

COMUNE DI PONTE BUGGIANESE

PROVINCIA DI PISTOIA



# PIANO STRUTTURALE Variante generale

Variante n.1 al Piano Strutturale approvato con D.C.C. n. 13 del 30/01/2004

Adozione: D.C.C. n. del / /  
Approvazione: D.C.C. n. del / /  
Pubblicazione: B.U.R.T. n. del / /

SINDACO  
Pier Luigi Galligani

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Arch. Mario Damiani

GARANTE DELLA COMUNICAZIONE  
Arch. Saskia Cavazza



PROGETTO URBANISTICO  
RTP "Ponte 2011"

Arch. Riccardo Luca Breschi  
Capogruppo  
Arch. Roberto Vezzosi  
Arch. Andrea Giraldi

Collaboratore  
Arch. Massimo Tofanelli

STUDI GEOLOGICI E IDRAULICI  
Mannori & Burchietti  
Geologi Associati  
Geol. Gaddo Mannori

Physis s.r.l.  
Ing. David Settesoldi

DOCUMENTO  
**G**

## RELAZIONE GEOLOGICA

## **INDICE**

<b>1 – SCOPO DELL’INCARICO E GRUPPO DI LAVORO</b>	<b>pag. 3</b>
<b>2 – RIFERIMENTI ALLA NORMATIVA</b>	<b>pag. 4</b>
<b>3 – ORGANIZZAZIONE GENERALE DELLO STUDIO</b>	<b>pag. 5</b>
<b>4 – RILIEVI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI, IDROGEOLOGICI</b>	<b>pag. 6</b>
<b>4.1 – Carta geologica e geomorfologica</b>	<b>pag. 6</b>
<b>4.2 – Carta dei dati di base e della litologia prevalente</b>	<b>pag. 7</b>
4.2.1 – Dati di base	<b>pag. 8</b>
4.2.2 – Litologia	<b>pag. 9</b>
4.2.3 – Indicazioni sui caratteri litotecnici	<b>pag. 11</b>
<b>4.3 – Aree a pericolosità sismica locale</b>	<b>pag. 12</b>
4.3.1 – Carta delle MOPS	<b>pag. 13</b>
4.3.2 – Carta delle frequenze	<b>pag. 14</b>
<b>5 – Carte della pericolosità e della vulnerabilità</b>	<b>pag. 16</b>
<b>5.1 – Carta della pericolosità geomorfologica</b>	<b>pag. 16</b>
<b>5.2 – Carta della pericolosità idraulica</b>	<b>pag. 16</b>
<b>5.3 – Carta della pericolosità sismica</b>	<b>pag. 16</b>
<b>5.4 – Carta della vulnerabilità</b>	<b>pag. 17</b>
5.4.1 – La permeabilità	<b>pag. 17</b>
5.4.2 – La superficie freatica	<b>pag. 18</b>
5.4.3 – Vulnerabilità degli acquiferi	<b>pag. 19</b>
<b>APPENDICE: Indagini geognostiche, caratteristiche geologiche e geotecniche</b>	<b>pag. 20</b>

## **COMUNE DI PONTE BUGGIANESE**

### **RELAZIONE GEOLOGICA (DGRT 25.10.11 n° 53/R)**

=====

#### **1 - SCOPO DELL'INCARICO E GRUPPO DI LAVORO**

Il Comune di Ponte Buggianese, volendo procedere ad una variante contestuale al PS ed al RU, ha promosso, ai sensi della normativa vigente, lo studio relativo all'aggiornamento delle caratteristiche morfologiche, litologiche, idrogeologiche del territorio comunale. Con Determina n. 61 del 21/03/12 l'Amministrazione Comunale ha affidato all'ATI composta da Mannori & Burchietti Geologi Associati e da Physis srl, l'incarico per la redazione degli studi geologico-idraulici di supporto alla Variante al Piano strutturale ed al Regolamento Urbanistico.

Nell'ambito dell'intero lavoro lo studio Mannori & Burchietti Geologi Associati ha curato la parte della pericolosità geologica e sismica con i relativi quadri conoscitivi; in particolare il Dott. Mannori ha redatto la parte geologica e la redazione della normativa mentre la Dott.ssa Burchietti si è occupata delle problematiche afferenti il rischio sismico e della informatizzazione di tutti gli elaborati.

Physis srl ha eseguito lo studio idrologico idraulico e la zonazione di pericolosità idraulica.

La presente relazione riporta i risultati dell'indagine geologica e sismica, i risultati dello studio idraulico sono riportati nella Relazione Idraulica a firma dell'Ing. Settesoldi.

Hanno fornito un contributo indispensabile i tecnici dell'Ufficio comunale arch. Mario Damiani, Arch. Patrizia Catucci ed il Geom. Franco Cecchi con i quali sono state discusse tutte le fasi del lavoro.

## **2 - RIFERIMENTO ALLA NORMATIVA**

Lo studio effettuato fa riferimento alla Deliberazione Regionale DGRT 25.10.11 n° 53/R. Con questo strumento legislativo la Regione Toscana ha modificato il quadro di riferimento per la compilazione degli strumenti urbanistici; il vigente Piano Strutturale, approvato nel 2004 ed il Regolamento Urbanistico approvato nel 2008 sono stati elaborati con i criteri della DCRT 94/85 per la parte geologica e con la DCRT 12/2000 per la parte idraulica. Mentre per quanto riguarda il quadro normativo e la redazione della carta di pericolosità geomorfologica, non ci sono differenze significative fra la vecchia e la nuova normativa, i criteri di elaborazione delle carte di pericolosità sismica e idraulica sono completamente diversi essendo necessari studi di notevole dettaglio prima non previsti. Si intende riferirsi a studi idrologico idraulici mirati alla definizione del rischio idraulico per differenti tempi di ritorno e alle nuove metodologie per la elaborazione di carte di microzonazione sismica basate su dati sperimentali.

Sono stati tenuti presenti inoltre gli indirizzi e le direttive indicate nel Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pistoia.

### **3 – ORGANIZZAZIONE GENERALE DELLO STUDIO**

Lo studio è consistito nella redazione dei documenti e degli elaborati richiesti dal Regolamento 53R al punto 2.2 dell'Allegato A ed in particolare

Tav. G1 – Carta geologica e geomorfologica (scala 1:10.000)

Tav. G2a – Carta dei dati di base e della litologia prevalente (m 0-4) (scala 1:10.000)

Tav. G2b – Carta dei dati di base e della litologia prevalente (m 4-8) (scala 1:10.000)

Tav. G3.1 e G3.2 – Carta delle frequenze e delle MOPS (scala 1:20.000)

Tav. G4 – Carta della pericolosità geomorfologica (scala 1:10.000)

Tav. G5 – Carta della pericolosità sismica (scala 1:10.000)

Tav. G6 - Carta della vulnerabilità degli acquiferi (scala 1:10.000)

Doc. G – Relazione Geologica

## **4 - RILIEVI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI, IDROGEOLOGICI**

### **4.1 – CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV. G1)**

Il territorio di Ponte Buggianese è completamente pianeggiante e si è formato per sedimentazione in ambiente fluviale e palustre; la suddivisione in carta si riferisce principalmente ai processi che hanno determinato la sedimentazione dei vari depositi; in altre parole è stata privilegiata una zonazione di tipo “geologico” e quindi orientata sulla origine dei depositi, piuttosto che una classificazione litologica, del resto impossibile con la sola analisi di superficie. La ricostruzione proposta ha tenuto conto dei precedenti rilievi allegati agli strumenti urbanistici vigenti e della carta geologica regionale in scala 1:10.000 (Carg); tutti i dati esistenti sono stati naturalmente verificati con sopralluoghi e nuove interpretazioni di foto aeree.

**Depositi alluvionali recenti:** si tratta di depositi accumulatisi in occasione di eventi alluvionali particolarmente frequenti fino all’epoca storica, quando sono state eseguite le opere di arginatura dei principali corsi d’acqua. In termini litologici sono costituiti da sedimenti a granulometria generalmente fine comprendenti tutti i termini da argille a sabbie con sporadici livelli e lenti di ghiaia di spessore limitato.

**Depositi di bonifica:** occupano la porzione centrale del territorio comunale e sono posti tra i depositi alluvionali ed il Padule vero e proprio. Sono aree soggette ad interventi di bonifica soprattutto per colmata eseguiti per lo più alla fine dell’ottocento; il limite superiore di questi depositi mantiene un certo grado di approssimazione dal momento che in termini litologici questi sedimenti non sono distinguibili dalle alluvioni recenti. Per quanto riguarda i progetti di bonifica del Padule, per colmata o per prosciugamento, si trova ampia documentazione di iniziative pubbliche o private intraprese nel periodo immediatamente post unitario. Ad alcuni di questi progetti fu dato inizio, ma nessuno fu portato a termine; quello che rimane ad oggi è un insieme di aree non molto estese e scollegate tra di loro parzialmente bonificate per colmata. Il toponimo “colmata” è piuttosto frequente ai margini del Padule a conferma delle numerose iniziative di bonifica.

**Depositi palustri:** si tratta dei sedimenti che si depositano nell’attuale area del Padule; sono costituiti da depositi a granulometria fine con percentuali elevate di sostanze organiche derivanti dalla degradazione delle essenze vegetali presenti nell’area.

**Paleovalvei:** con questa terminologia sono indicate in carta alcune forme riconoscibili da fotointerpretazione o direttamente dall’analisi del Lidar, relative ad

antichi tracciati della rete idrica. Si rilevano due ordini di tracciati: le modifiche antropiche recenti sul T. Pescia per rettificare il corso d'acqua e favorirne il deflusso, e quelli più antichi, risalenti a periodi in cui la rete idrica era profondamente diversa dall'attuale.

**Discariche inattive e depositi antropici:** sono state indicate in carta alcune aree utilizzate in passato per accumulare materiali prevalentemente inerti; in queste aree il conferimento è cessato ormai da molti anni e l'aspetto morfologico è quello di accumuli parzialmente ordinati coperti da vegetazione arbustiva.

Per quanto riguarda lo spessore dei depositi alluvionali e palustri, nell'intero territorio comunale sono disponibili pochi dati desumibili dalla bibliografia. In particolare, datazione con foraminiferi eseguite dalla Prof.ssa Dallan dell'Università di Pisa<sup>1</sup>, hanno consentito di posizionare la base dei terreni palustri alla profondità di circa 20 metri poco al di fuori del margine sud est del territorio comunale nei pressi del Porto delle Morette; al di sotto infatti sono presenti sabbie ed argille plioceniche caratterizzate da microfossili marini. Spostandosi verso l'abitato di Ponte Buggianese, quindi verso nord, è probabile che i depositi marini siano in contatto eteropico con sedimenti lacustri di un bacino Villafranchiano documentato in letteratura<sup>2</sup>. Indagini geofisiche eseguite nel passato dall'Agip pongono il substrato roccioso nell'area del Padule a profondità dell'ordine di 1000 metri mentre un sondaggio della Dalmine-Montedison nella zona delle Cerbaie individua, a circa 500 metri un substrato costituito da arenarie, argilliti e calcari del Cretaceo Superiore?-Eocene probabilmente appartenenti alla Formazione di Sillano. In Fig. 1 è riportato uno schema stratigrafico che illustra i rapporti tra le formazioni descritte nel presente paragrafo. L'andamento del substrato è del tutto indicativo ma è ragionevole supporre che spostandosi verso nord, ed avvicinandosi al bordo del bacino, le profondità diminuiscano.

---

<sup>1</sup> In "Progetto pilota per la salvaguardia e la valorizzazione del padule di Fucecchio". A Cura del Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio. pp 319. Arti Grafiche Giorgi & Cambi. Firenze 1980

<sup>2</sup> Bartolini C. & Pranzini G. (1981) - Plio-Quaternary evolution of the **Arno basin** drainage. Zeitschrift für Geomorphologie. Suppl., BD 40, 77-91

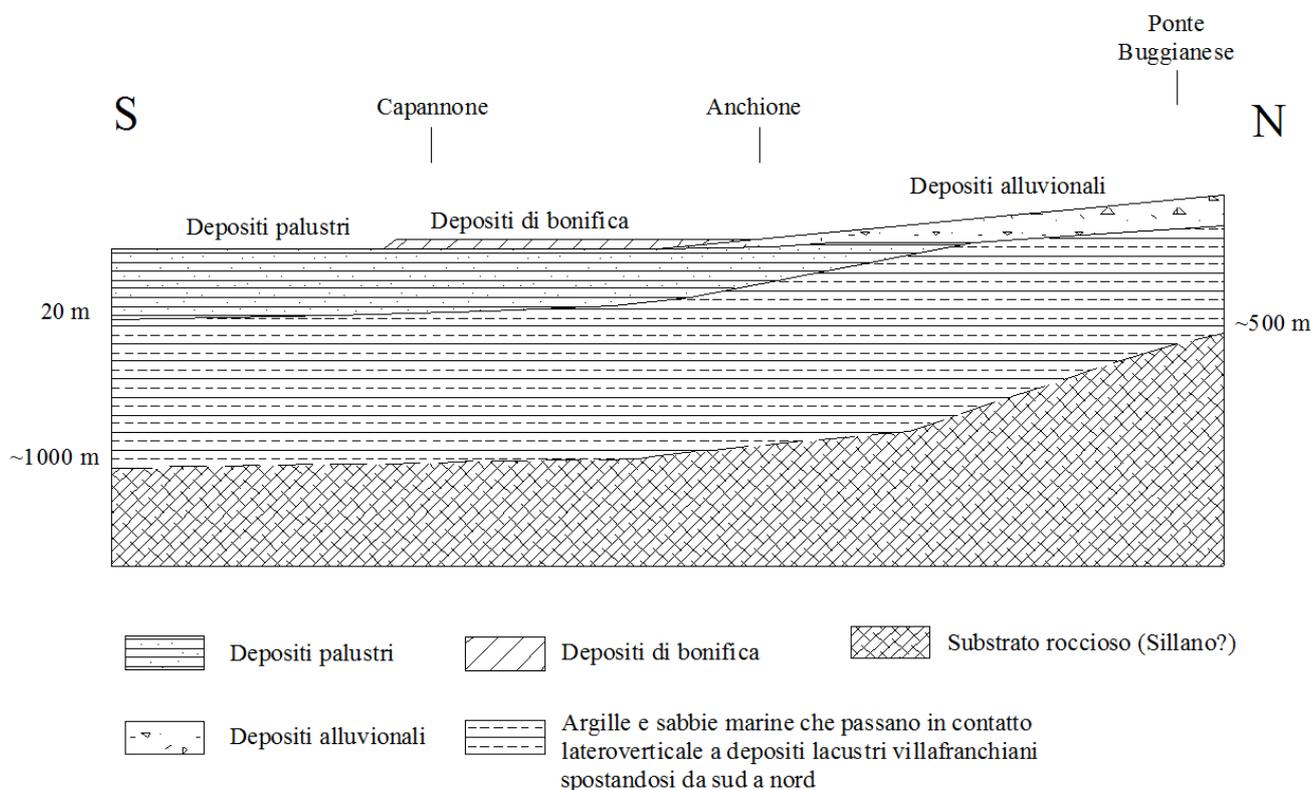


Fig. 1 – Schema stratigrafico rappresentativo dell'area esaminata

## 4.2 – Carta dei dati di base e della litologia prevalente (TAV. G 2A E G2B)

### 4.2.1 – Dati utilizzati

Per l'elaborazione di queste carte sono stati utilizzati i dati messi a disposizione dall'Ufficio Tecnico del Comune. I dati, ricavati dalle relazioni geologiche allegate ai progetti di intervento edilizio presentate negli ultimi dieci anni, sono riportati in Appendice opportunamente tabellati; si tratta di 94 punti di prospezione (79 CPT e 15 sondaggi). Sono presenti inoltre 12 profili sismici eseguiti con metodologia MASW. Per quanto riguarda i sondaggi, tre derivano dalle relazioni fornite dall'Ufficio Tecnico, i restanti dodici sono stati ripresi dalla certa del PRG del 2003. Per i primi 82 punti sono riportati in tabella le nostre interpretazioni litologiche e geotecniche, ricavate direttamente dai grafici penetrometrici e dalle stratigrafie; per i 12 sondaggi ricavati dal vecchio PRG, si è preso solo la caratterizzazione litologica del vecchio PRG. In tabella

sono riportate le seguenti informazioni:

- Numero Progressivo
- Numero pratica
- Anno pratica
- Tipo di prova
- Profondità
- Numero Prove
- Litologia prevalente fra 0 e 4 metri (Lito 0-4)
- Litologia prevalente fra 4 e 8 metri (Lito 4-8)
- Caratteristiche litotecniche medie fra 0 e 4 metri: scadenti, medie, buone (Geot 0-4)
- Caratteristiche litotecniche medie fra 4 e 8 metri: scadenti, medie, buone (Geot 4-8)

Il campo “Caratteristiche litotecniche medie” è stato riempito tenendo conto delle resistenze penetrometriche medie secondo il seguente criterio:

<b>Resistenza penetrometrica media (kg/cmq)</b>	<b>Caratteristiche tecniche</b>
0-10	scadenti
10-20	medie
>20	buone

#### **4.2.2 – Litologia**

Le *Carte della litologia prevalente* (Tavv. G2a e G2b) costituiscono un aggiornamento della tavola 2 allegata al Piano Strutturale attualmente vigente; sono state elaborate correlando i dati litologici ricavati dai punti di controllo riportati nella tabella di cui al paragrafo precedente. Come detto, le prove utilizzate sono in grande prevalenza prove penetrometriche statiche; i grafici penetrometrici forniscono un dettaglio molto raffinato per la distinzione delle granulometrie dei sedimenti nel campo compreso da argille a sabbie anche grossolane.

L’elaborazione è consistita nella individuazione della litologia prevalente in due livelli, da 0 a 4 metri e da 4 a 8 metri di profondità dal piano campagna; si è realizzata così una specie di “tomografia” litologica con un grado di attendibilità che è funzione della distribuzione sul territorio dei punti di controllo.

Per una corretta interpretazione dei dati cartografati occorre tener presente:

a - l’individuazione della litologia prevalente in ognuno dei due livelli è stata abbastanza

difficoltosa; in quasi tutte le prove infatti i dati penetrometrici cambiano rapidamente con la profondità indicando una successione di piccolissimi livelli a composizione granulometrica assai variabile, da argille a sabbie fini.

b - Sono stati distinti i seguenti tipi litologici:

- Argille e limi o comunque sedimenti fini a comportamento medio coesivo
- Sabbie più o meno limose ma comunque a comportamento medio attritivo
- Limi sabbiosi a comportamento intermedio.
- Argille e limi con torba nella zona del “cratere” del Padule

Le categorie individuate, insomma, oltre ad indicare una classificazione litologica sia pure approssimata cercano di fornire un significato sul “comportamento” geotecnico dei terreni di sottosuolo.

c – Ai tipi litologici individuati possono essere attribuiti valori medi di permeabilità primaria (per porosità); in sintesi alle sabbie limose viene attribuito un valore medio di permeabilità mentre agli altri litotipi viene attribuito un valore medio basso. Il valore *medio* di permeabilità attribuito alle sabbie dipende dalla percentuale di materiali limosi presenti al loro interno.

d – Le prove geognostiche utilizzate non sono uniformemente distribuite sul territorio comunale. Si concentrano nelle zone più urbanizzate e sono molto più rare nella parte sud-est del territorio, via via che ci si avvicina alle zone paludose. Nella zona del padule, a valle di Anchione, non è disponibile alcuna prova geognostica; come detto, i punti riportati sulle carte oltre il numero 64 provengono dagli elaborati allegati al Piano Strutturale del 2004.

Si riporta di seguito una breve descrizione delle due tavole:

#### **Livello 0-4 metri (Tav. G2a)**

Esiste una marcata uniformità litologica in tutto il territorio esaminato con prevalenza di sedimenti coesivi nel campo delle argille e limi, non sono stati rilevati sedimenti a granulometria grossolana (sabbie grossolane, ghiaie e ciottoli) neppure in prossimità dei corsi d’acqua principali. Intorno all’abitato di Anchione è stata individuata un’area di notevole estensione in cui sembrano prevalere sedimenti sabbiosi con percentuale più o meno elevata di limi: si tratta di un primo strato dove sottili livelli di sabbie fini sono più evidenti che altrove.

In linea generale la parte ovest del territorio comunale è costituita in prevalenza da limi e sabbie fini, almeno fino alla profondità di m 4; nella parte est, comprendente tutto il Padule, prevalgono invece, sedimenti più fini nel campo delle argille più o meno limose con alta percentuale di materiali torbosi nella zona del “cratere”.

### **Livello 4-8 metri (Tav. G2b)**

I caratteri litologici generali non cambiano molto rispetto al livello più superficiale; l'unica differenza si rileva nella sostanziale scomparsa del livello sabbioso di Anchione e nella estensione più ampia dell'ambiente argilloso che comprende tutta la fascia meridionale del territorio. Nella zona maggiormente depressa del territorio comunale si rilevano livelli di torba non compattata diffusi nei sedimenti argilloso limosi.

In conclusione, fino alla profondità di m 8 dal piano campagna, il territorio comunale presenta una elevata omogeneità litologica con variazioni che rimangono sempre nel campo compreso da argille a sabbie fini limose. Le caratteristiche litologiche rilevate non pongono vincoli assoluti alla utilizzazione del territorio e quindi alle operazioni di pianificazione.

Il modello litologico di superficie che risulta dalle carte della litologia prevalente è in accordo con i processi geologici che hanno dato origine all'intera pianura della Valdinievole. Come noto, la pianura alluvionale si è creata per il riempimento della depressione palustre che occupava all'inizio del Quaternario tutta l'area compresa fra il versante sud del Montalbano e le colline di Altopascio-Montecarlo. L'antico invaso palustre si è in parte colmato per l'apporto solido dei torrenti provenienti dalle rive occidentali della depressione (vecchio corso del Serchio) e, in misura minore, dai versanti settentrionali (vecchi corsi del Pescia e della Nievole). Ai margini occidentali e settentrionali della pianura, in corrispondenza dello sbocco dei torrenti principali si sono depositati grandi quantità di sedimenti grossolani ad alta permeabilità; nella fascia centrale e orientale della pianura, fossi e torrenti ormai con energia ridotta e quindi con apporto solido minore, hanno depositato sedimenti a granulometria fine, costituiti in prevalenza da sabbie fini, limi e argille più o meno limose, con granulometria sempre più fine via via che si procede verso la bassa pianura in direzione est e sud-est.

Il territorio del Comune di Ponte Buggianese si estende nella parte più lontana dallo sbocco in pianura dei corsi d'acqua che si riversavano nelle varie epoche nel bacino palustre; il sottosuolo è costituito quindi da sedimenti a granulometria fine che si spostano nel campo delle argille procedendo verso l'attuale cratere del Padule.

### **4.2.3 – Indicazioni sui caratteri litotecnici dei terreni**

La caratterizzazione litotecnica dei terreni dovrà ovviamente essere dettagliata per ogni intervento a seguito di prove geognostiche programmate secondo quanto si intende

realizzare; le indicazioni riportate in questo paragrafo hanno dunque valore indicativo e sono utili soprattutto per definire il tipo e l'entità delle indagini da eseguire a corredo di ogni progetto.

Come si vede nella tabella allegata in appendice, molte delle prove geognostiche indicano terreni con caratteristiche geotecniche scadenti. In particolare, si rileva la presenza di un livello a resistenza penetrometrica molto bassa con tetto a m 2-4 e base a m 7-8; pur in assenza di analisi granulometriche, si tratta molto probabilmente di limi e sabbie fini sciolti, saturi di acqua, talora con tracce di torba. E' a questo strato, che costituisce un acquifero sia pure a bassa permeabilità, che si deve il livello piezometrico, compreso fra la profondità di m 0,5 e m 2,0, rappresentato nelle carta delle isofreatiche. La presenza di questo livello influenzerà la zonazione di pericolosità a causa della possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione in occasione di eventi sismici.

#### **4.3 – Aree a pericolosità sismica locale**

La zonazione di pericolosità sismica passa attraverso la realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 definito dagli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica approvati dalla Conferenza fra le Regioni del 13/11/08; secondo gli Indirizzi è necessario procedere con la redazione di:

- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)
- Carta delle Frequenze

Sulla Base di questi due elaborati è possibile quindi redigere la Carta della Pericolosità Sismica.

##### **4.3.1 - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Tav. G3.1)**

La carta delle MOPS è stata redatta ai sensi delle Linee Guida per la Microzonazione Sismica (punto 2.3); di seguito vengono discussi i criteri utilizzati in conformità con gli indirizzi delle Linee Guida. Per la caratterizzazione sismica dei terreni di sottosuolo è stata eseguita una specifica campagna geofisica consistente in n.4 profili sismici a rifrazione P/SH della lunghezza di m 96 e di n. 10 misure HVSR.

##### *Delimitazione delle aree oggetto di studio*

Come limite dell'area di studio è stata considerata l'intera estensione del sistema insediativo con un congruo intorno per dare significatività ai risultati.

*Scelta dei dati di base*

La ricostruzione del sottosuolo ha tenuto conto delle carte della litologia prevalente (Tavv. G2) discusse ai paragrafi precedenti. Come detto si tratta di elaborazioni che tengono conto delle numerose prospezioni geotecniche allegate alle pratiche edilizie. Per quanto riguarda i dati geofisici, sono stati utilizzati i quattro profili sismici a rifrazione eseguiti dagli scriventi con metodologia VEL in occasione del presente studio. Le 12 stese sismiche eseguite con metodologia MASW allegate alle pratiche edilizie sono state di scarsa utilità per la modesta profondità indagata (dell'ordine dei 10-12 metri).

*Legenda e dati di base*

Sono state distinte le seguenti zone:

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Tenendo conto delle Carte della Litologia Prevalente citate ai precedenti paragrafi, la zonizzazione è stata eseguita individuando aree omogenee dal punto di vista stratigrafico.

- Zona 1:
  - da m 0 a m 15-20: Depositi alluvionali costituiti, almeno fino a m 8, da limi sabbiosi;
  - da m 10-20 a > 500 m sono presenti argille e limi di probabile origine lacustre del Villafranchiano in contatto laterover verticale con sedimenti marini pliocenici;
  - Il substrato litoide è posto a profondità comprese indicativamente tra 500 e 1000 metri ed è costituito da argilliti e calcari del Cretaceo Superiore /Eocene riferibili alla formazione di Sillano.
  
- Zona 2:
  - da m 0 a m 10-20: Depositi alluvionali costituiti, almeno fino a m 8, da argille e limi;
  - da m 10-20 a > 500 m sono presenti argille e limi di probabile origine lacustre del Villafranchiano in contatto laterover verticale con sedimenti marini pliocenici;
  - Il substrato litoide è posto a profondità comprese tra 500 e 1000 metri ed è costituito da argilliti e calcari del cretaceo superiore riferibili alla formazione di Sillano.
  
- Zona 3:

- da m 0 a m 12: Depositi alluvionali costituiti, fino a m 4, da limi sabbiosi e almeno fino a m 8 da argille e limi;
- da m 12 a > 500 m sono presenti argille e limi di probabile origine lacustre del Villafranchiano in contatto laterover verticale con sedimenti marini pliocenici;
- Il substrato litoide è posto a profondità comprese tra 500 e 1000 metri ed è costituito da argilliti e calcari del cretaceo superiore riferibili alla formazione di Sillano.
- Zona 4:
  - da m 0 a m 12: Depositi alluvionali costituiti, fino a m 4, da depositi sabbiosi e almeno fino a m 8 da argille e limi;
  - da m 20 a > 500 m sono presenti argille e limi di probabile origine lacustre del Villafranchiano in contatto laterover verticale con sedimenti marini pliocenici;
  - Il substrato litoide è posto a profondità comprese tra 500 e 1000 metri ed è costituito da argilliti e calcari del cretaceo superiore riferibili alla formazione di Sillano.

#### **4.3.2 - Carta delle frequenze (Tav. G3.2)**

Nell'ambito del sistema insediativo sono state eseguite n. 10 misure HVSR con Geobox Sara attrezzato con geofoni da 4.5hz.

L'ubicazione dei punti di misura ha tenuto conto della presenza di fonti di rumore direzionale prevalente (viabilità principale), di una distribuzione omogenea all'interno dell'area da investigare e di punti di controllo stratigrafico.

Per le misure di frequenza è stato utilizzato lo strumento SR04 Geobox della Sara Electronic Instruments s.r.l., dotato di tre sensori (due orizzontali e uno verticale) con frequenza naturale pari a 4.5 Hz. Le misure eseguite hanno avuto durata di trenta minuti e, ad eccezione delle letture 1 e 2, sono state "raddoppiate" con misure a piccola distanza (4-5 metri) e con durata ridotta (dieci minuti) per verificare l'eventuale presenza di anomalie localizzate. In tutti i casi le misure sono risultate di buona qualità ed il confronto con le misure "doppie" ha consentito di escludere la presenza di anomalie.

Le misure sono state eseguite con frequenza di campionamento pari a 300 Hz, ed hanno seguito le direttive Sesame 2005 sia per quanto riguarda la fase di acquisizione che per la fase interpretativa ed in particolare per la valutazione della qualità delle misure. I report delle singole acquisizioni sono allegati nella specifica Relazione sulle indagini sismiche.

Dall'interpretazione dei risultati delle misure HVSR si osserva:

- Tutte le misure soddisfano i criteri Sesame per quanto riguarda

l'*affidabilità* delle curve; in altre parole le misurazioni sono state eseguite correttamente e non sono affette da vizi indotti da fonti di rumore direzionale o intermittente; i valori della deviazione standard in ampiezza sono inoltre sempre compresi nella tolleranza ammessa dai criteri.

- Le analisi delle singole componenti spettrali (la verticale e le due orizzontali) indicano con chiarezza in tutte le letture un'evidente amplificazione della componente verticale che in certi casi supera in valore assoluto i valori di ampiezza delle componenti orizzontali; le amplificazioni della componente verticale sono quasi sempre comprese nel campo di frequenze di interesse ai fini edilizi. Gli elevati valori della componente verticale mascherano il risultato della curva H/V e rendono l'interpretazione difficoltosa ed in certi casi addirittura fuorviante.
- In dettaglio risulta che su 10 misure solamente 3 (nn. 1, 6 e 7) mostrano picchi "*chiari*" secondo i criteri Sesame/Albarelo, in corrispondenza di valori di frequenze piuttosto bassi (0.7-0.8 Hz). Dall'analisi degli spettri delle singole componenti risulta però che i picchi evidenziati in H/V presentano scarsa significatività in quanto fortemente influenzati da valori molto elevati della componente verticale.
- In sintesi è necessario ipotizzare che siano possibili fenomeni di amplificazione locale anche nel campo della componente verticale e rimandare ad analisi maggiormente dettagliate la definizione quantitativa degli effetti locali.

## **5 – CARTE DELLA PERICOLOSITÀ E DELLA VULNERABILITÀ**

### **5.1 – Carta della Pericolosità Geomorfologica (Tav. G4)**

La zonazione della pericolosità geomorfologica ha seguito gli indirizzi del 53R. Data la sua conformazione, il territorio di Ponte Buggianese non presenta evidentemente criticità di natura geomorfologica; il territorio è stato suddiviso nelle seguenti classi:

#### **Classe G1 (pericolosità geologica bassa)**

*Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologico giaciture non costituiscono fattori predisponenti il verificarsi di processi morfoevolutivi.* Ricade in questa classe la quasi totalità del territorio comunale.

#### **Classe G3 (pericolosità geologica elevata)**

Sono comprese in questa classe alcune zone isolate, di limitata estensione, caratterizzate dalla presenza di depositi antropici. Si tratta delle aree di discarica inattiva evidenziate nella Carta Geomorfologica di Tav. G1.

### **5.2 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA**

La Carta della Pericolosità Idraulica è stata elaborata nell'ambito dello studio idraulico appositamente redatto dall'Ing. David Settesoldi di Physis srl (Tav. Ti05 allegata allo studio Idraulico). La zonazione di pericolosità ha tenuto conto dei criteri indicati nel 53R: sono state cartografate le aree allagabili per Tr 30 e per Tr 200 specificando per ciascun tempo di ritorno i battenti attesi nelle varie aree.

Sulla base della delimitazione delle aree allagabili per Tr 30 e per Tr 200 è stata eseguita la zonazione di pericolosità idraulica:

**Classe I2 – Pericolosità idraulica media.** Ricadono in questa classe le zone allagabili per eventi con tempi di ritorno compresi tra 200 e 500 anni.

**Classe I3 – Pericolosità idraulica elevata.** Ricadono in questa classe le zone interessate da allagamenti con tempi di ritorno compresi tra 30 e 200 anni.

**Classe I4 – Pericolosità idraulica molto elevata.** Ricadono in questa classe le zone interessate da allagamenti con tempi di ritorno inferiori a 30 anni.

### **5.3 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA (TAV. G5)**

La zonazione di pericolosità sismica ha tenuto conto della Carta delle MOPS e della Carta delle Frequenze di cui alle Tav. G3.1 e G3.2.

### **Classe S3 – Pericolosità sismica elevata.**

Ricadono in questa classe le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per le quali sono da attendersi alti contrasti di impedenza sismica. Come discusso al paragrafo 4.3, in realtà le misure H/V non hanno evidenziato picchi “*chiari*” in concomitanza del campo di frequenze tipico degli edifici presenti nella zona; le analisi delle singole componenti spettrali (quella verticale e le due orizzontali) indicano con chiarezza in tutte le letture un’evidente amplificazione della componente verticale che in certi casi supera in valore assoluto i valori di ampiezza delle componenti orizzontali; le amplificazioni della componente verticale sono quasi sempre comprese nel campo di frequenze di interesse ai fini edilizi.

Per questo motivo si è ritenuto opportuno classificare cautelativamente l’intero territorio analizzato in Pericolosità Sismica Elevata, rimandando ad analisi di maggior dettaglio la definizione quantitativa degli effetti locali.

#### **Sottoclasse S3a**

Ricadono in questa classe le aree che, oltre ad essere potenzialmente interessate da elevati contrasti di impedenza sismica, risultano suscettibili di liquefazione dinamica. Sono state inserite in questa classe infatti le aree riferibili alle Zone 1, 3 e 4 di Tav. G3.1 (Carta delle MOPS), in cui sono presenti sabbie e limi sabbiosi saturi scarsamente addensati.

## **5.4 – CARTA DELLA VULNERABILITÀ (TAV. G6)**

La Tav. G6 contiene le indicazioni della vulnerabilità degli acquiferi del territorio comunale; sono stati inseriti in questa carta i dati sulla permeabilità dei terreni superficiali (entro i m 8-10 dal p.c.) e sulla morfologia della superficie freatica in quanto questi due elementi forniscono le informazioni più importanti per la valutazione della vulnerabilità.

### **5.4.1 – La permeabilità**

La permeabilità costituisce il parametro che più di altri fornisce indicazioni immediate sulle caratteristiche idrogeologiche dei terreni, e risulta determinante per la valutazione della presenza e del grado di protezione di un acquifero.

Il parametro “permeabilità” è di difficile determinazione su area vasta. Le misure effettuate in laboratorio su campioni di terreno e le prove in sito forniscono dati puntuali che possono essere riferiti solo ad aree molto prossime a quelle di analisi perché in questa porzione della pianura della Valdinievole la composizione granulometrica, e

quindi la permeabilità, varia in maniera sostanziale in spazi molto brevi.

Non potendo quindi contare su dati provenienti da prove dirette, si è dovuto fare ricorso alle carte della litologia prevalente che indicano la granulometria media dei sedimenti e forniscono quindi indirettamente indicazioni sui valori medi della permeabilità. In altre parole, la classificazione di permeabilità indicata in Tav. G6 ricalca quasi fedelmente quella della litologia prevalente.

Come si vede, nei primo otto metri del sottosuolo esistono in prevalenza sedimenti a permeabilità medio bassa; solo nella zona di Anchione e solo per il livello fino a m 4 di profondità sono presenti sedimenti con permeabilità media.

#### **5.4.2 – La superficie freatica**

Le curve isofreatiche riportate in Tav. G6 sono riprese dalla *Tav. 3.1 “Integrità idraulica”*. *Carta idrogeologica e della fragilità degli acquiferi* redatta nel maggio 2003 dal Dott. Geol. M. De Martin Mazzalon ed allegata al Piano strutturale vigente. La carta, elaborata sulla base di misure eseguite in periodo di magra idrologica in 223 pozzi, in gran parte di piccola profondità rappresenta la morfologia della falda freatica superficiale contenuta nei sedimenti limoso-sabbiosi presenti entro la profondità di m 8-10 dal p.c.

Si rilevano i seguenti elementi principali.

- la profondità del livello freatico (soggiacenza della falda) è molto limitata su tutto il territorio comunale; con rare eccezioni rimane compresa tra m 0.5 e 2.8 dal p.c. con valori di profondità quasi sempre di poco superiori al metro. Poiché le misure sono state fatte in periodo di magra, ne risulta che nel periodo di morbida, da fine autunno a fine primavera, il livello della falda potrà raggiungere livelli molto vicini alla superficie.
- Il flusso delle acque sotterranee sembra non seguire quello dell'idrografia superficiale; solo nella zona del capoluogo è visibile un asse di drenaggio della falda, parallelo all'attuale corso del Pescia, probabilmente riferibile ad un palealveo del torrente che comunque si esaurisce poco a valle dell'abitato.
- Le direzioni di flusso sono genericamente verso sud e sud-est, ma con numerose aree chiuse che indicano un drenaggio sotterraneo reso assai difficoltoso dalla bassa permeabilità e dal modesto gradiente topografico. In gran parte del territorio il gradiente è estremamente basso, mantenendosi su valori di 0,05%; solo nell'asse di drenaggio che attraversa l'abitato del capoluogo poco a nord del T Pescia si hanno valori del gradiente più elevati, fino 0,15%.

- L'andamento delle isofreatiche indica una falda molto superficiale, di modesta portata, con scorrimento molto lento e in molte aree addirittura stagnante non in connessione con i corsi d'acqua attuali, ma alimentata dalla intricata rete dei paleoalvei, alcuni dei quali, visibili dall'osservazione di foto aeree, sono riportati nella carta di Tav. G1. La mancata connessione con i fiumi e torrenti attuali dipende dal fatto che questi corsi d'acqua, tutti soggetti a rettifiche e deviazioni in tempi non lontani, sono privi di subalveo.

#### 5.4.3 – Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità all'inquinamento delle acque di sottosuolo si valuta con una scala qualitativa che tiene conto del tempo di arrivo in falda di un eventuale inquinante sparso in superficie. E' funzione della permeabilità e dello spessore del terreno sovrastante il primo acquifero: un elevato spessore e una bassa permeabilità del terreno insaturo superficiale ritardano l'infiltrazione e favoriscono la degradazione e l'adsorbimento di eventuali inquinanti; al contrario uno spessore limitato e un'alta permeabilità della coltre insatura accelerano il contatto con l'acqua di sottosuolo in modo tale che l'inquinante non ha il tempo per degradarsi in tutto o in parte.

Nel nostro caso la permeabilità del terreno superficiale è in genere medio-bassa, ma lo spessore della coltre insatura è veramente esiguo per cui il primo acquifero presenta un'alta vulnerabilità all'inquinamento. E' vero che la falda superficiale costituisce una risorsa modesta, ma bisogna tener presente che è l'unica risorsa idrica presente fino a profondità di un centinaio di metri e che contribuisce, sia pure in maniera limitata, ad alimentare le acque del Padule.

Si riporta di seguito la definizione della vulnerabilità alta secondo i parametri comunemente accettati

**Vulnerabilità alta:** *il terreno sovrastante il primo acquifero ha uno spessore ridotto o una permeabilità alta, per cui offre scarsa protezione nei confronti di un eventuale inquinante sparso in superficie. Il tempo di infiltrazione è inferiore ad un mese, per cui solo gli inquinanti rapidamente degradabili possono essere adsorbiti e neutralizzati dal terreno non saturo.*

La bassa velocità di scorrimento delle acque sotterranee, conseguenza della bassa permeabilità dell'acquifero limitano in ogni caso la diffusione areale di eventuali inquinamenti.

## APPENDICE

Indagini geognostiche: caratteristiche geologiche e geotecniche (vedi paragrafo 4.5)

Piano Strutturale del Comune di Ponte Buggianese

AL Argille e Limi; S Sabbia; LS Limi Sabbiosi; ALT Argille e limi con abbondante componente organica.

N. Progressivo	N. Pratica	Anno	Tipo Prova	N. Prove	Profondità	Lito 0-5	Lito 4-8	Geot 0-4	Geot 4-8
2	Depuratore	2011	Relazione senza indagini		0,00				
3	28	2011	Prova penetrometrica statica		9,80	LS	LS	medio	scadente
3	28	2011	Profilo MASW		0,00				
4	39	2011	Prova penetrometrica statica		19,00	LS	LS	buono	scadente
5	42	2011	Prova penetrometrica statica	1/2	8,80	S	LS	scadente	scadente
5	42	2011	Prova penetrometrica statica	2/2	8,80	S	LS	scadente	scadente
5	42	2011	Profilo MASW		0,00				
6	45	2011	Prova penetrometrica statica		9,20	S	S	scadente	scadente
6	45	2011	Profilo MASW		0,00				
7	75	2011	Prova penetrometrica statica		9,60	AL	AL	scadente	scadente
8	82	2011	Prova penetrometrica statica		8,00	LS	AL	scadente	buono
9	92	2011	Relazione senza indagini		0,00				
10	2	2010	Prova penetrometrica statica		9,20	S	S	scadente	medio
12	DIA 14713	2009	Relazione senza indagini		0,00				
13	1	2010	Prova penetrometrica statica		9,80	LS	AL	medio	scadente
14	10	2010	Prova penetrometrica statica	1/2	9,60	LS	LS	medio	scadente
14	10	2010	Prova penetrometrica statica	2/2	9,60	LS	LS	medio	scadente
15	36	2010	Prova penetrometrica statica		8,80	LS	LS	medio	scadente
16	DIA 1661	2010	Prova penetrometrica statica		26,80	AL	AL	scadente	scadente
17	DIA 1841	2010	Relazione senza indagini		0,00				
18	10	2010	Prova penetrometrica statica		9,80	S	AL	medio	scadente
19	46	2010	Prova penetrometrica statica		8,40	LS	LS	scadente	buono
19	46	2010	Profilo MASW/REMI		0,00				
20	DIA 3780	2010	Prova penetrometrica statica		9,60	LS	LS	scadente	scadente
20	DIA 3780	2010	Profilo MASW		0,00				
22	60	2010	Prova penetrometrica statica		9,00	S	S	scadente	scadente

Piano Strutturale del Comune di Ponte Buggianese

22	60	2010	Profilo MASW		0,00				
23	83	2010	Prova penetrometrica statica		7,40	AL	LS	scadente	medio
23	83	2010	Profilo MASW		0,00				
23	83	2010	Profilo MASW		0,00				
24	90	2010	Prova penetrometrica statica		10,00	LS	LS	buono	scadente
25	5	2009	Prova penetrometrica statica	1/2	9,20	AL	AL	scadente	scadente
25	5	2009	Prova penetrometrica statica	2/2	9,20	AL	AL	scadente	scadente
26	39	2009	Prova penetrometrica statica	1/4	9,80	LS	LS	medio	buono
26	39	2009	Prova penetrometrica statica	2/4	9,80	LS	LS	medio	buono
26	39	2009	Prova penetrometrica statica	3/4	9,80	LS	LS	medio	buono
26	39	2009	Prova penetrometrica statica	4/4	9,80	LS	LS	medio	buono
27	11	2009	Prova penetrometrica statica	1/3	9,60	LS	LS	medio	medio
27	11	2009	Prova penetrometrica statica	2/3	8,60	LS	LS	medio	medio
27	11	2009	Prova penetrometrica statica	3/3	9,60	LS	LS	scadente	medio
27	11	2009	Profilo MASW		0,00				
28	DIA 11932	2009	Prova penetrometrica statica		9,60	S	AL	scadente	scadente
28	DIA 11932	2009	Prova penetrometrica statica		9,60	S	AL	scadente	scadente
29	DIA 5047	2009	Prova penetrometrica statica		9,80	LS	AL	scadente	scadente
30	25	2009	Prova penetrometrica statica		10,80	LS	LS		
31	43	2009	Prova penetrometrica statica		10,00	LS	AL	scadente	scadente
32	DIA 2373	2009	Prova penetrometrica statica		10,00	LS	LS	medio	scadente
33	6	2008	Prova penetrometrica statica		10,00	LS	LS	scadente	scadente
34	16	2008	Prova penetrometrica statica		9,60	LS	LS	medio	medio
35		0	Sondaggio	1/4	19,50				
35		0	Prova penetrometrica statica	2/4	15,00	AL	AL	scadente	scadente
35		0	Prova penetrometrica statica	3/4	15,00	AL	AL	scadente	medio
35		0	Prova penetrometrica statica	4/4	15,00	AL	AL	scadente	medio
36	DIA 13141	2008	Prova penetrometrica statica		10,00	LS	LS		
37	26	2008	Prova penetrometrica statica		9,60	AL	AL	medio	buono
38	37	2008	Prova penetrometrica statica		8,60	AL	AL	medio	medio

Piano Strutturale del Comune di Ponte Buggianese

38	37	2008	Profilo MASW		0,00				
39	4	2007	Prova penetrometrica statica	1/3	10,00	AL	LS	medio	scadente
39	4	2007	Prova penetrometrica statica	2/3	10,00	AL	LS	buono	buono
39	4	2007	Prova penetrometrica statica	3/3	10,00	AL	LS	medio	medio
40	14	2007	Prova penetrometrica statica	1/2	8,20	AL	AL	buono	medio
40	14	2007	Prova penetrometrica statica	2/2	7,20	AL	AL	buono	medio
41	83	2007	Prova penetrometrica statica		15,00	AL	S	medio	scadente
42	92	2006	Prova penetrometrica statica		8,00	AL	AL	scadente	scadente
43	98	2006	Prova penetrometrica statica		9,00	LS	AL	medio	medio
44	103	2006	Prova penetrometrica statica		6,60	LS	LS	medio	scadente
45	152	2006	Prova penetrometrica statica	1/2	11,60	AL	AL	medio	scadente
45	152	2006	Prova penetrometrica statica	2/2	10,80	AL	AL	medio	scadente
46	17	2005	Prova penetrometrica statica		10,00	LS	LS	medio	scadente
47	18	2005	Prova penetrometrica statica		10,00	LS	LS	buono	scadente
48	72	2005	Prova penetrometrica statica		10,60	LS	AL	scadente	scadente
49	80	2003	Prova penetrometrica statica	1/2	8,00	LS	AL	medio	medio
49	80	2003	Prova penetrometrica statica	2/2	8,00	LS	AL	medio	medio
50	103	2002	Prova penetrometrica statica	1/7	10,00	LS	LS	medio	buono
50	103	2002	Prova penetrometrica statica	2/7	11,60	LS	LS	medio	buono
50	103	2002	Prova penetrometrica statica	3/7	11,20	LS	LS	medio	buono
50	103	2002	Prova penetrometrica statica	4/7	11,40	LS	LS	medio	buono
50	103	2002	Prova penetrometrica statica	5/7	10,20	LS	LS	medio	buono
50	103	2002	Prova penetrometrica statica	6/7	10,00	LS	LS	scadente	buono
50	103	2002	Prova penetrometrica statica	7/7	10,40	LS	LS	medio	buono
51	Lott. Arrigoni	0	Prova penetrometrica statica	1/4	9,20	LS	LS	medio	scadente
51	Lott. Arrigoni	0	Prova penetrometrica statica	2/4	9,60	LS	LS	medio	medio
51	Lott. Arrigoni	0	Prova penetrometrica statica	3/4	9,60	LS	LS	medio	medio
51	Lott. Arrigoni	0	Prova penetrometrica statica	4/4	9,20	LS	LS		
52	154	2000	Prova penetrometrica statica		10,60	LS	LS	medio	scadente
53	6	2011	Relazione senza indagini		0,00				

Piano Strutturale del Comune di Ponte Buggianese

54	84	2011	Profilo MASW		0,00				
54	84	2011	Prova penetrometrica statica	1/2	9,80	LS	LS	scadente	scadente
54	84	2011	Prova penetrometrica statica	2/2	9,80	LS	LS	scadente	scadente
55	87	2010	Relazione senza indagini		0,00				
56	134	2011	Prova penetrometrica statica		7,00	LS	LS	scadente	scadente
57	133	2011	Relazione senza indagini		0,00				
58	3	2009	Sondaggio		12,00				
58	3	2009	Profilo MASW		0,00				
59	47	1993	Prova penetrometrica statica	1/3	15,00	AL	LS	scadente	scadente
59	47	1993	Prova penetrometrica statica	2/3	7,50	AL	LS	scadente	scadente
59	47	1993	Prova penetrometrica statica	3/3	7,50	AL	LS	scadente	scadente
60	119	1998	Prova penetrometrica statica		6,80	LS	LS	medio	scadente
61	233	2011	Relazione senza indagini		0,00				
62	233	2011	Prova penetrometrica statica		10,00	LS	LS	scadente	scadente
63	233	2011	Sondaggio		6,00				
64	16	2010	Prova penetrometrica statica		9,50	AL	AL	medio	scadente
1001	11 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	ALT		
1002	8 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	ALT		
1003	2 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	ALT		
1004	1 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	ALT		
1005	3 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	ALT		
1006	10 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	ALT		
1007	5 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	ALT		
1008	123 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	ALT		
1009	73 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	ALT		
1010	4 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	ALT		
1011	124 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	AL		
1012	127 - Da PRG 2003	1989	Sondaggio		0,00	AL	AL		