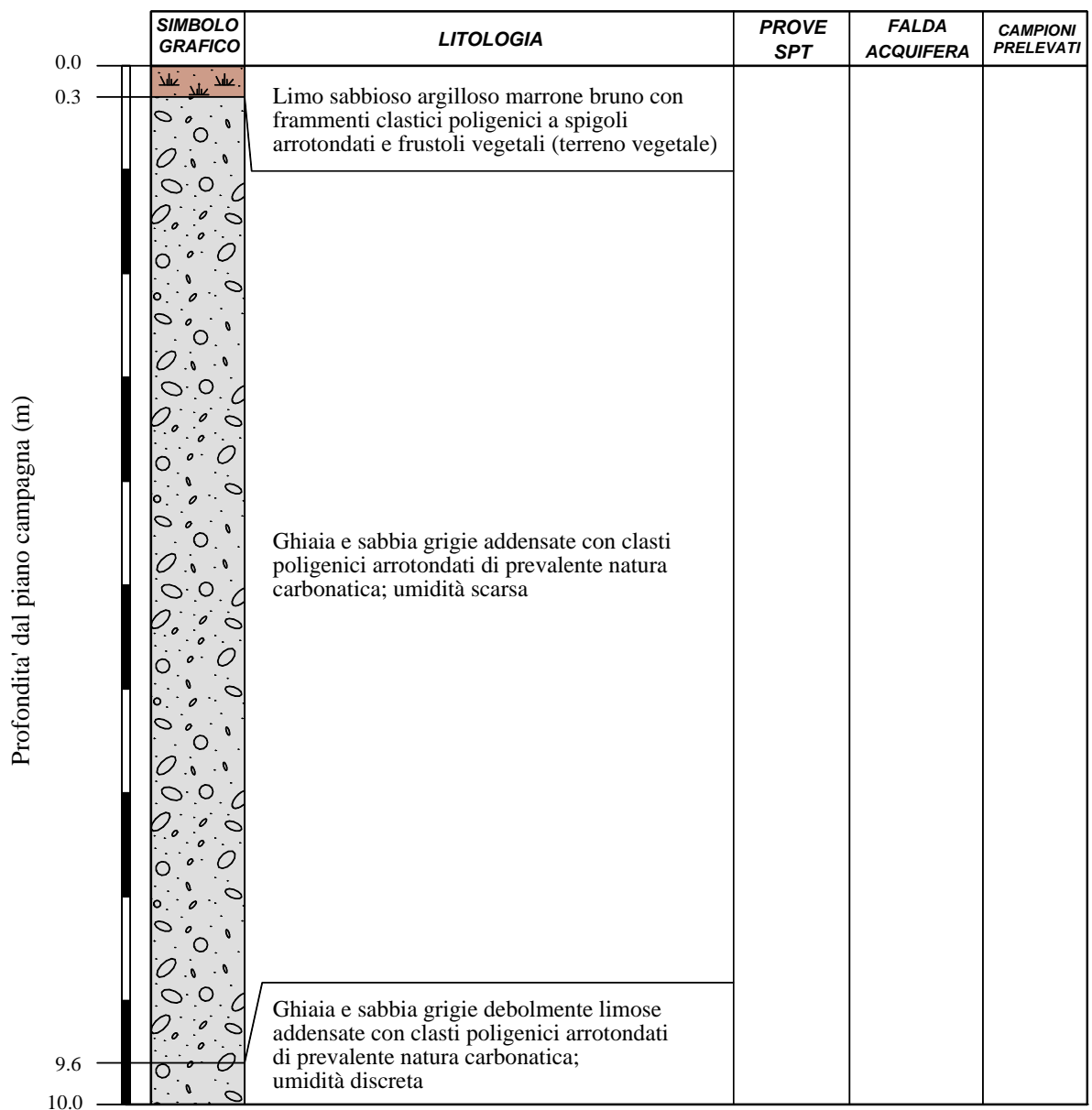


## COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### SONDAGGIO MECCANICO N. 2 (I parte)

Tipo di perforazione = rotazione	Profondità del rivestimento (m) = 15.0	Quota piano campagna (m s.l.m.) = 190
Diametro del foro (mm) = 101	Campioni prelevati =	Lunghezza sondaggio (m) = 20.0
Diametro del rivestimento (mm) = 127	Fluido di perforazione =	Profondità falda (m) =



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

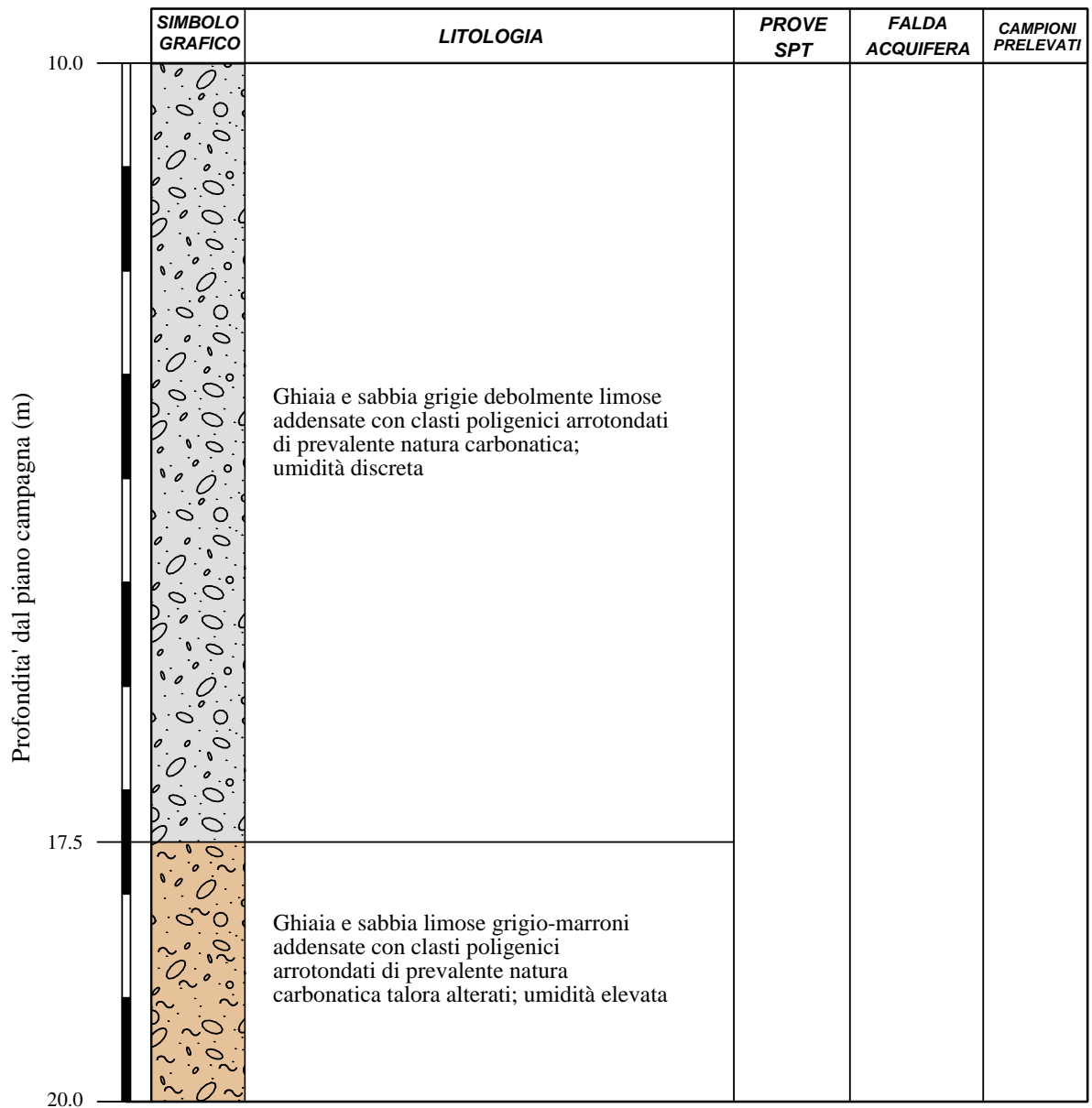
Dott. Geol. Alberto Manella

## COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### SONDAGGIO MECCANICO N. 2 (II parte)

Tipo di perforazione = rotazione	Profondità del rivestimento (m) = 15.0	Quota piano campagna (m s.l.m.) = 190
Diametro del foro (mm) = 101	Campioni prelevati =	Lunghezza sondaggio (m) = 20.0
Diametro del rivestimento (mm) = 127	Fluido di perforazione =	Profondità falda (m) =



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

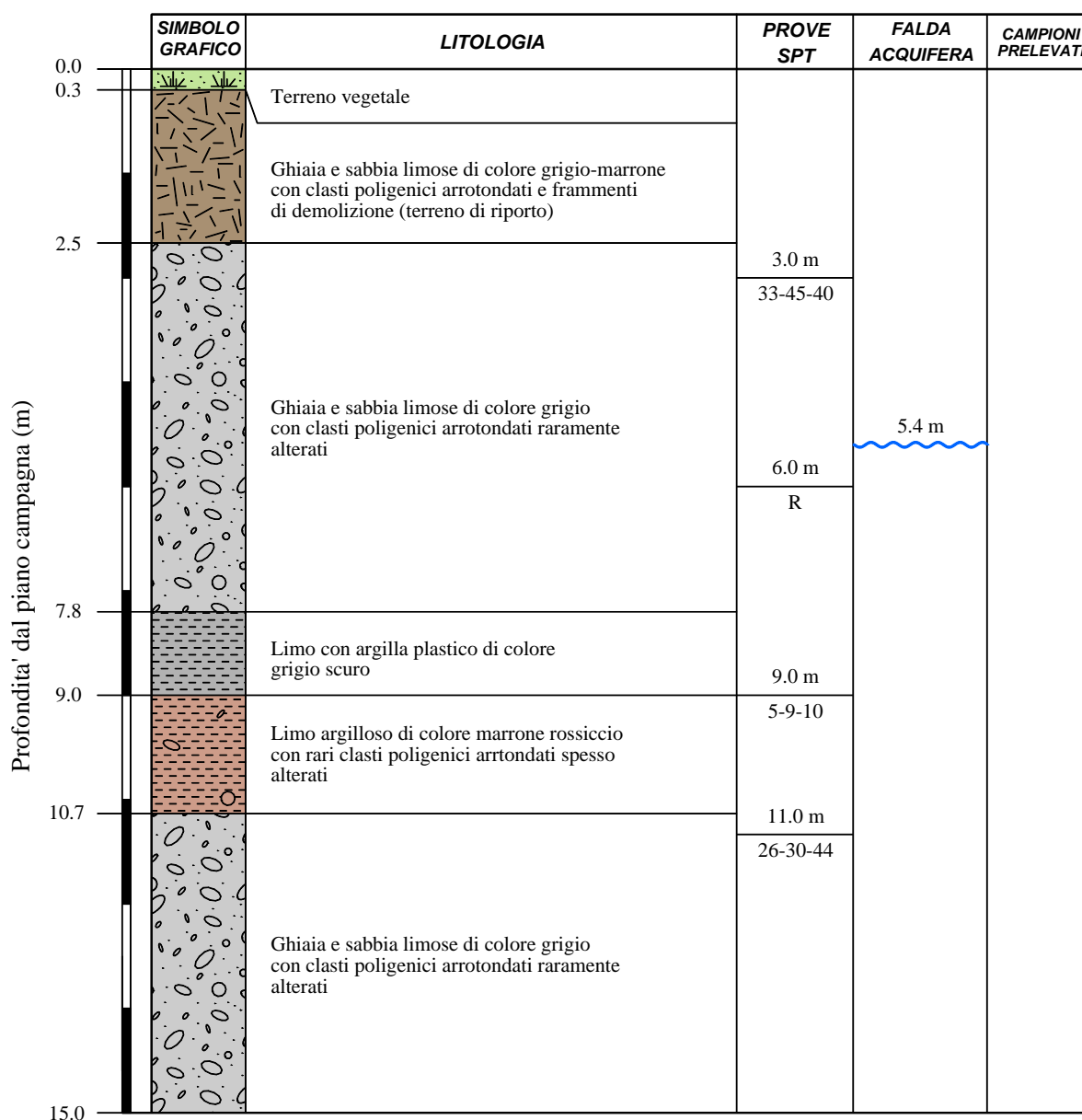
Dott. Geol. Alberto Manella

## COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### SONDAGGIO MECCANICO N. 3

Tipo di perforazione = rotazione	Profondità del rivestimento (m) = 9.0	Quota piano campagna (m s.l.m.) = 197
Diametro del foro (mm) = 101	Campioni prelevati =	Lunghezza sondaggio (m) = 15.0
Diametro del rivestimento (mm) = 127	Fluido di perforazione =	Profondità falda (m) = 5.4



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

**COMUNE DI BOLGARE**

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

**ALLEGATO 3 - DIAGRAMMI PENETROMETRICI**

## COMUNE DI BOLGARE

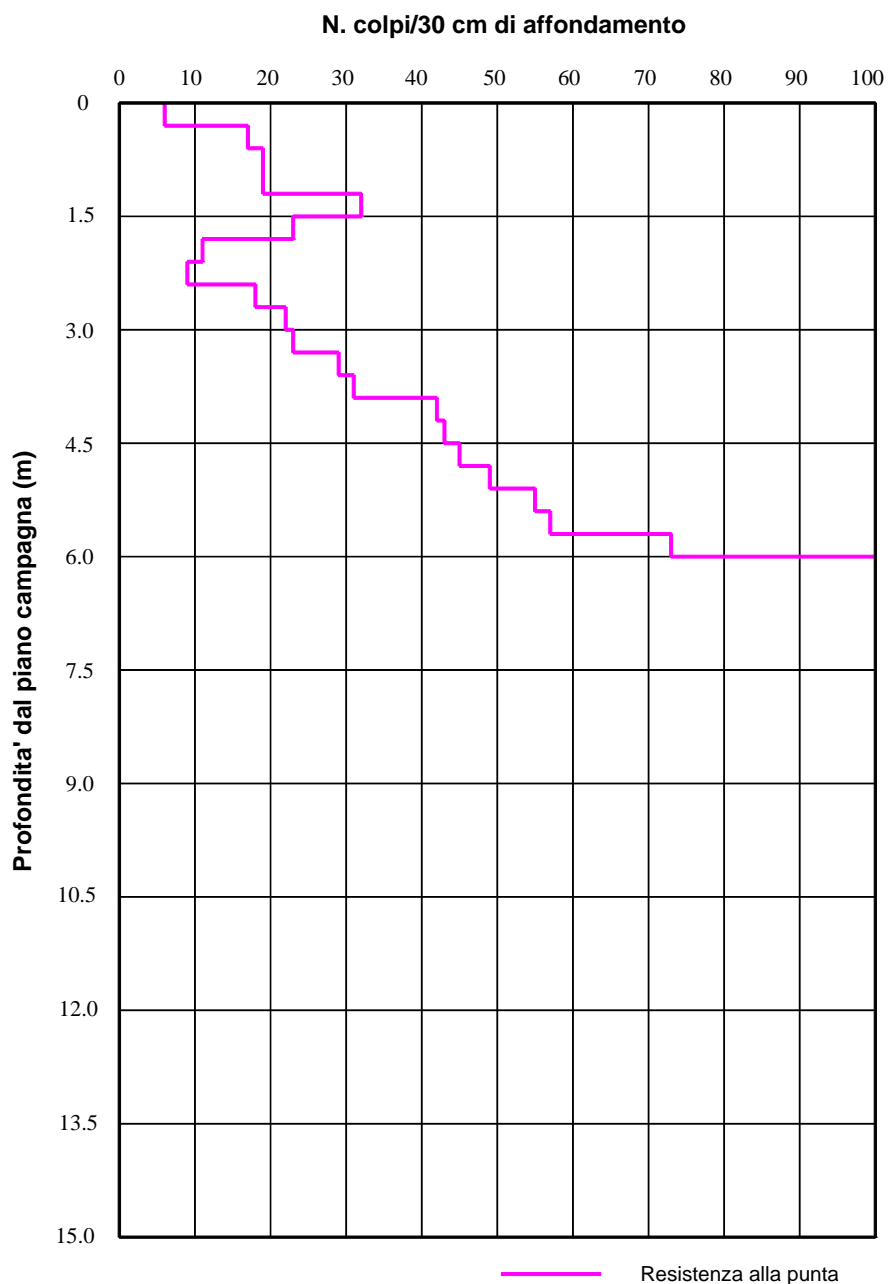
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### DIAGRAMMA PENETROMETRICO 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

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 200  
Lunghezza prova (m) = 6.0  
Profondità falda (m) =



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

## COMUNE DI BOLGARE

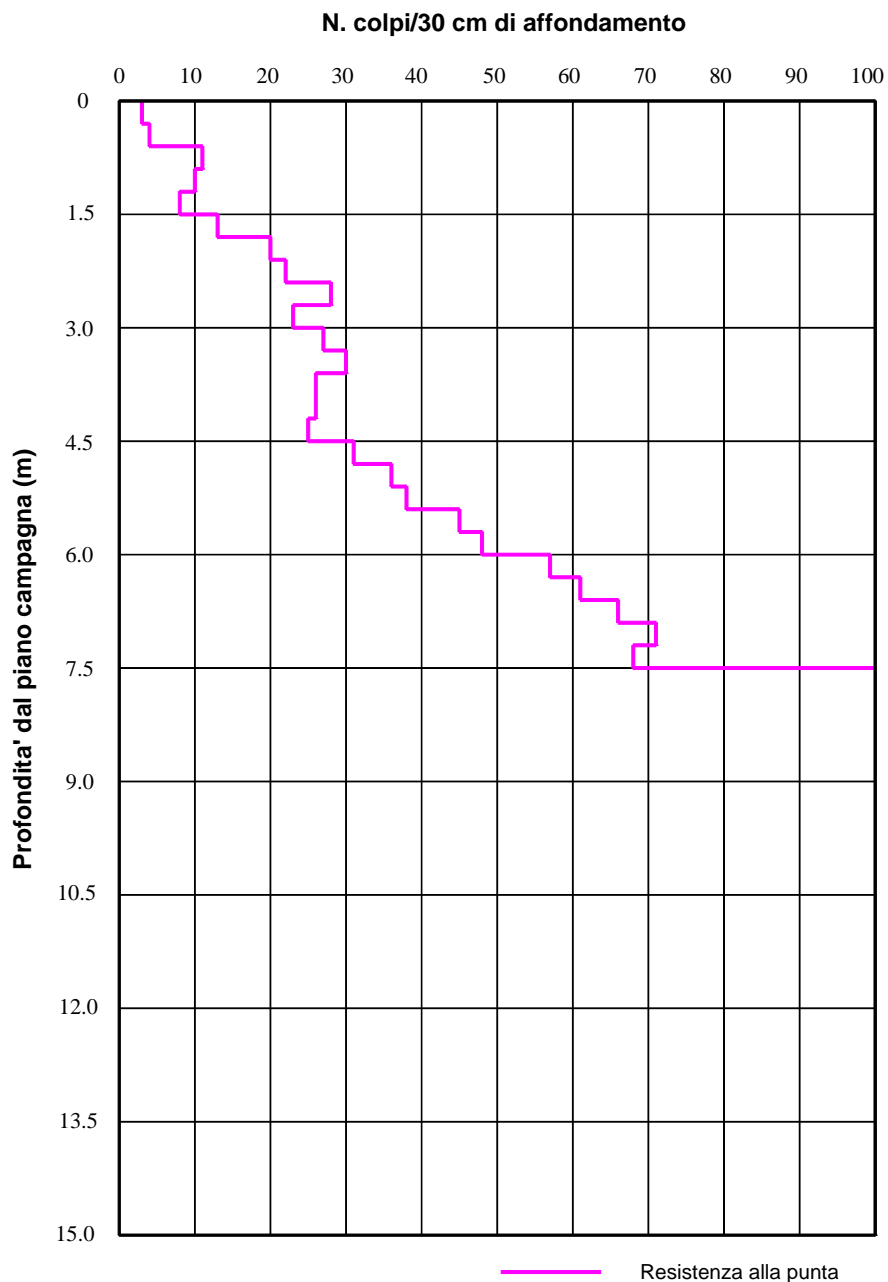
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### DIAGRAMMA PENETROMETRICO 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

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 190  
Lunghezza prova (m) = 7.5  
Profondità falda (m) =



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

## COMUNE DI BOLGARE

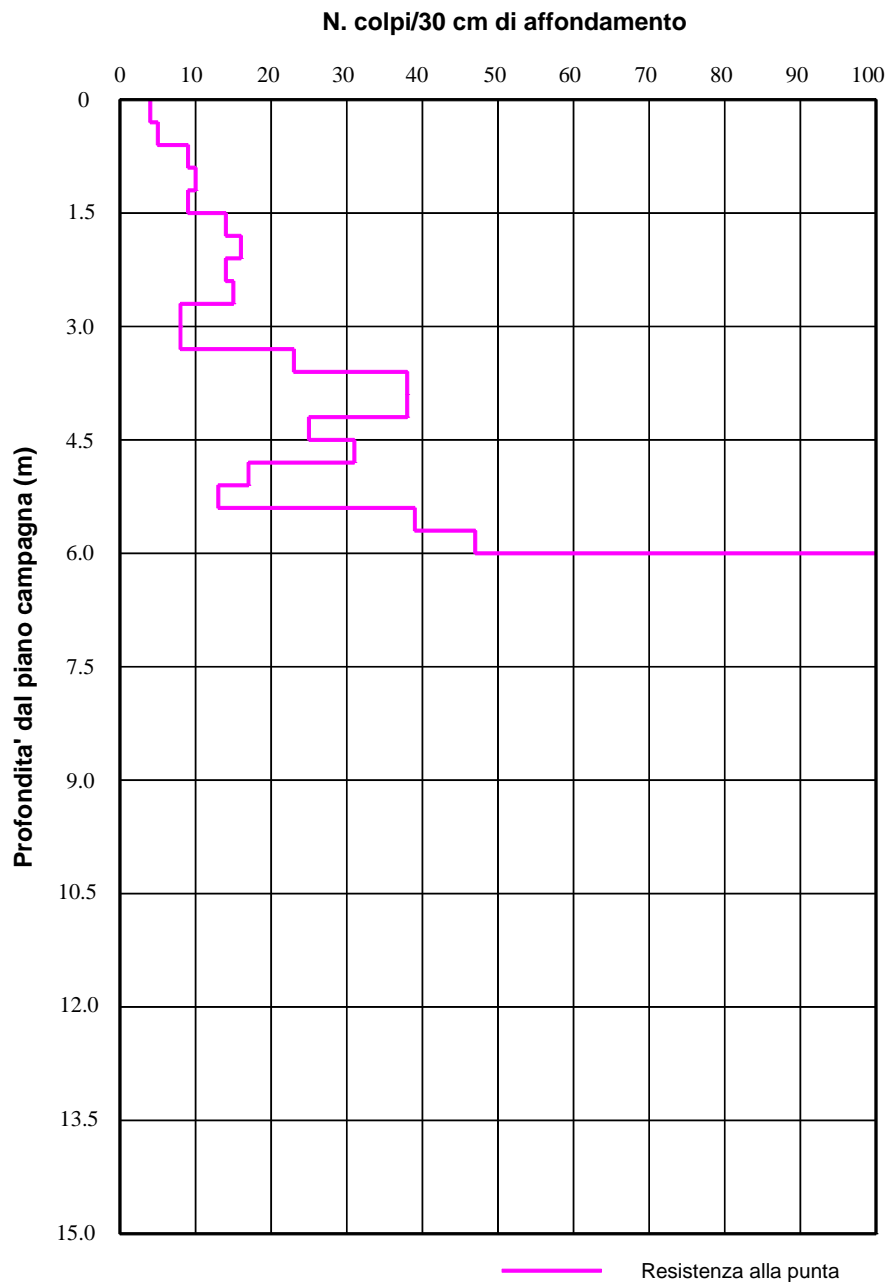
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### DIAGRAMMA PENETROMETRICO 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

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 198  
Lunghezza prova (m) = 6.0  
Profondità falda (m) =



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

## COMUNE DI BOLGARE

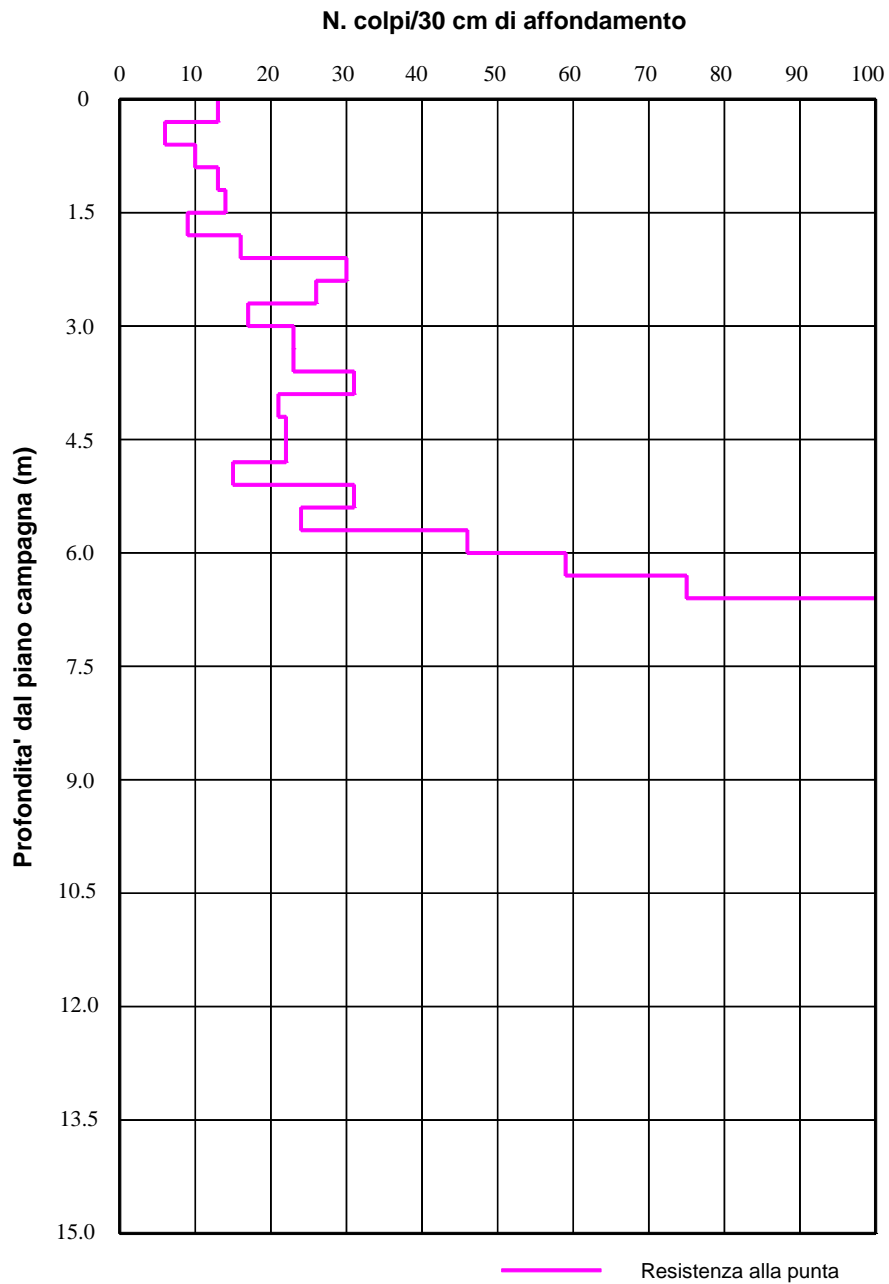
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### DIAGRAMMA PENETROMETRICO 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

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 201  
Lunghezza prova (m) = 6.6  
Profondità falda (m) =



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella



## COMUNE DI BOLGARE

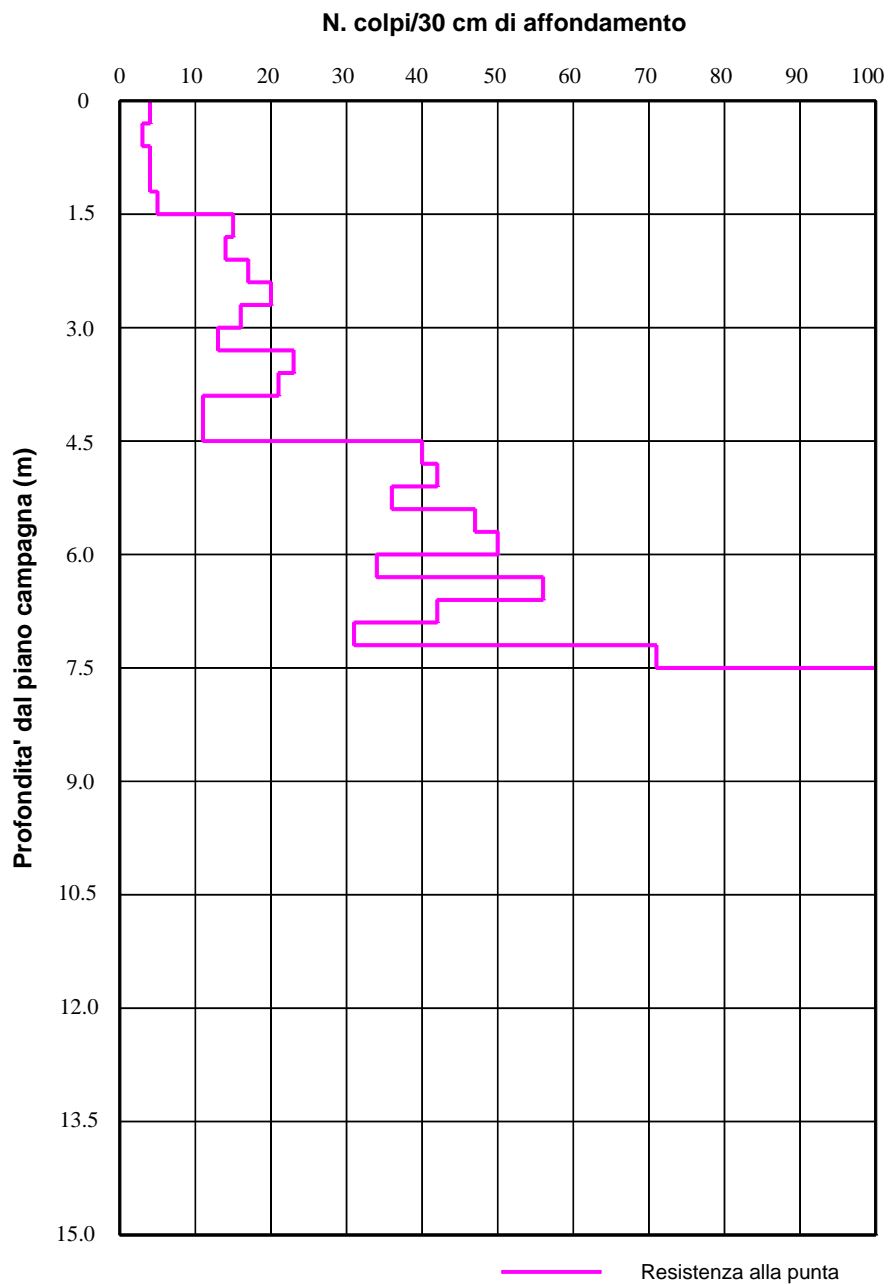
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### DIAGRAMMA PENETROMETRICO 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

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 194  
Lunghezza prova (m) = 7.5  
Profondità falda (m) =



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

## COMUNE DI BOLGARE

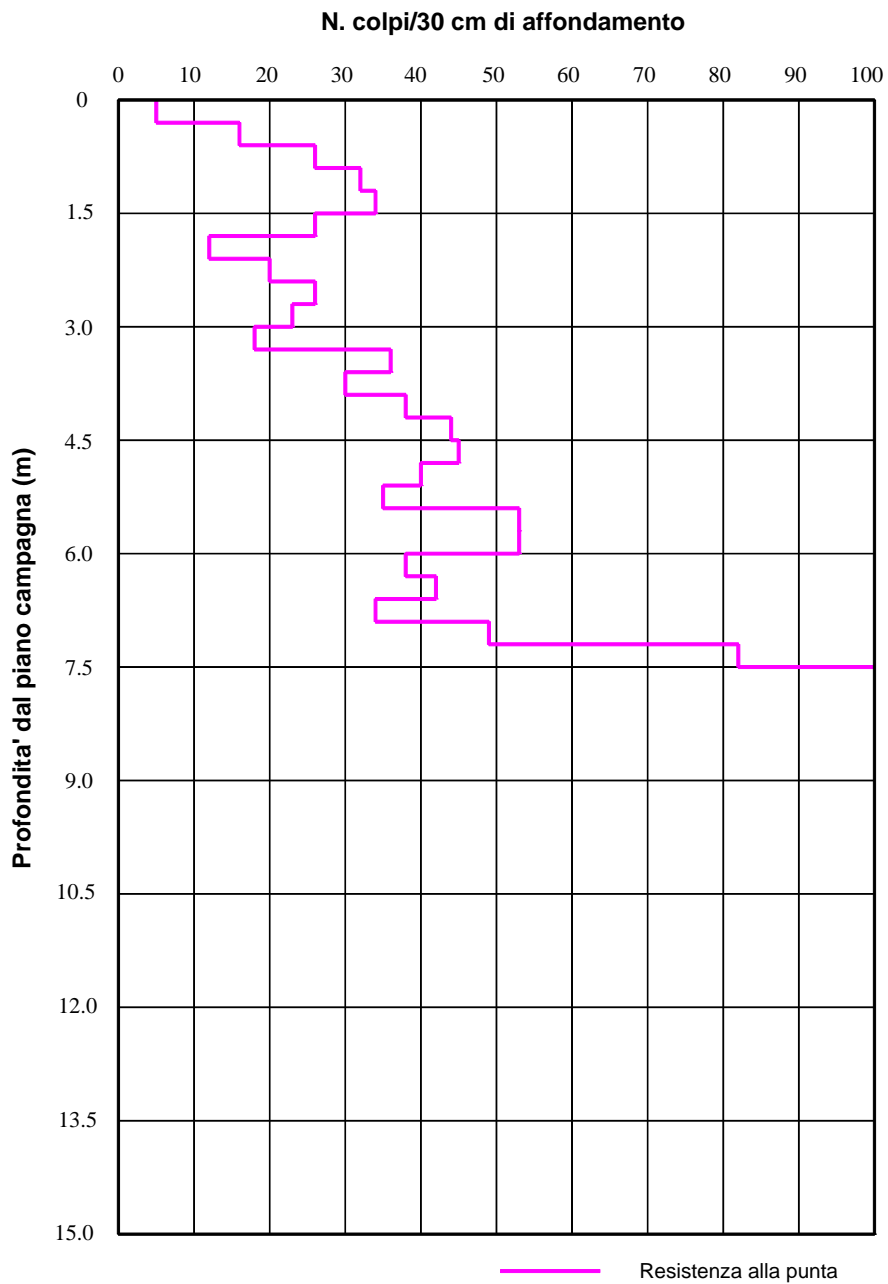
Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale  
relativamente alla componente sismica

### DIAGRAMMA PENETROMETRICO N. 6

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

Quota piano campagna (m s.l.m.) = 200  
Lunghezza prova (m) = 7.5  
Profondità falda (m) =



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Alberto Manella

**COMUNE DI BOLGARE**

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

**ALLEGATO 4 - SCHEDE DEGLI EFFETTI LITOLOGICI**

# COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

## EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA (area naturale)

### PARAMETRI INDICATIVI

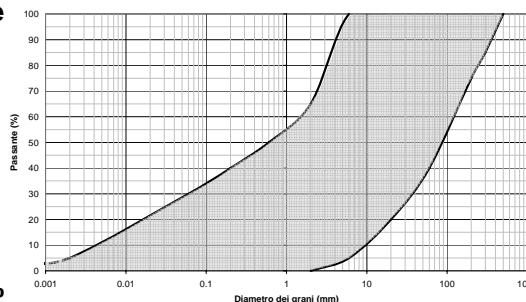
#### GRANULOMETRIA:

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

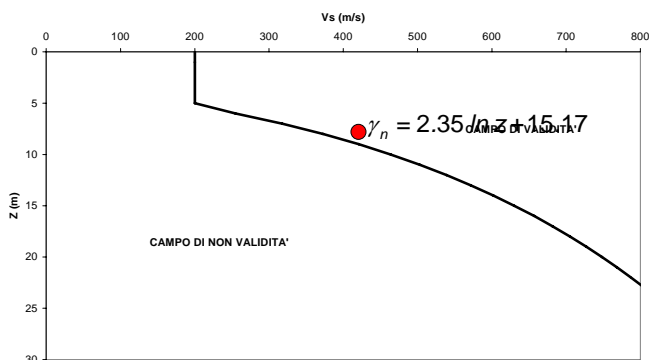
#### NOTE:

- 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



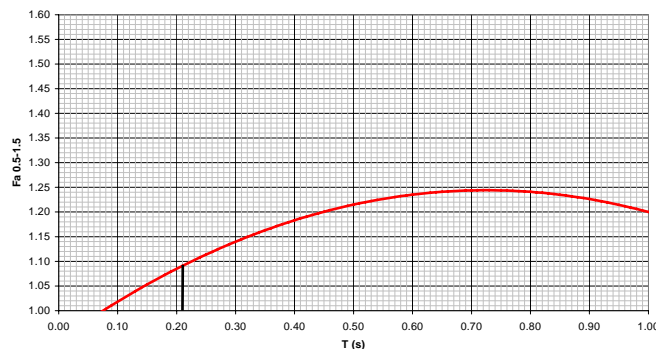
ANDAMENTO DEI VALORI DI  $V_s$  CON LA PROFONDITA'



Profondità primo strato (m)

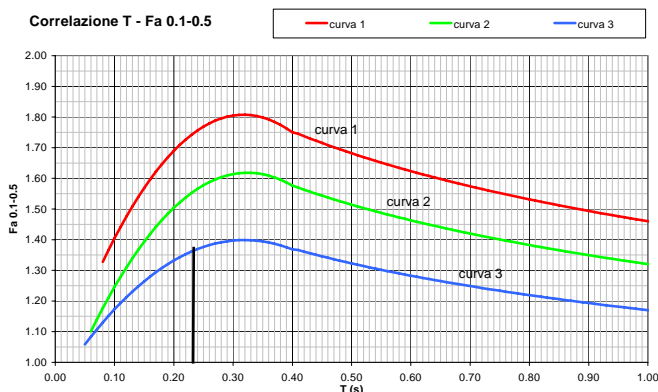
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1									
250				2	2									
300				3	3	3	3							
350				3	3	3	3	3						
400				3	3	3	3	3	3					
450				3	3	3	3	3	3	3				
500				3	3	3	3	3	3	3				
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

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

# COMUNE DI BOLGARE

Aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica

## EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO 2 (area di discarica)

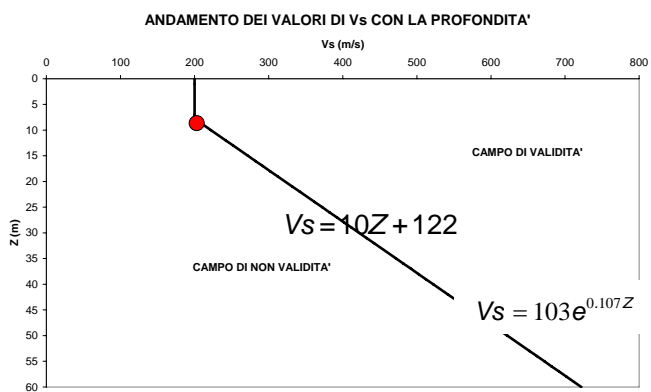
### PARAMETRI INDICATIVI

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

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

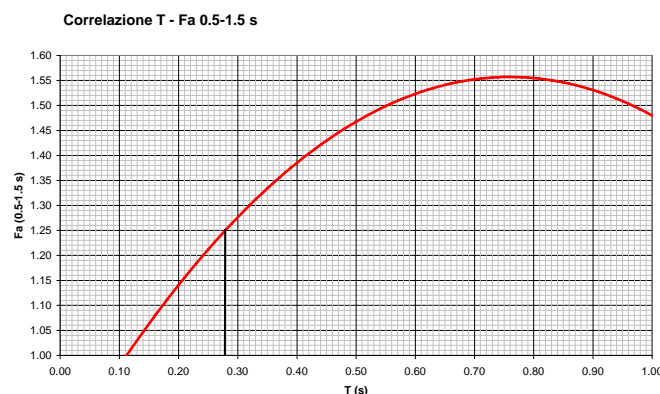
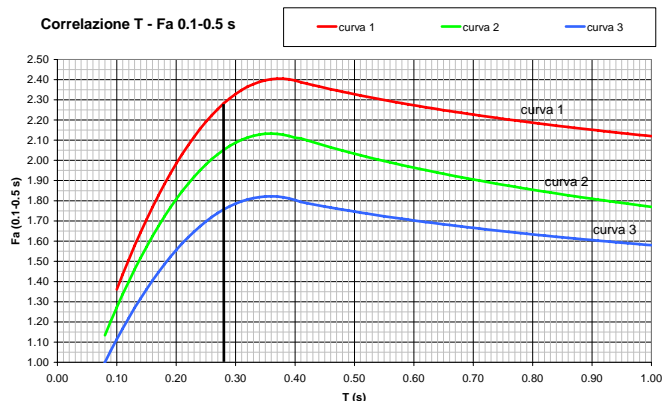
### FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO

PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] 18.5-19.5
Peso specifico particelle solide	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ] 26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale	w [%] 25-30
Limite di liquidità	w <sub>L</sub> [%] 25-35
Limite di plasticità	w <sub>P</sub> [%] 15-20
Indice di plasticità	I <sub>p</sub> [%] 5-15
Indice dei vuoti	e 0.6-0.9
Grado di saturazione	S <sub>r</sub> [%] 90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K <sub>0</sub> 0.4-0.5
Indice di compressione	C <sub>c</sub> 0.10-0.30
Indice di rigonfiamento	C <sub>s</sub> 0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondaria	C <sub>a</sub> 0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N <sub>spt</sub> 0-20



### Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60	
200				1	1	1	1	1	1	1													
250				2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1								
300				3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2								
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		



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

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



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. 035332281 - 3489045300 - e-mail : [PROGEA09@progeaconsulting.191.it](mailto:PROGEA09@progeaconsulting.191.it)



**Comune di Bolgare  
Prov. di Bergamo**



Aggiornamento dello studio geologico del territorio  
comunale relativamente alla componente sismica  
a cura del dott. geol. Alberto Manella

**Indagine sismica con il metodo ReMi (Refraction Microtremor)**

Octobre 2006

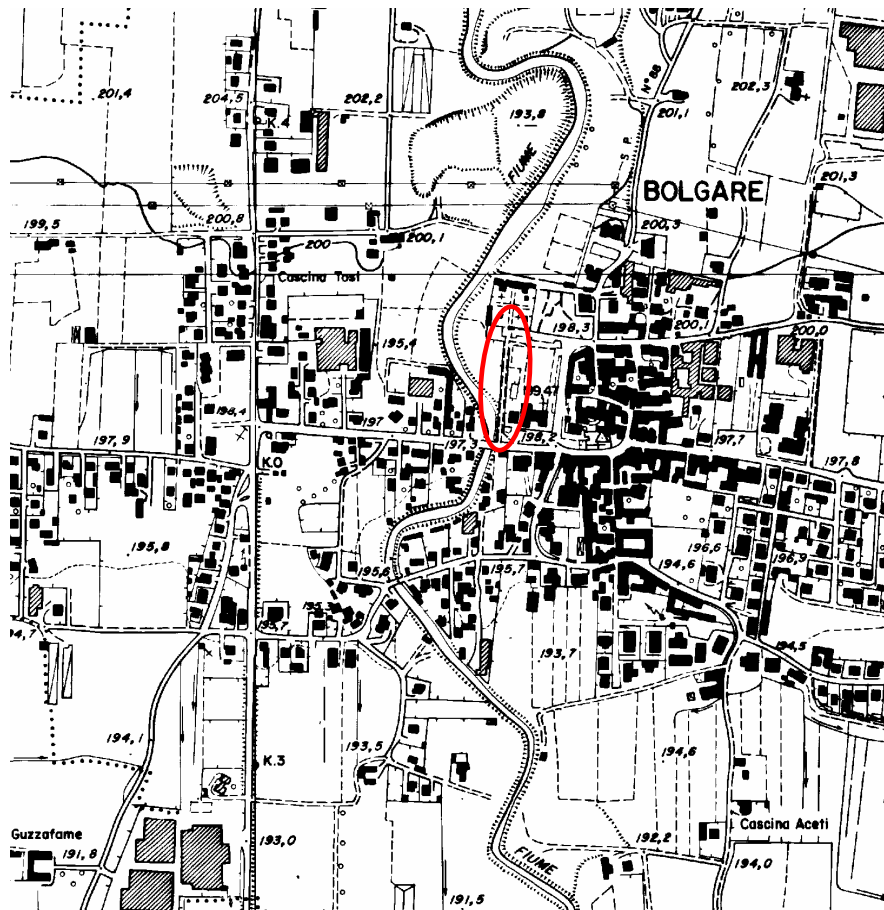
## 1.0 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione comunale di Bolgare, abbiamo eseguito un'indagine sismica con il metodo ReMi ( Refraction Microtremor ), nell'ambito dell'aggiornamento dello Studio geologico del territorio comunale, relativamente alla componente sismica, redatto dal Dott. Geol. Alberto Manella di Grumello del Monte.

Obiettivo di quanto suesposto ricostruire il valore delle onde di taglio ( Vs ) nell'ambito dei primi 30 metri di sottosuolo, come previsto dalla normativa vigente.

## 2.0 INQUADRAMENTO GENERALE

L'area, sede dell'indagine sismica, è posizionata in fregio a viale Papa Giovanni XXIII, in prossimità dell' accesso del cimitero comunale, in sponda sinistra del fiume Cherio, ad una quota pari a 198 ms.l.m.



Il contesto generale è rappresentato da un ambiente antropizzato, costituito prevalentemente da edifici residenziali. Per tale motivo il luogo ben si presta ad un'indagine di questo tipo.

E' parte integrante del Foglio C5c4 della C.T.R. alla scala 1:10000. Da un punto di vista geologico l'area è caratterizzata da depositi alluvionali del fiume Cherio e da depositi fluvio-glaciali appartenenti al Complesso dell'Oglio.

### **3.0 INDAGINE REMI ( Refraction Microtremor)**

#### **3.1 Premessa**

La tecnica della rifrazione ( Refraction Microtremor ) 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 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. Profili del sottosuolo preliminari possono essere sviluppati da queste informazioni e si può raggiungere una caratterizzazione del sottosuolo mediante sondaggi, scavi esplorativi e profili di sismica a rifrazione.

L'abilità di una esecuzione veloce, semplice e efficace nella caratterizzazione in situ delle onde S usando un metodo geofisico superficiale potrebbe avere un impatto rivoluzionario sulla caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Le basi della teoria sono le stesse dell'analisi spettrale delle onde di superficie ( SASW ) e della multi analisi delle onde di superficie ( MASW ).

L'analisi e l'interpretazione ReMi viene eseguita utilizzando un software appropriato, nel caso specifico il SeisOpt ReMi v. 4 della Optim Inc. Software.

#### **3.2 Equipaggiamento e procedure**



L'indagine è stata eseguita in accordo con quanto descritto da Louie per sviluppare profili verticali 1D delle onde di taglio. È stato impiegato lo stesso equipaggiamento che generalmente viene usato per la sismica a rifrazione.

Quando opportuno, per esempio in assenza di dati stratigrafici certi, vengono acquisiti entrambi i dati, onde P e onde S con la stessa stesa sismica ; in questo modo i risultati delle indagini sono complementari e servono come controllo di qualità, tarandosi a vicenda.

#### Equipaggiamento

È stato usato un sismografo multicanale 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 ottenere sia dati delle onde superficiali e per l'analisi dei profili verticali delle onde S. Come sorgente di energia delle onde superficiali si è sfruttato il rumore ambientale a banda larga.

#### Procedure ReMi

È stata eseguita una linea sismica della lunghezza di 115 metri utilizzando due cavi sismici e 24 geofoni, mentre la distanza tra i geofoni è risultata essere di 5 metri.

L'acquisizione dati è consistito nel campionamento dell'ambiente e/o delle onde di superficie generate ( un evento di campionamento ) in corrispondenza della stesa sismica per diversi secondi, nel caso specifico circa 30".

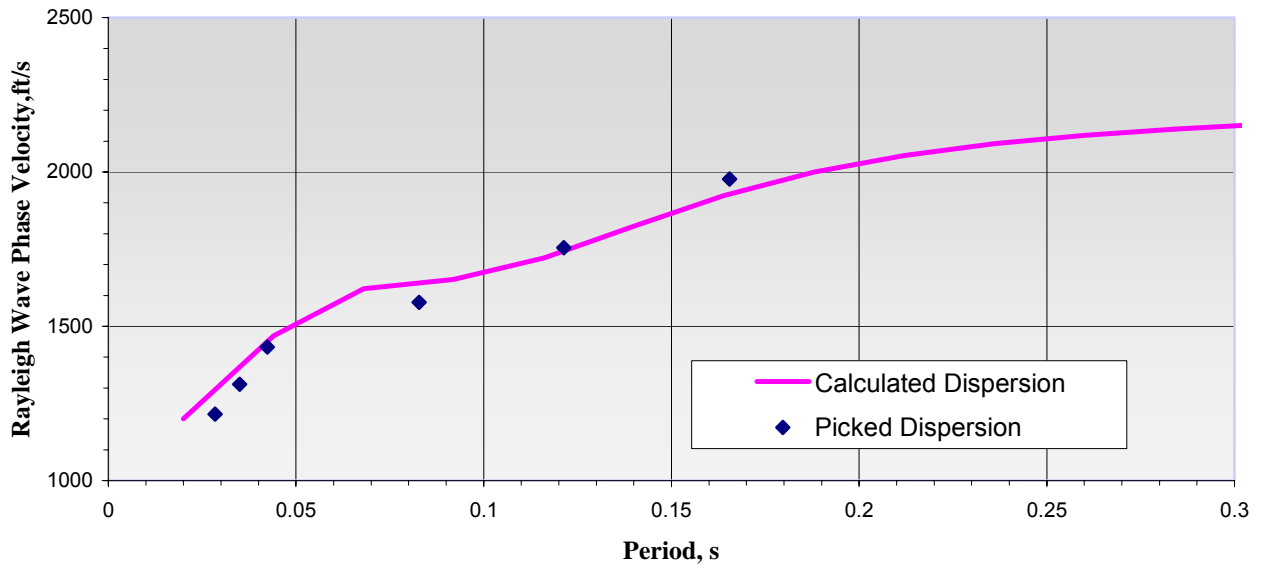
### **4.0 INTERPRETAZIONE**

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.

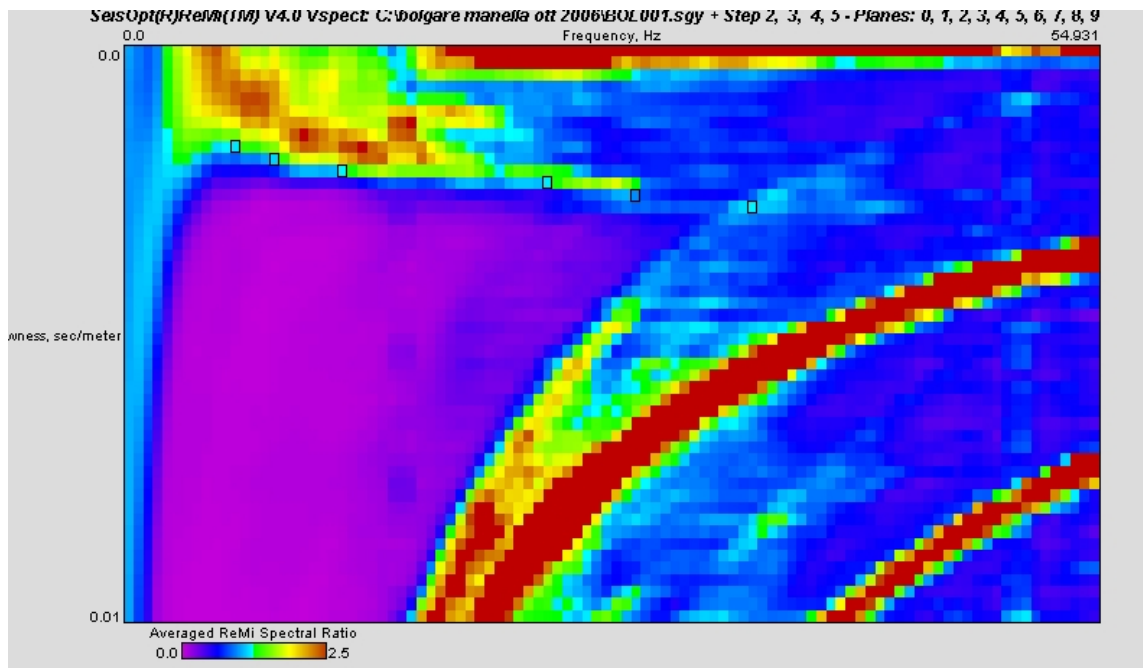
Il primo viene usato per trasformare i data files in una rappresentazione grafica, relativa ad ogni acquisizione ReMi, del rapporto tra la frequenza dell'energia spettrale delle onde di taglio e la velocità delle onde di taglio ( o lentezza ) , come in fig. 1- 2 .

L'interprete ha provveduto a selezionare una curva di dispersione consistente nel limite inferiore della velocità dell'energia spettrale delle onde di taglio in rapporto al trend della frequenza, rappresentato dai quadretti in figura, selezionando l'energia ambientale che si propaga parallela alla stesa dei geofoni, dato che l'energia che si propaga incidentalmente alla stesa mostrerà di avere una velocità di propagazione più veloce. Successivamente questa curva di dispersione è stata salvata.

*Supportive Illustration*  
**Dispersion Curve Showing Picks and Fit**  
**figura 1**



**p-f Image with Dispersion Modeling Picks**  
**figura 2**



Il secondo modulo permette di modellare una curva di dispersione con strati multipli e velocità delle onde S al fine di far combaciare la curva di dispersione selezionata dai dati di campo. Nella fig. 3 appare il profilo verticale delle onde S interpretato ed ottenuto mediante questi procedimenti. E' da sottolineare che questo tipo di interpretazione non presenta una soluzione unica, pertanto è importante avere delle conoscenze dirette sulla stratigrafia del sottosuolo indagato;

In sintesi, si distingue:

- prima unità, riconducibile a depositi grossolani ghiaioso – sabbiosi asciutti, con matrice fine subordinata: Vs = 395 m/s base a – 7.72 m
- seconda unità, materializza i depositi fini di tipo argilloso: Vs = 894m/s base a – 13.50 m
- terza unità , dal punto di vista litologico è in analogia con la prima unità, anche se l'incremento dei valori delle Vs a partire da – 27.54 indicano la presenza di falda: Vs = 510 – 763 m / s e base posta fino alla massima profondità investigata.

	Density	Shear/Compression Velocities		
7.719 m	2.0 g/cc	395.302 m/s	683.872 m/s	ratio: 1.73
13.509 m	2.0 g/cc	894.072 m/s	1546.744 m/s	ratio: 1.73
27.544 m	2.0 g/cc	510.403 m/s	882.997 m/s	ratio: 1.73
50.0 m	2.0 g/cc	762.528 m/s	1319.173 m/s	ratio: 1.73

### 5.0 CALCOLO DELLE “V<sub>s30</sub>” ( velocità di taglio nell’ambito dei primi trenta metri di sottosuolo )

Attraverso l’applicazione del software SeisOpt ReMi Version 3.0 è stato calcolato, il valore delle velocità di taglio Vs nell’ambito dei primi 30 metri investigati.

Sulla base di quanto sopra esposto, V<sub>s30</sub> :

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

dove :

h<sub>i</sub> = 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 :

$V_{s30}$  ( misurata con ReMi ) = **529.0 m/s**

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 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 ( A – B – C – D – E ) tipologie di suoli ( più altri due speciali  $S_1$  e  $S_2$  ), 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  $V_{s30}$  calcolati precedentemente corrispondono alla **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 m/s e 800 m/s*”